РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК (РААСН)

ГУП «МОСГИПРОНИСЕЛЬСТРОЙ»

АКАДЕМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ТЕПЛОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ, МЕТОДИЧЕСКИЕ И ПРОЕКТНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЯХ РОССИИ

Том 3. Технические решения и проектная документация по модернизации систем отопления и теплоснабжения, вентиляции, электроснабжения школьных зданий

Москва 2001

gost.e-ecolog.ru

АННОТАЦИЯ

Настоящий альбом содержит основные технические решения и рекомендации по модернизации систем отопления, теплоснабжения, вентиляции и электроснабжения школьных зданий.

Основная направленность альбома — модернизация систем с целью повышения качества теплоснабжения и создания оптимального температурно-влажностного режима в помещениях при одновременном сокращении энергопотребления школьных зданий.

Перечень мероприятий по реконструкции систем включает по приоритетности наиболее привлекательные с позиции окупаемости и сокращения энергопотребления здания конструктивные решения.

Альбом содержит также схемы: теплоснабжения с помощью термоблоков, реконструкции котельных, установки энергосберегающего оборудования, приборов учёта и регулирования теплопотребления на тепловых вводах и др.

На эффективность модернизации существенное влияние оказывают: состояние, степень износа элементов здания и оборудования, тарифы на энергоресурсы, себестоимость выработки тепла, а также объём реализуемых взаимно влияющих мероприятий. В альбоме приведены осреднённые экономические показатели различных схемных решений. Их комплексное применение требует более подробного технико-экономического расчёта на стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта.

При отсутствии учета и регулирования теплопотребления в зависимости от внешних (климатических) и внутренних факторов (режимов функционирования школы) не может быть достигнут ожидаемый эффект от проведения энергосберегающих мероприятий по ограждающим конструкциям. В свою очередь реконструкция ограждающих конструкций существенно влияет на решения по инженерным системам. Поэтому реконструкция инженерных систем должна проводиться совместно с другими энергосберегающими мероприятиями и рассматриваться в комплексе.

Большинство представленных в альбоме мероприятий по реконструкции систем теплоснабжения и отопления относятся к быстро окупаемым (срок окупаемости 0,5÷3 года). При составлении альбома большое внимание уделено малозатратным мероприятиям.

Состав комплекта научно-технической, методической и проектной документации, разработанной в рамках реализации подпрограммы «Энергосбережение в школах России», утвержденного и введенного в действие Госстроем России.

Том 1 • Концепция энергосбережения в школьных зданиях при их реконструкции

Том 2 • Архитектурно-планировочные, энергосберегающие решения реконструируемых типовых школьных зданий

Том 3 • Технические решения и проектная документация по модернизации систем отопления и теплоснабжения, вентиляции, электроснабжения школьных зданий

Том 4 • Технические решения и проектная документация по утеплению ограждающих конструкций реконструируемых школьных зданий

Том 5 • Методические рекомендации по экономической оценке энергосберегающих мероприятий в школьных зданиях

Том 6 • Методические рекомендации по энергосберегающему режиму эксплуатации школьных зданий

Том 7 • Методические рекомендации по составу, порядку разработки, согласованию и утверждению документации на энергосберегающую реконструкцию школьных зданий.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 4

2. ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ 7

2.1. Система водоснабжения 7
2.2. Система отопления 8

3. РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ 13

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ 15

4.1. Общие положения 15
4.2. Схемы систем 15
4.3. Источники тепла для индивидуальных систем 16
4.4. Оценка эффективности 18

5. ПРИМЕНЕНИЕ ДЛИННОВОЛНОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ (СИСТЕМА «ЭКОЛАЙН») В ШКОЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ 19

5.1. Область применения 19
5.2. Эффективность энергосбережения 19
5.3. Оборудование для систем лучистого отопления 19

6. УСТАНОВКИ СОЛНЕЧНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ 21

6.1. Область применения и принципиальные схемы 21
6.2. Эффективность применения УСГВ 22

7. УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ШКОЛ 24

7.1. Область применения и принципиальные схемы систем утилизации тепла (СУТ) 24
7.2. Эффективность энергосбережения в СУТ 25

8. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УЧЁТ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ 27

8.1. Узлы учета 27
8.2. Схемы узлов учета 29
8.3. Схемные решения по автоматизации регулирования теплопотребления при реконструкции школьных зданий 33
8.4. Основные показатели эффективности средств автоматизации и регулирования 42

9. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ ШКОЛ 44

9.1. Введение 44
9.2. Варианты теплоснабжения и требования, предъявляемые к ним 44
9.3. Виды топлива 44
9.4. Схемные решения котельных 45
9.5. Планировочные решения 45
9.6. Реконструкции твердотопливных котельных для сжигания угля, торфа, горючих сланцев и древесных отходов 49

10. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ 52

10.1. Область применения и принципиальные схемы 52
10.2. Оборудование ТНУ 52
10.3. Эффективность применения ТНУ 53

11. БАССЕЙНЫ 55

11.1. Введение 55
11.2. Классификация бассейнов 55
11.3. Основные характеристики бассейнов 56
11.4. Основные пути ресурсосбережения в бассейнах 57
11.5. Применение оборотной схемы водоснабжения бассейна 57
11.6. Утилизация тепла сбрасываемых вод 58

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 60

Приложение 1. Трубопроводы 61
Приложение 2. Тепловая изоляция 65
Приложение 3. Оценка эффективности ероприятий по ресурсо и энергосбережению в инженерных системах 69
Приложение 4. Годовые расходы тепла на отопление 77
Приложение 5. Годовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность и расчетные разности температур 81

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Техническое обслуживание, ремонт и реконструкция зданий как система представляет собой комплекс взаимосвязанных организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение оптимальных условий жизнедеятельности в школе (температурно-влажностного режима (ТВР) в помещениях, требуемого объема и качества воды, и др.) при одновременном обеспечении сохранности здания и его инженерных систем.

Планирование ремонта и замены инженерного оборудования в школьных зданиях осуществляется на основе фактического состояния элементов систем, определяемого визуальными и инструментальными методами, и их нормативных сроков службы.

Одним из важнейших направлений улучшения условий жизнедеятельности в школах, создания в них экологически чистой среды обитания при одновременном сокращении финансовых затрат на эксплуатацию зданий является внедрение при ремонте и реконструкции современного санитарно-технического оборудования и прогрессивных схемных решений по инженерным системам.

Существенный эффект при реконструкции школьных зданий достигается при одновременном проведении комплекса мероприятий. В соответствии с этим в альбоме приведены рекомендации и технические решения по модернизации всех систем: водоснабжения, отопления и теплоснабжения.

Разнообразие технических схем, оборудования и мероприятий по энергосбережению позволяет выбрать из представленного перечня в зависимости от целей и условий реконструкции школьных зданий наиболее рациональные решения.

Реконструкцию инженерных систем или отдельного оборудования целесообразно увязывать с планами капитального или текущего ремонта здания и его инженерных систем. При этом необходимо помимо физического учитывать моральный износ систем, связанный с несоответствием эксплуатационных характеристик современным требованиям по экономическим, энергетическим показателям, эстетическим требованиям и др.

Окончательное решение о применении того или иного решения следует осуществлять на основе технико-экономического обоснования и расчёта энергетических показателей по единой методике, с учетом особенностей функционирования инженерных систем.

Приведенные схемные решения, перечень оборудования не исключают возможности подбора и других известных приборов и конструкций, не приведенных в настоящем документе.

Обследование школьных зданий, обоснование выбора энергетического оборудования и схемных решений, проведение предпроектных проработок может быть выполнено с участием специалистов Академического центра теплоэнергоэффективных технологий (тел. (812) 275-65-80).

Таблица 1-1

Эффективность энергосберегающих мероприятий*

№ п.п.	Мероприятия	Эффект	Ориентировочный срок окупаемости	Дополнительные капитальные вложения	Экономия для различных расчётных условий, °С	
					-25	-30
1	2	3	4	5	6	7
1.	Диагностика, теплоизоляция разводящих трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения в подвалах и на чердаках зданий	Экономия тепла 5÷7%	0,5÷1 год	От 1500 у.е.	От 2800 ккал в год на м^3 об. здан.	От 3300 ккал в год на м^3 об. здан.
2.	Наладка тепловых сетей, установка балансировочных вентилей и шайб в тепловых пунктах, системах отопления и горячего водоснабжения школьных зданий	Экономия тепла 3÷10%	1÷2 года	От 5000 у.е.	От 1200 ккал в год на м^3 об. здан.	От 1400 ккал в год на м^3 об. здан.
3.	Автоматизация и установка приборов регулирования и учета тепловой энергии в системах отопления, газоснабжения и водоснабжения школьных зданий, в том числе устройство пофасадных систем программного регулирования в системах отопления	Экономия тепла 10÷35%	0,5÷1 год	От 4000 у.е.	От 2900 ккал в год на м^3 об. здан.	От 3300 ккал в год на м^3 об. здан.
4.	Установка водомеров в системах горячего и холодного водоснабжения	Сокращение водоразбора на 30÷40%	0,5÷1 год	От 300 у.е.	От 200 м^3 воды /год	
5.	Установка стабилизаторов давления и ресурсосберегающей водоразборной арматуры и оборудования (малорасходных душевых сеток, водоразборных смесительных устройств, смывных бачков и др.)	Снижение расхода воды на 10÷15%	1÷3 года	От 1000 у.е.	От 100 м^3 воды/год	
6.	Дооборудование отопительных котельных экономайзерами (при мощности более 5 Гкал/ч)	Экономия тепла 7÷10%	2÷4 года	От 2000 у.е.	От 50 Гкал/год	
7.	Автоматизация с дооборудованием автономных и квартальных котельных экономичными газовыми горелками и автоматикой	Экономия топлива 3÷5%	3÷6 лет	От 3000 у.е.	От 5тонн условного топлива/год	
8.	Устройство входных тамбуров	Экономия тепла 2÷5%	от 10 лет	От 1000 у.е.	От 800 ккал в год на м^3 об. здан.	От 960 ккал в год на м^3 об. здан.
9.	Замена внешних теплопроводов на трубопроводы с повышенными теплогидроизоляционными качествами	Экономия тепла 3÷7 %	6÷10 лет	От 1 у.е./м	От 2000 (ккал/год)/м	
10.	Установка теплоутилизаторов в системах вентиляции и воздушного отопления школьных зданий	Экономия тепла 40÷50%	5÷6 лет	От 2500 у.е. на 1000м^3/ч воздуха	От 5 Гкал в год на 1000м^3/ч воздуха	От 6 Гкал в год на 1000м^3/ч воздуха
11.	Дооснащение существующих общеобменных систем вентиляции зданий локальными вентиляционными системами с теплоутилизаторами	Экономия тепла 60÷70%	До 10 лет	От 700 у.е. на 1000м^3/ч воздуха	От 8 Гкал в год на 1000м^3/ч воздуха	От 9,5 Гкал в год на 1000м^3/ч воздуха

1	2	3	4	5	6	7
12.	Оснащение школьных котельных автоматизированными системами управления технологическими процессами, замена на более экономичные отопительных котлов и оборудования	Экономия ресурсов 15÷25%	2,5÷4,5 года	От 2000 у.е.	От 20 тонн условного топлива/год	
13.	Устройство локальных (для части здания) систем теплоснабжения в реконструируемых и надстраиваемых помещениях	Экономия тепла 7%	3÷12 лет	От 2000 у.е.	От 1600 ккал в год на м^3 об. здан.	От 1800 ккал в год на м^3 об. здан.
14.	Устройство двухтрубной системы отопления (СО) с установкой современных отопительных приборов и устройств регулирования при покомнатной горизонтальной разводке СО и установке термостатов	Экономия тепла 20%	3÷9 лет	От 2500 у.е.	От 2500 ккал в год на м^3 об. здан.	От 3000 ккал в год на м^3 об. здан.
15.	Создание систем горячего водоснабжения с теплонасосными установками и использованием теплоты условно чистых вод и вытяжного воздуха в банях, бассейнах, душевых и др.	Экономия тепла 10÷40%	3÷7 лет	От 5000 уе.	От 1700 ккал в год на м^3 об. здан.	От 1900 ккал в год на м^3 об. здан.

* Перечисленные факторы взаимосвязаны и суммированный эффект от нескольких мероприятий может быть несколько меньше.

2. ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

2.1. Система водоснабжения

По своему назначению внутренние системы водоснабжения подразделяются на хозяйственно-питьевые, противопожарные, поливочные и производственные.

Хозяйственно-питьевой водопровод подает воду, которая должна удовлетворять требованиям ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством», для питья, приготовления пищи и проведения санитарно-гигиенических процедур (мытье продуктов, умывание, уборка помещений, проведение лечебных процедур и т.д.).

В школьных зданиях обычно устраивается единая водопроводная сеть, удовлетворяющая хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды.

В зависимости от температуры транспортируемой воды водопроводы бывают холодные и горячие (температура от 50 до 75°С).

Системы внутреннего водопровода (хозяйственно-питьевого, противопожарного) включают: вводы в здания, водомерные узлы, разводящую сеть, стояки, подводки к санитарным приборам и технологическим установкам, водоразборную, смесительную, запорную и регулирующую арматуру. В зависимости от местных условий в систему внутреннего водопровода могут входить насосные установки, запасные и регулирующие емкости.

Для учета отпущенной воды используются стандартные водосчетчики различного типа. Установку приборов учета расхода воды производят в водомерных узлах, выполняемых в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84*. «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Водопроводные сети обычно выполняются из стальных оцинкованных труб диаметром до 150 мм, неоцинкованных труб при больших диаметрах или труб из других материалов, в том числе полимерных, разрешенных к использованию.

Арматуру для систем хозяйственно-питьевого водопровода устанавливают на рабочее давление, не превышающее 0,6 МПа (6 кгс/см^2).

Для повышения давления во внутренней сети, если давление в наружной сети меньше требуемого, предусматриваются насосные установки.

Запасные и регулирующие емкости (водонапорные и гидропневматические баки) предназначены для создания запаса воды, обеспечивающего бесперебойное снабжение потребителей в случае несоответствия режимов подачи воды и водопотребления.

Противопожарный водопровод. Необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода, а также минимальные расходы воды на пожаротушение регламентируются требованиями соответствующих СНиПов и перечнем зданий и помещений, подлежащих оборудованию автоматическими средствами пожаротушения.

Объединенный хозяйственно-противопожарный водопровод монтируется из стальных оцинкованных труб; используемая арматура должна выдерживать давление не менее 0,9 МПа, поскольку гидростатический напор в системе противопожарного водопровода на время тушения пожара допускается повышать до 90 м на отметке наиболее низко расположенного санитарно-технического прибора.

Горячее водоснабжение школьных зданий. В зависимости от режима и объема потребления горячей воды на хозяйственно-питьевые нужды различают системы централизованного и местного водоснабжения.

При централизованном горячем водоснабжении подогрев воды осуществляется в центральных или индивидуальных тепловых пунктах теплоносителем, подаваемым тепловыми сетями. Возможен вариант централизованного горячего водоснабжения непосредственно от источника теплоты (небольшой котельной). При централизованном теплоснабжении (двухтрубные тепловые сети) присоединение систем горячего водоснабжения производится к подающему и обратному трубопроводам (открытые

системы теплоснабжения) или через водонагреватели (закрытые системы теплоснабжения).

В душевых помещениях школьных и лечебно-профилактических учреждений к водоразборным стоякам горячего водоснабжения присоединяются полотенцесушители, выполненные из стальных, латунных или нержавеющих труб.

В открытых системах централизованного горячего водоснабжения (непосредственный водоразбор) горячая вода в зависимости от температуры теплоносителя поступает из подающего или обратного трубопроводов либо из обоих трубопроводов одновременно. Постоянство температуры поступающей в сеть горячей воды достигается благодаря работе терморегулятора. В этом случае циркуляционный трубопровод системы горячего водоснабжения присоединяется к общему обратному трубопроводу тепловой сети индивидуального теплового пункта за точкой отбора воды из обратной магистрали. Между этими точками врезки устанавливается дроссельная шайба, обеспечивающая циркуляцию воды в системе горячего водоснабжения.

Трубопроводы системы горячего водоснабжения монтируются из стальных оцинкованных труб на резьбе или на сварке. В соответствии со СНиП 2.04.01-85* давление в системе у санитарных приборов должно быть не более 0,6 МПа (6 кгс/см^2).

Горячая вода, подаваемая потребителям, должна соответствовать ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая».

Системы местного горячего водоснабжения предусматриваются для зданий при отсутствии централизованного теплоснабжения, а также для объектов, удаленных от источников теплоты. Вода в системах местного горячего водоснабжения подогревается в водяных, газовых или электрических нагревателях. Область использования указанных водонагревателей определяется местными условиями.

Снабжение горячей водой торговых точек и пунктов общественного питания может быть местным – с помощью газовых или электрических водонагревателей, титанов и кипятильников, относящихся к технологическому оборудованию.

2.2. Система отопления

Система отопления школьных зданий решает одну из задач по созданию микроклимата и представляет собой комплекс мероприятий, необходимых для обогрева помещений. Теплоносителями в системах отопления школьных зданий могут быть вода или воздух. Системы водяного отопления обладают высокими санитарно-гигиеническими качествами, обеспечивающими их широкое распространение.

В качестве теплоносителя систем отопления с местными отопительными приборами (радиаторами, конвекторами, приставными отопительными панелями) принимается вода с предельными средними температурами отопительных приборов не выше 95°С в однотрубных системах и 105°С в двухтрубных.

Первым и основным требованием, предъявляемым к любой системе отопления, является подача ею необходимого количества теплоты во все обслуживаемые помещения в соответствии с их тепловой потребностью. Нарушения в работе системы, ведущие к неравномерной температуре обслуживаемых ею помещений, а следовательно, к разрегулировке системы, заключаются обычно в неудовлетворительной схеме, в неправильном расчете системы, наличии воздушных пробок в трубопроводах, зашлаковании системы, недостаточной температуре теплоносителя.

Хорошие экономические показатели, а также простота схемы стояков, способствующая высокой степени индустриализации монтажных работ, обеспечили широкое внедрение однотрубных систем. В настоящее время вертикальные однотрубные системы в различных модификациях являются основным типом отопительных систем, применяемых в общественных зданиях. К их достоинствам относится более низкая стоимость, простота обслуживания. Вместе с тем они в большей степени подвержены разрегулировки, перерасходу тепловой энергии и не позволяют качественно осуществлять энергосбережение в них.

Простейшей схемой однотрубной системы, используемой на лестничных клетках, является проточная, при которой в приборы каждого этажа поступает вся вода, проходящая по стояку (рис. 2.1, *а*).

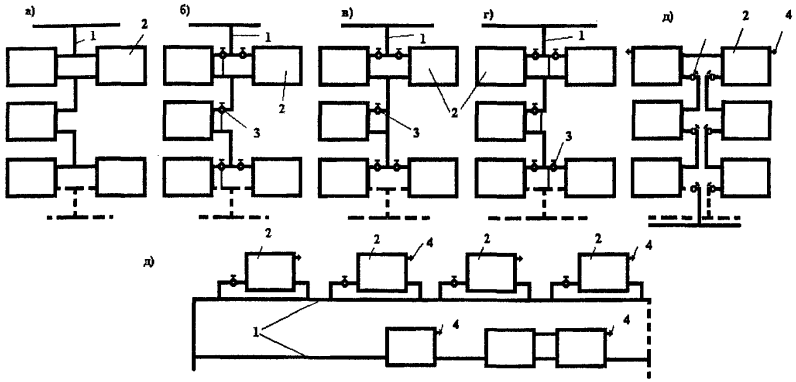


Рисунок 2.1Схемы однотрубных систем

а – проточного стояка; б – проточного стояка с трехходовыми кранами; в – с осевыми замыкающими участками; г – со смещенными участками; д – с нижней разводкой и П-образными стояками; е – горизонтальная; 1 – стояк; 2 – отопительный прибор; 3 – регулирующий кран; 4 – выпуск воздуха

При этой схеме требуется наименьший расход отопительных приборов и труб, обеспечивается простой монтаж, но ограничивается возможность установки кранов у отопительных приборов, так как при выключении всех приборов на каком-либо этаже прекращается циркуляция теплоносителя по стояку. Использование на стояках замыкающих проточных участков (осевых или смещенных) позволяет ликвидировать указанный выше недостаток проточной системы (рис. 2.1, *в, г*). Применение у отопительных приборов на трубных перемычках трехходовых кранов дает возможность воде проходить по замыкающему участку, минуя отключенный прибор (рис. 2.1, *б*).

Однотрубные системы с нижней разводкой (рис. 2.1, *д*) получили широкое применение. В этих системах как обратный, так и подающий трубопровод прокладываются по техническому подполью; стояки же, поднимаясь от разводящего трубопровода до верхнего этажа, затем спускаются и присоединяются к обратному трубопроводу в техническом подполье. К восходящей части стояков отопительные приборы присоединяются по схеме снизу–вверх, к нисходящей – сверху–вниз. Неудобством этой системы является необходимость периодического удаления воздуха, накопившегося в отопительных приборах верхних этажей.

В одноэтажных зданиях находят применение горизонтальные однотрубные системы отопления (рис. 2.1, *е*). Они удобны в монтаже, так как размеры наиболее сложного узла – обвязки прибора зависят лишь от числа элементов в нем и не зависят от строительных размеров здания. Такие системы, с учетом новых подходов к регулированию, весьма перспективны.

Как уже отмечалось, в школьных зданиях нашли применение вертикальные однотрубные (с верхним расположением подающей магистрали и с нижним расположением обеих магистралей) и горизонтальные однотрубные системы отопления.

Кроме указанных выше систем отопления, имеется еще одна их разновидность, встречающаяся в школьных учреждениях и спортивных сооружениях. Это система панельно-лучистого отопления. Панельно-лучистое отопление представляет собой отопление плоскими отопительными приборами – панелями, устанавливаемыми в стенах или под окнами.

Воздушное отопление обычно совмещается с вентиляцией и представляет собой наиболее рациональное решение системы отопления школьных зданий. К воздушному отоплению, естественно, предъявляются те же требования, что и к системам вентиляции. Различают прямоточную и рециркуляционную системы воздушного отопления. Прямоточную систему применяют в помещениях, где не допускается рециркуляция воздуха (лечебные и учебные здания). В тех случаях, когда подача наружного воздуха в помещение не обязательна, используют систему воздушного отопления с полной рециркуляцией воздуха, требующей значительно меньших расходов теплоты на нагревание воздуха. Воздух обычно нагревается с помощью калориферов (водяных или электрических), а перемещается вентиляторами. Основная сложность уст-

ройства воздушного отопления связана с требованием к герметичности воздуховодов и их размещению.

Наиболее распространенными типами отопительных приборов являются радиаторы (чугунные секционные, металлические панельные, секционные), конвекторы, чугунные ребристые трубы, гладкотрубные регистры и отопительные панели.

Стальные радиаторы имеют значительно меньшую массу, приходящуюся на единицу поверхности, чем чугунные, но требуют водоподготовки в котельной для удаления кислорода из воды и применения качественной стали для предотвращения коррозии. Стальные штампованные радиаторы выпускаются двух типов: РВС (с вертикальными каналами) и РСГ (с горизонтальными каналами). Приборы рассчитаны на избыточное давление до 0,6 МПа (6 кгс/см^2). Гидравлическое сопротивление чугунных и стальных радиаторов практически совпадает, поэтому они могут заменяться без пересчета системы отопления.

Таблица 2.1. Технические характеристики отопительных приборов

Приборы	Тепловой поток, кВт	Рабочее давление теплоносителя, МПа	Площадь поверхности нагрева, м^2	Вместимость секции, прибора, трубы, л	Размеры, мм			Масса, кг
					длина	ширина	высота	
Чугунные радиаторы								
М-140А0	0,178	0,6	0,299	1,42	96	140	582	8,0
М-140А	0,156	0,6	0,254	1,42	96	140	582	7,8
МС-140-98	0,174	0,8	0,238	1,4	98	140	580	7,7
МС-140-108	0,185	0,8	0,238	1,5	108	140	580	7,8
МС-90-108	0,15	0,8	0,21	1,13	108	90	582	6,1
Чугунная ребристая трубка								
ТР-1,0	0,77	0,6	2,0	3,85	1000	-	-	35,7
ТР-2,0	1,54	0,6	4,0	7,7	2000	-	-	71,3
Радиаторы стальные панельные								
СРГ	0,456	0,6	0,73	2,8	554	-	580	8,5
РСВ	0,445	0,6	0,71	2,8	538	-	580	7,6
Конвекторы стальные								
«Комфорт» (КН20-0,65К)	0,329	1,0	0,71	-	340	160	278	5,6
«Ритм» (К020-1,6П)	0,808	1,0	-	-	990	180	320	20,0
«Аккорд» (КА-0,6П)	0,302	1,0	0,98	-	610	85	300	4,95
«Универсал» (КН-0,7П)	0,4	1,0	0.95	-	645	100	400	4,74

Примечание. Технические характеристики стальных отопительных приборов приведены по наименьшим типоразмерам.

Для сохранения интерьера помещения используются декоративные экраны, закрывающие радиаторы. В этих случаях следует строго выполнять правила установки экранов, поскольку несоблюдение их влечет за собой снижение теплоотдачи нагревательного прибора и нарушение температурного режима в помещении. Декоративный

экран не доходит на 100 мм до пола и низа подоконника, который, в свою очередь, оборудуется в верхней части решеткой шириной 30-50 мм.

Конвекторы рассчитаны на работу в системах отопления с параметрами теплоносителя до 150°С и избыточным давлением до 1 МПа (10 кгс/см^2). Наличие кожуха увеличивает конвективную составляющую теплопередачи, которая регулируется воздушным клапаном. При полностью закрытом клапане теплоотдача конвектора уменьшается в 4 раза по сравнению с расчетной. Конвекторы «Аккорд» изготовляются без кожуха и крепятся к стене. К достоинствам конвекторов можно отнести их меньшую стоимость и коррозионную устойчивость. Однако в школьных зданиях они в большей мере могут подвергаться механической деформации школьниками.

Отопительная панель представляет собой бетонную панель с заделанным в нее змеевиком или регистром из стальных или полимерных труб. Используют панели для отопления помещений с повышенными гигиеническими требованиями. При применении нагревательных элементов, встроенных в строительные конструкции (отопительные панели), средняя температура обогреваемой поверхности не должна превышать: для полов с временным пребыванием людей – 31°С и для обходных дорожек и скамей крытых плавательных бассейнов – 31°С.

При заполнении системы отопления водой в нее попадает воздух. При эксплуатации систем с деаэрированной водой, из которой удален воздух, воздушные пробки образуются реже. Накопившийся в системе воздух удаляется из воздухосборников, устанавливаемых на наиболее удаленных стояках и высших точках системы. При нижней разводке системы отопления воздух, собирающийся в верхних отопительных приборах, удаляется с помощью ручных или автоматических воздушных кранов.

При подготовке к отопительному сезону служба эксплуатации должна провести работы по профилактике и ремонту систем отопления, их промывке и опрессовке, проверке элеваторных узлов. Промывку системы отопления проводят, как правило, гидропневматическим способом водой из тепловой сети с температурой не более 75°С. При необходимости промывку производят по отдельным стоякам или группам стояков. Для промывки используют компрессоры с давлением 0,6 МПа (6 кгс/см^2). До начала промывки система отопления должна быть заполнена водой. Сопло на элеваторе должно быть снято, задвижки до и после элеватора на обратном трубопроводе закрыты, а вентиль на сливной трубе и все задвижки на подающем трубопроводе открыты. Давление воды, подаваемой в систему отопления, следует устанавливать в пределах 0,4-0,5 МПа (4-5 кгс/см^2). Вода в систему подается постоянно, воздух от компрессора, поступающий в подающий трубопровод системы после элеватора, – периодически. Пробы воды берутся в прозрачную стеклянную посуду из подающего и сливного трубопроводов. Отбор первой пробы воды производится через 15-20 мин. после начала промывки и в дальнейшем через каждые 30 мин. Промывка считается законченной, когда вода на сливе по цветности сравняется с цветностью исходной воды. После промывки систему отопления необходимо заполнить водой из тепловой сети.

Готовность здания к отопительному сезону подтверждается актом после завершения всех работ по подготовке здания к зиме и готовности к эксплуатации элеваторных узлов и систем отопления. Пробное протапливание проводится согласно графикам теплоснабжающих организаций в течение 72 ч, при этом должна быть обеспечена работа источников теплоснабжения в расчетном режиме с соблюдением параметров теплоносителя и его расхода и полностью включенными системами отопления. Подключение внутридомовых систем отопления к тепловым сетям производит бригада службы эксплуатации в строгом соответствии с графиком и по разрешению диспетчера теплоснабжающей организации. Перед подключением необходимо отключить систему горячего водоснабжения здания, произвести замену воды системы отопления со сливом в канализацию методом вытеснения сетевой водой. Во время заполнения системы необходимо постоянно наблюдать за воздухосборниками. В период пробного протапливания проверяются прогрев стояков и отопительных приборов и параметры теплоносителя в элеваторном узле, выявляются возникшие дефекты и принимаются неотложные меры по их устранению.

Системы централизованного теплоснабжения. Системы отопления присоединяются к тепловым сетям по зависимым или независимым (через теплообменник) схемам в тепловом пункте (вводе).

Системы централизованного теплоснабжения подразделяются на закрытые и открытые. В закрытых системах теплоснабжения системы горячего водоснабжения присоединяются к тепловым сетям через теплообменники с возвратом всей сетевой воды в источник теплоты. В открытых системах вода на нужды горячего водоснабжения отбирается непосредственно из тепловой сети.

При централизованном теплоснабжении от ТЭЦ или районной котельной применяются зависимая или независимая схемы присоединения систем отопления и закрытая или открытая схемы присоединения систем горячего водоснабжения (рис.2.2.).

При зависимой схеме (рис. 2.2, *а*) теплоснабжения потребители теплоты присоединены к тепловым сетям непосредственно (одноконтурная схема).

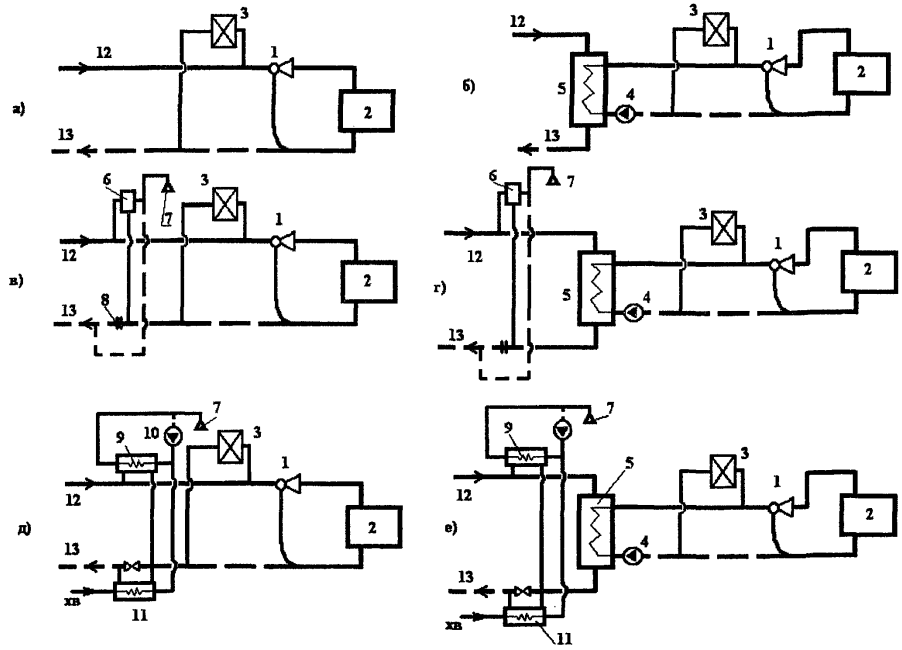


Рисунок 2.2 Принципиальные схемы присоединения потребителей

а – зависимая; б – независимая; в – зависимая открытых систем; г – независимая открытых систем; д — зависимая закрытых систем; е – независимая закрытых систем; 1 – водоструйный элеватор; 2 – отопительный прибор системы отопления; 3 – калорифер системы вентиляции; 4 – насос вторичного контура; 5 – теплообменник систем отопления и вентиляции; 6 – регулятор температуры; 7 – точка водоразбора системы ГВС; 8 – дроссельная шайба; 9 – теплообменник II ступени ГВС; 10 – насос системы ГВС; 11 – теплообменник I ступени ГВС; 12, 13 – трубопроводы подающей и обратной воды тепловой сети; ХВ – холодная вода

3. РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

При реконструкции систем отопления школьных зданий следует исходить из требований минимизации эксплуатационных затрат, простоты обслуживания санитарно-технических систем при условии качественного поддержания параметров воздушной среды в помещениях. Выбор схемных решений в системах отопления необходимо осуществлять с учётом следующих приоритетных направлений развития теплоснабжения:

- теплоснабжение школьных зданий от городских централизованных систем;
- электроотопление школьных зданий от централизованных энергетических источников с применением энергоэкономичных технологий (панельно-лучистые системы, теплоаккумуляционные приборы с использованием двухставочного тарифа, тепловые насосы и др.);
- локальные автоматизированные котельные, работающие на квалифицированных видах топлива (газ, солярное топливо и др.);
- источники тепла на обогащённом топливе (угольные брикеты и др.).

Переход на более квалифицированные виды топлива, несмотря на определённое увеличение стоимости, позволяет сократить общие издержки за счёт автоматизации, применения более квалифицированного обслуживания и эффективности реализации энергосберегающих мероприятий.

В настоящее время оптимальными, с точки зрения минимизации вложения средств, решениями при реконструкции систем отопления и для получения максимального экономического эффекта являются:

- максимальное сохранение существующих схемных решений систем отопления с выполнением необходимых диагностических, наладочных и выборочных ремонтно-восстановительных работ;
- реконструкция и автоматизация теплового пункта (котельной) для более точного соблюдения теплогидравлических режимов в системах отопления;
- переход на программный отпуск тепла с сокращением теплопотребления в ночное время, выходные дни и летний период, учёт теплопоступлений;
- дооснащение существующих отопительных систем термостатическими головками, регуляторами расхода и давления;
- организация ремонта, промывки существующих систем (водо-воздушной, химической и др.) для восстановления первоначальных теплогидравлических характеристик систем отопления;
- внедрение локальных новых схемных решений в реконструируемых помещениях (лучистые, напольные системы и др.).

С целью сокращения расходов при реконструкции систем отопления допускается при числе приборов в помещении не более четырех устанавливать термостатическую головку только на одном приборе.

Схемы установки представлены на следующих рисунках:

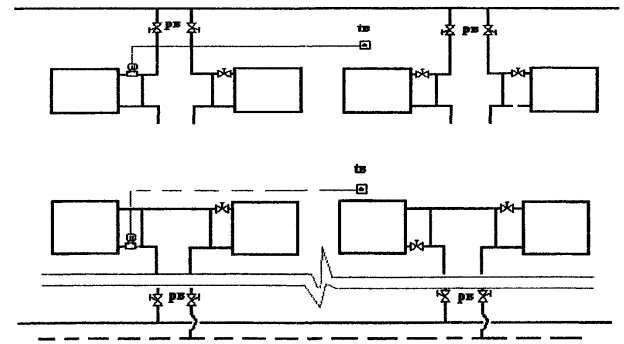


Рис. 3.1 Схема установка термостатов в однотрубных системах отопления

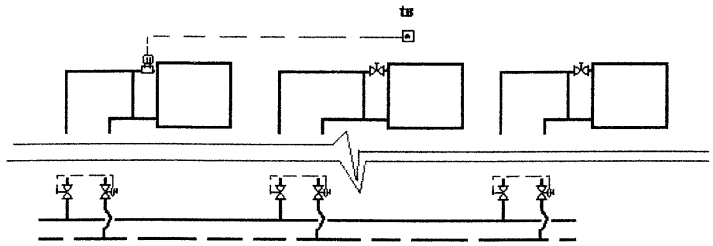


Рис. 3.2 Схема установка термостатов в двухтрубных системах отопления

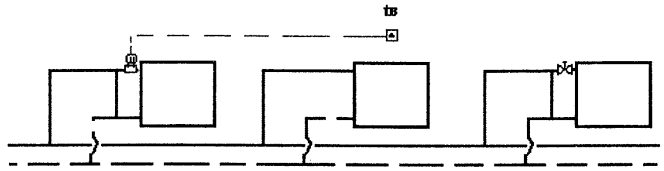


Рис. 3.3 Схема установка термостатов в горизонтальных системах отопления

Установка термостатической головки (одной на помещение) обеспечивает поддержание требуемой температуры в помещении, хотя и обладает повышенной инерционностью.

Для предотвращения механических поломок и увеличения срока службы необходимо устанавливать термостатические головки повышенной прочности, а прокладку проводов к датчикам температуры осуществлять скрытно.

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

4.1. Общие положения

Одним из направлений реконструкции систем отопления является устройство индивидуальных систем отопления и горячего водоснабжения.

К преимуществам индивидуальных (местных) систем отопления и горячего водоснабжения можно отнести:

- высокий к.п.д. котлов (88-92%), позволяющий значительно снижать стоимость выработанной единицы тепла;
- более точное регулирования теплопотребления по сравнению с центральными системами;
- отсутствие дополнительных затрат на прокладку и ремонт наружных теплосетей;
- возможность надстройки и пристройки к школьному зданию без увеличения мощности центральной котельной;
- стабильность параметров теплоносителя и независимость их от внешних факторов;
- надёжная работа котлов и систем управления и автоматики;
- низкая капиталоёмкость.

К основным недостаткам применения данных систем в условиях школ относятся:

- наличие газовой разводки в школе (при использовании газовых водонагревателей);
- остановка циркуляционного насоса и прекращение циркуляции теплоносителя при больших перерывах в электроснабжении, что может привести к «размораживанию» системы отопления.

Применение индивидуальных систем отопления с газовыми нагревателями рекомендуется:

- в надстраиваемых помещениях школьных зданий, где установка индивидуальных нагревателей позволяет сохранить существующую систему теплоснабжения и выполнить его реконструкцию без прекращения эксплуатации здания;
- для зданий малого объема, в пристройках.

4.2. Схемы систем

Индивидуальная система отопления и горячего водоснабжения (рис. 4.1) включает в себя:

– приборы учёта расхода энергоносителей (1);

– источник тепла (2);

– бак-аккумулятор (3);

– отопительные приборы (радиаторы) (4);

– системы распределения тепла и горячего водоснабжения (ГВС).

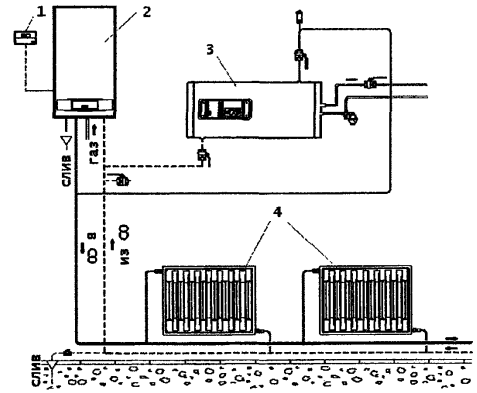


Рис. 4.1. Принципиальная схема индивидуальной системы отопления и системы ГВС (на базе газового водонагревателя)

Системы распределения тепла и ГВС по помещениям могут выполняться из следующих материалов (приложение 1):

– из гибких металлопластиковых (многослойных) труб с соединительными деталями из специальной бронзы или нержавеющей стали диаметром от 12 до 32 мм;

– из гибких полиэтиленовых труб с усовершенствованной молекулярной структурой (ПЭс) с соединительными деталями из специальной бронзы наружным диаметром от 12 до 110 мм (система «BARBI»);

– из полипропиленовых труб и соединительных деталей из полипропилена диаметром от 16 до 110 мм (только для ГВС).

В качестве вариантов отопительных приборов могут применяться различные радиаторы: из алюминия, стали или чугуна. В качестве альтернативы в некоторых помещениях (таких, как раздевалки, душевые и т.д.) могут быть использованы системы «ТЕПЛЫЙ ПОЛ», которые обладают более высокими характеристиками по качеству распределения теплового потока в помещении по сравнению с традиционным размещением отопительных приборов.

Следует использовать, как правило, автоматическую запорную и регулирующую арматуру, приборы учёта расхода газа, воды и тепловой энергии. Могут применяться и ручные терморегуляторы (даже с их помощью достигается экономия до 20% производимой тепловой энергии и удается обеспечить высокие комфортные условия).

4.3. Источники тепла для индивидуальных систем

В качестве источника тепла в таких системах могут быть использованы настенные и напольные котлы малой мощности, которые на российском рынке представлены следующими марками:

иностранные производители: Roca, Fagor (Испания); Saunier Duval, Frisquet, DeDietrich (Франция); Elektrolux, CTC (Швеция); Bosch, Vaillant, Viessmann, (Германия); Slant/Fin, Teledyne Laars (США); Protherm (Чехия); Kuturami (Южная Корея); Vacutherm (Австрия); ImmerGas (Италия); Jaspi&Makinen (Финляндия);

отечественные производители: «Немига» (Беларусь); АОГВ (Ростовгазоаппарат, г. Ростов-на-Дону); «Сибиряк» (Сибгазприбор, г.Тюмень); «Протон» (Ванадий-Тулачермет, г. Тула); «Румо» (Нижний Новгород).

Почти все водонагреватели, представленные на рынке России, имеют сходное устройство и технические характеристики:

К.п.д.	88—91%
Мощность	10—60 кВт
Отапливаемая площадь	90—500 м^2
Зажигание (для газовых водонагревателей)	Электронное
Максимальное давление в отопительной системе	0,3 МПа (3 кгс/см^2)
Максимальная температура воды в отопительной системе	75—90°С
Максимальное давление в системе горячего водоснабжения	0,6—1,0 МПа (6—10 кгс/см^2)
Максимальная температура горячей воды	60—65°С

Примечание. Многие из котлов имеют дополнительно электрические ТЭНы мощностью 6—12 кВт, позволяющие увеличить полезную мощность котла и программно использовать ночное электричество в случае дифференцированных тарифов оплаты дневного и ночного потребления электроэнергии.

Основным критерием подбора котла является необходимая отопительная мощность; при отсутствии данных нагрузка принимается из расчёта примерно 100 Вт на 1 м^2.

Типичными представителями котлов для индивидуальных систем отопления и горячего водоснабжения являются котлы серии R 20, RS 20 испанской фирмы Roca, имеющие следующие технические характеристики:

Полезная мощность	23,3 кВт
Расход горячей воды при $\Delta t = 25°C$	13,4 л/мин
К.п.д.	90%
Приоритет производства горячей воды	100%
Управление и зажигание	Электронное
Минимальное рабочее давление газа	0,2 бар
Минимальный расход горячей воды для зажигания	3 л/мин
Масса	40 кг
Максимальное давление в системе отопления	3 бар
Максимальная температура воды в системе отопления	90°C
Максимальное давление в системе ГВС	7 бар
Максимальная температура горячей воды	60°C
Полезный объем расширителя	5,3 л

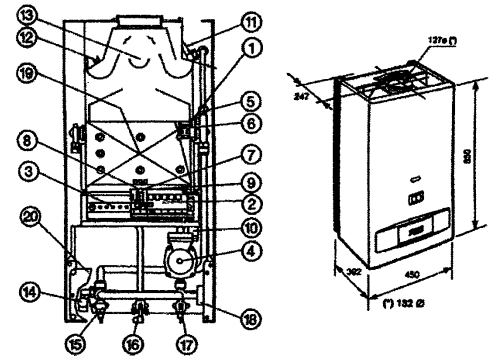


Рис. 4.2. Устройство и основные размеры котла Roca RS 20

1. *Теплообменник*
2. *Горелка*
3. *Газовый клапан-распределитель*
4. *Циркуляционный насос*
5. *Датчик отопления*
6. *Защита от перегрева*
7. *Контрольная горелка*
8. *Термопара*
9. *Электрод зажигания*
10. *Автоматическое устройство для стравливания воздуха*
11. *Расширительный бак*
12. *Датчик контроля состава продуктов сгорания*
13. *Прерыватель тяги*
14. *Предохранительный клапан*
15. *Прямой ход отопления*
16. *Подача газа*
17. *Обратный ход отопления*
18. *Цифровой манометр*
19. *Камера сгорания*
20. *Электронная панель*

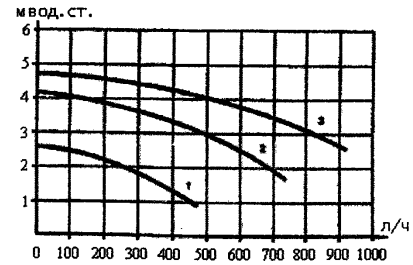


Рис. 4.3. Характеристика трехскоростного циркуляционного насоса

4.4. Оценка эффективности

Технико-экономические показатели применения индивидуальных систем отопления и горячего водоснабжения рассчитываются согласно приложению 3. Основными составляющими являются капитальные вложения и эксплуатационные затраты. Снижение топливной составляющей по сравнению с традиционными системами может составлять 30 %.

Капитальные вложения

Капитальные вложения для реализации индивидуальной системы теплоснабжения колеблются в пределах 10—40 $/м^2 и включают в себя:

- стоимость котла и вспомогательного оборудования;
- стоимость проектных и монтажных работ.

Эксплуатационные затраты

Эксплуатационные затраты включают в себя:

- стоимость ресурсов, необходимых для выработки тепла и горячей воды (природный газ, холодная вода, электроэнергия);
- сервисное обслуживание;
- запасные части для замены вышедших из строя деталей и узлов.

Полностью эксплуатационные затраты составляю порядка 0,1—0,5 $/м^2.

5. ПРИМЕНЕНИЕ ДЛИННОВОЛНОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ (СИСТЕМА «ЭКОЛАЙН») В ШКОЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

5.1. Область применения

Длинноволновые электрические обогреватели предназначены для быстрого и комфортного обогрева отдельных помещений школы с переменным тепловым режимом. Наибольший эффект достигается при использовании их взамен конвективных систем отопления или в комбинации с ними для помещений с высокими потолками: актовых, спортивных, универсальных залов, помещений плавательных бассейнов, производственных помещений.

В комбинированных системах конвективно-лучистого отопления традиционные системы отопления обеспечивают базовую нагрузку (дежурное отопление), а лучистое – дополнительное комфортное отопление.

5.2. Эффективность энергосбережения

Использование лучистого отопления на базе длинноволновых обогревателей позволяет при соблюдении комфортных условий экономить до 50—60 % энергии, расходуемой на отопление помещений за счет пониженной на 3—4 °С температуры внутреннего воздуха, обогрева только части объема помещения, где находятся люди, а также программного снижения температуры в нерабочее время.

Эффективность энергосбережения при использовании лучистого отопления как основного, так и дополнительного к конвективному отоплению универсального зала школы по типовому проекту 221-1-179 для условий Москвы представлена в следующей таблице.

Характеристики	Полное лучистое отопление	Дополнительное отопление
Расчетные теплопотери зала, кВт	33,0	33,0
Расчетная мощность конвективной системы отопления, кВт	–	23,25
То же, системы «Эколайн», кВт	26,7	7,2
Годовой расход тепла при конвективном отоплении, МВт.ч	85,2	85,2
Годовой расход тепла лучистой системой, МВт.ч	39,7	7,7
То же, дежурной системой отопления, МВт.ч	–	47,1
Общий годовой расход тепла, МВт.ч	39,7	54,8
Экономия тепла по сравнению с конвективным отоплением, МВт.ч	45,4	30,4
То же, в %	53,4	35,7
Количество обогревателей ЭЛ-40R	7	2
Стоимость обогревателей, у.е.	2380	708
Снижение стоимости конвективной системы (при стоимости приборов 40 у.е./кВт), у.е.	1416	400
Дополнительные затраты, у.е.	964	308

5.3. Оборудование для систем лучистого отопления

5.3.1. ДЛИННОВОЛНОВЫЕ ОБОГРЕВАТЕЛИ

Обогреватель состоит из прямоугольного металлического корпуса, покрытого жаростойкой краской, с элементами крепления. Низкотемпературный ТЭН вмонтирован в теплоизлучающую пластину – высокоточный анодированный профиль из алюминия, который обращен к полу. Между корпусом и теплоизлучающей пластиной находится высококачественный теплоизолятор.

Температура ТЭНа подобрана так, что поверхность пластины, обращенная к полу, нагревается до 250°С. При такой температуре 90% энергии преобразуется в поток тепловых лучей, расходящихся от пластины и находящихся на ней предметов, и лишь 10% уходит на прямой нагрев воздуха, соприкасающегося с пластиной.

Тепловые лучи обогревателя нагревают пол и предметы, от которых, в свою очередь, нагревается воздух. Подымаясь к потолку, он постепенно остывает, при этом на уровне головы стоящего человека температура воздуха оказывается на 1—2 °С ниже, чем у пола.

Тепловые лучи расходятся перепендикулярно длинной оси теплоизлучающей панели под углом 90°.

Перечень обогревателей «ЭКОЛАЙН» и их характеристики представлены в следующей таблице:

Модель	Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток, А	Габариты, мм	Масса, кг	Миним. высота подвеса, м	Цена, у.е.
ЭЛП 03R	300	220	1,4	600/600	4,2	2	
ЭЛК 05R	500	220	2,3	900/160/40	3,4	2	97
ЭЛК 06R	600	220	2,7	1000/160/40	3,9	2	104
ЭЛК 10R	1000	220	4,6	1500/160/40	4,7	2	138
ЭЛ 20R	2000	220	9	1500/320/50	11	3,1	228
ЭЛ 30R	3000	380 (220)	4,6	1500/480/50	15	3,6	307
ЭЛ 40R	4000	380 (220)	6,1	1500/480/50	15	4,6	334
ЭЛ 60R	6000	380 (220)	9,1	2000/480/50	21	6	

5.3.2. ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Устройства терморегулирования позволяют с высокой точностью управлять работой длинноволновых обогревателей для поддержания в помещении заданной температуры. При этом обогреватели работают в максимально экономичном режиме, исключая недогрев или перегрев помещения.

В простом случае, если требуется обогреть небольшое количество независимых по температурному режиму помещений, с задачей управления обогревателями надежно справляются настенные терморегуляторы.

Обогреватели подключаются к регулирующему оборудованию (терморегуляторам), которое поддерживает заданную потребителем температуру в помещении независимо от погодных условий.

Поставляется регулирующие оборудование как с ручной установкой температуры воздуха, так и программируемое на неделю на 4 ступени регулирования на каждый день, технические характеристики которых приведены в следующей таблице:

Модель	Ток, А	Регулируемая температура	Примечание
EBERLE RTR 3521	16	От 0 °С до +30 °С	
EBERLE RTR 3563	10	От 0 °С до +30 °С	
EBERLE Fre 52531	16	От 10 °С до +60 °С	Выносной термодатчик
EBERLE INSTAT 2	16	От 0 °С до +30 °С	Программатор на неделю

6. УСТАНОВКИ СОЛНЕЧНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

6.1. Область применения и принципиальные схемы

Использование солнечных установок в зависимости от района строительства позволяет за счёт предварительного нагрева водопроводной воды замещать до 40% годового расхода тепла на горячее водоснабжение школьных зданий.

Установки в общем случае могут включать: приемник солнечного излучения – плоские солнечные коллекторы; водяные аккумуляторы тела; теплообменники; догревающие теплогенераторы; теплоприемный и распределительный контуры; средства автоматизации.

По функциональному назначению установки солнечного горячего водоснабжения (УСГВ) подразделяются на: центральные и местные; по времени работы – сезонные и круглогодичные; по количеству контуров – одно-, двухконтурные; по способу побуждения воды – с естественной и с насосной циркуляцией.

Центральные УСГВ замыкаются через центральный тепловой пункт (источник тепла) на систему горячего водоснабжения одного или нескольких зданий учебного заведения (рис. 6.1).

Местные системы предназначены для снабжения горячей водой отдельных потребителей (душевых спортзалов, столовых, плавательных бассейнов и т.п.) при отсутствии центральной системы горячего водоснабжения (рис. 6.2).

Установки сезонного действия предназначены для получения горячей воды в период с устойчивой температурой наружного воздуха не менее 5°С, при этом в солнечных коллекторах нагревается или вода из водопровода при ее удовлетворительном качестве, или специально подготовленная (химически очищенная и деаэрированная) вода.

В установках круглогодичного действия при низких наружных температурах предусматривается слив воды из солнечных коллекторов в дренажную ёмкость (рис. 6.1).

Подбор оборудования для УСГВ и их проектирование следует производить согласно «Альбому для проектирования установок солнечного горячего водоснабжения.» (СПб., ВИТУ, 1992).

В установках солнечного горячего водоснабжения (УСГВ) следует применять плоские проточные солнечные коллекторы, удовлетворяющие ГОСТ 28310-89 «Коллекторы солнечные. Общие технические условия».

При проектировании УСГВ следует ориентироваться на солнечные коллекторы, серийно выпускаемые в стране. Основные габариты и характеристики таких коллекторов приведены в табл. 6.1.

Таблица 6-1 Характеристик солнечных коллекторов

Тип коллектора	Изготовитель	Габариты, мм	Площадь, м^2	Поверхностная плотность, кгс/м^2	Тип поглотителя
Серийно выпускаемые СК					
Солнечный коллектор (ТУ 21-26-322-88)	Братский з-д отопительного оборудования	1530×630×98	0,8	56,4	Стальная панель
Осваиваемые производством СК					
Коллектор солнечный КСН-1,5	НПП «Митра» – ОКБ-1 – ЭНИН	1805×900×112	1,63	27,6	Нержавеющая сталь
Коллектор солнечный из полимерных материалов	НИИСТ	1585×670×122	1,09	19,8	Полипропилен

В качестве тепловых абсорберов целесообразно применять радиаторы стальные штампованные типа РСВ и РСГ.

При соответствующем обосновании допустимо применять СК, состоящие из теплоприемников, размещенных на кровле здания со слоем тепловой изоляции (или без нее) под общим прозрачным покрытием.

6.2. Эффективность применения УСГВ

Эффективность применения УСГВ определяется долей замещения годовой нагрузки на горячее водоснабжение, стоимостью замещаемого топлива на котельной и дополнительными капитальными затратами на монтаж системы.

Цель расчета заключается в нахождении оптимального значения площади солнечных коллекторов, при котором обеспечивается конкурентоспособность системы солнечного теплоснабжения по сравнению с традиционной.

Исходными данными для расчета служат:

- суточный расход воды на горячее водоснабжение – $V_{сут}$, м^3/сут;
- годовой расход тепла на горячее водоснабжение – $Q_{год}$, МВт.ч;
- тип солнечного коллектора и его удельная стоимость – $C^{уд}_{ск}$, руб/м^2;
- вид и стоимость замещаемого топлива – $C_{топ}$, руб/т у.т.;
- район строительства.

Оптимальные значения удельной площади солнечных коллекторов, отнесенной к суточному расходу воды на горячее водоснабжение, $\overline{A}_{ск}$, м^2/(м^3/сут.), и коэффициента замещения годовой тепловой нагрузки $f_{опт}$ определяются в зависимости от соотношения стоимости топлива $C_{топ}$ и удельных капитальных затрат на устройство УСГВ $K^{уд}_{ск}$.

Удельные капитальные затраты на устройство УСГВ учитывают стоимость оборудования и все затраты на его монтаж, отнесенные к единице площади солнечных коллекторов. Ориентировочно их определяют по формуле

$$K^{уд}_{ск}=(1{,}5\div 2{,}0)\ C^{уд}_{ск}.$$

Общая площадь солнечных коллекторов $A_{ск}$, необходимых для установки, определяется как

$$A_{ск}=\overline{A}_{ск}V_{сут}, \text{ м}^2,$$

где $\overline{A}_{ск}$ – удельная площадь солнечных коллекторов, определяемая в зависимости от типа системы.

Капитальные затраты на сооружение УСГВ $K = K^{уд}_{ск} A_{ск}$.

Количество замещаемого (сэкономленного) топлива при использовании солнечной установки ΔB находим по формуле

$$\Delta B=\frac{f^{опт}\cdot Q_{год}}{\eta_{кот}\cdot Q'_р},$$

где $Q_{год}$ – годовая нагрузка на горячее водоснабжение, МВт·ч;

$Q'_р$ – низшая теплотворная способность топлива, МВт·ч/т у.т;

$\eta_{кот}$ – к.п.д. котельной с учётом потерь тепла в сетях.

Оптимальные значения коэффициента замещения и удельной площади солнечных коллекторов определяются по графику (рис. 6.3) в зависимости от параметра $\frac{C_{топ}}{\eta_{кот}\,K^{уд}_{ск}}$ и среднего перепада температур Δt_R для данного района строительства (прил.).

Пример расчёта эффективности применения УСГВ для города Волгограда при суточном расходе горячей воды 10 м^3/сут и годовом расходе тепла на горячее водоснабжение 150 МВт.ч/год представлен в следующей таблице:

Показатель	Значение
Площадь солнечных коллекторов, м^2	40
Годовой коэффициент замещения	0,15
Годовая экономия условного топлива (при к.п.д. котельной 0,6), т у.т	4,6
Стоимость сэкономленного топлива (при цене 40 у.е./т у.т), у.е./год	185
Стоимость установки (при стоимости коллектора 20 у.е./м^2), у.е.	1200
Ожидаемый срок окупаемости, лет	6,5

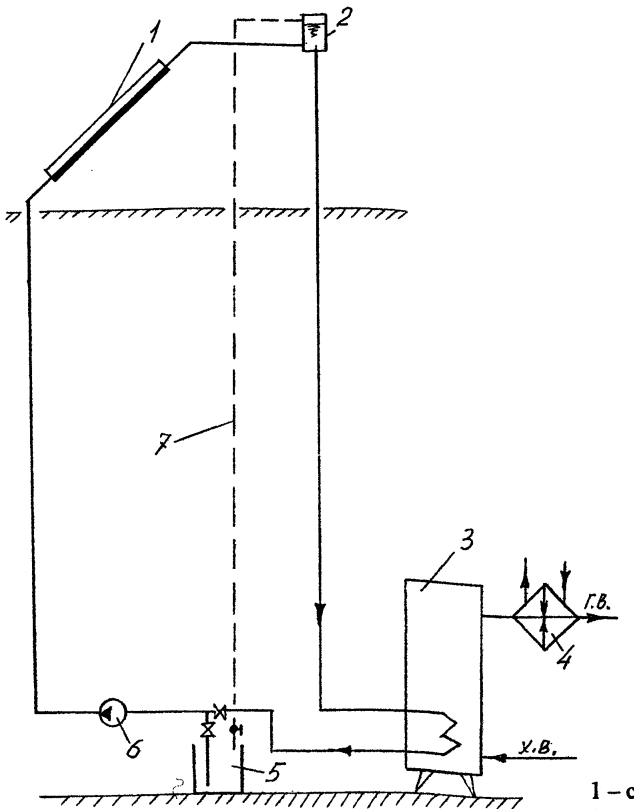


Рисунок 6.1. Принципиальная схема центральной двухконтурной УСГВ с насосной циркуляцией
1 – солнечный коллектор; 2 – расширительный бак;
3 – ёмкостной водоподогреватель; 4 – догревающий теплогенератор;
5 – дренажная ёмкость; 6 –циркуляционный насос;
7 – контрольная трубка

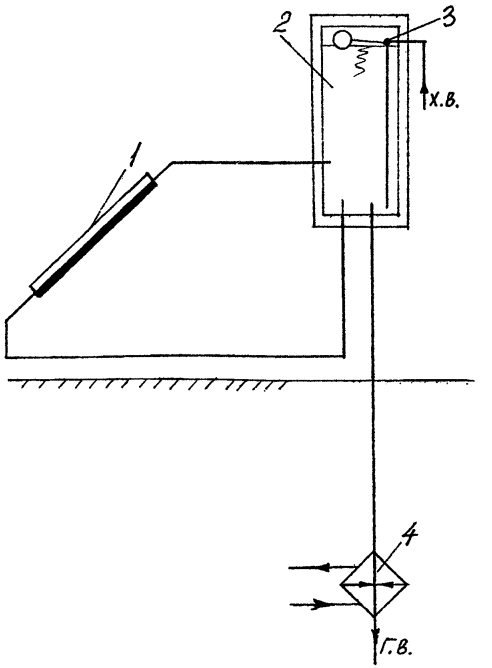


Рисунок 6.2. Принципиальная схема местной одноконтурной УСГВ с естественной циркуляцией
1 – солнечный коллектор; 2 – теплоизолированный бак - аккумулятор;
3 – поплавковый клапан; 4 – догревающий теплогенератор

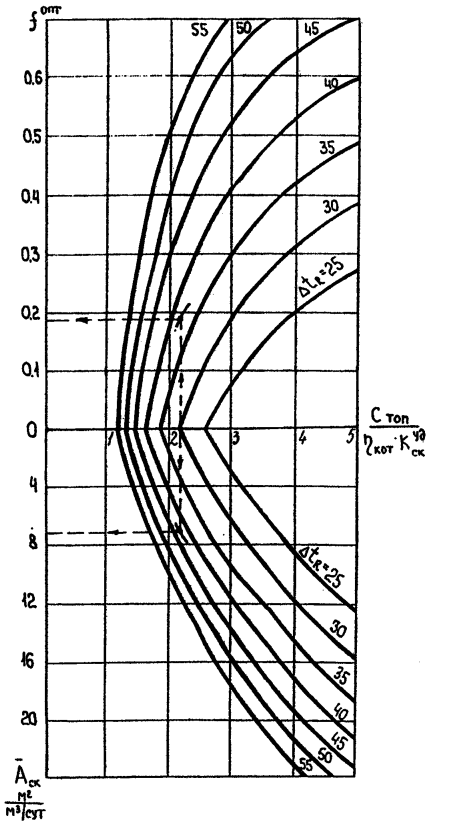


Рисунок 6.3. Номограмма для определения коэффициента замещения и удельной площади солнечных коллекторов

7. УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ВЫТЯЖНОГО ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ШКОЛ

7.1. Область применения и принципиальные схемы систем утилизации тепла (СУТ)

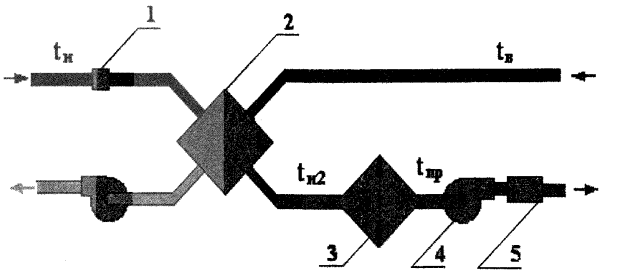
Особенностью вентиляции школ является применение различных способов организации воздухообменов в помещениях в зависимости от их назначения.

Классные комнаты, как правило, обеспечиваются децентрализованным (местным) притоком наружного неподогретого воздуха, а вытяжка – либо естественным способом из этих же помещений, либо через санузлы, куда воздух перетекает через решетки в стенах коридоров.

Для актовых, спортивных залов, а также кухонь и столовых проектируются отдельно системы приточно-вытяжной механической вентиляции.

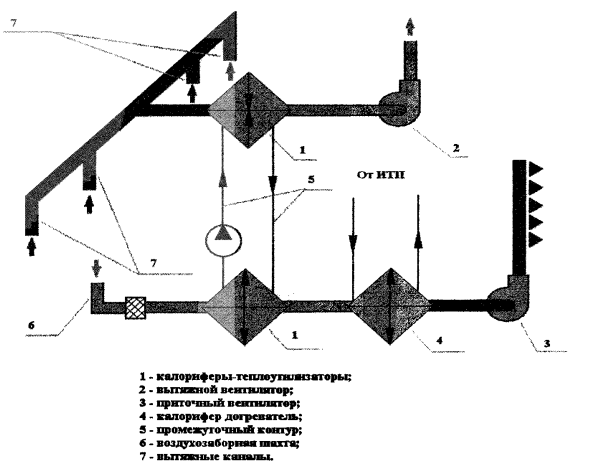
Поскольку собрать весь вытяжной воздух из всех помещений для последующей утилизации его тепла экономически нецелесообразно, а иногда и технически невозможно, следует устраивать групповые и местные (индивидуальные) системы утилизации тепла (СУТ) для помещений, оборудованных организованным механическим притоком подогреваемого воздуха.

Наиболее перспективным следует считать СУТ с рекуперативным теплообменником (рис. 7.1), а в случае, если вытяжка и узел подогрева приточного воздуха находятся на достаточном удалении, – системы с промежуточным теплоносителем (рис. 7.2).



1-фильтр;
2-теплообменник;
3-подогреватель;
4-вентилятор;
5-шумоглушитель

Рис. 7.1 Местная система вентиляции с теплоутилизатором



1 - калориферы-теплоутилизаторы;
2 - вытяжной вентилятор;
3 - приточный вентилятор;
4 - калорифер догреватель;
5 - промежуточный контур;
6 - воздухозаборная шахта;
7 - вытяжные каналы.

Рис. 7.2 Система вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха с промежуточным теплоносителем

В первой системе теплообменник-рекуператор, приточный и вытяжной вентиляторы, фильтры поставляются в одном агрегате, который снабжается также дополнительным электрическим или водяным калорифером и средствами автоматики.

Вытяжной воздух, двигаясь навстречу наружному, частично нагревает его в пластинчатом теплообменнике и затем выбрасывается в атмосферу.

Во второй схеме теплообменники-утилизаторы состоят из двух групп калориферов – тепловоспринимающей и теплоотдающей, обвязанных общим контуром с промежуточным теплоносителем (антифризом), циркулирующим с помощью насоса.

Для реализации данной схемы на естественной вытяжке необходима установка дополнительного вентилятора.

7.2. Эффективность энергосбережения в СУТ

Утилизация тепла вытяжного воздуха позволяет снижать до 60% годовое теплопотребление на вентиляцию помещений. Более глубокая утилизация тепла связана с опасностью выпадения влаги из вытяжного воздуха и образованием шубы на поверхностях теплообменника.

Эффективность энергосбережения определяется степенью утилизации тепла $\varepsilon_{ту}$ как отношением величины подогрева приточного воздуха к разности температур вытяжного и наружного воздуха.

С увеличением $\varepsilon_{ту}$ растет годовая экономия теплоты (рис. 7.3), но при этом резко возрастают площадь теплопередачи калориферов (рис. 7.4) и, соответственно, расход электроэнергии на преодоление аэродинамического сопротивления калориферов-теплоутилизаторов (рис. 7.5).

Таким образом, достижение большего энергетического эффекта связано с увеличением капитальных затрат на оборудование, и поэтому поиск оптимального решения должен производиться с учетом технико-экономических показателей различных вариантов.

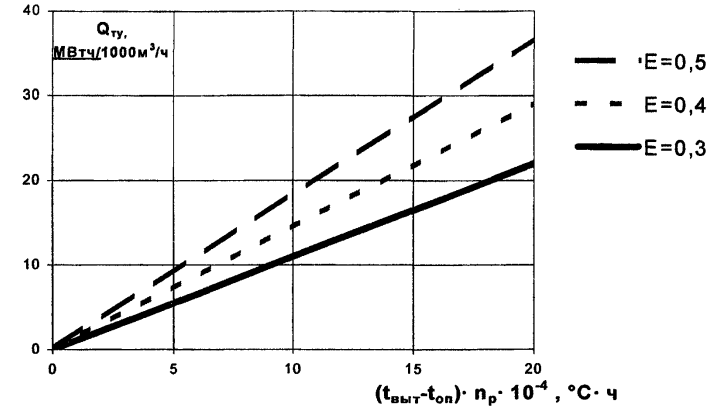


Рис. 7.3 Зависимость годовой экономии тепла от градусо-часов и степени утилизации тепла

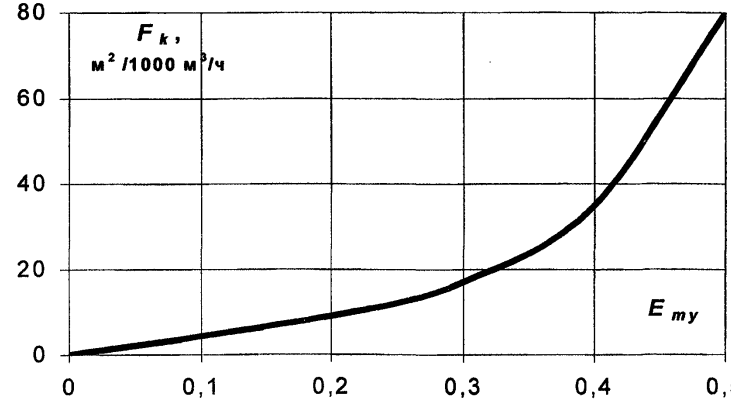


Рис. 7.4. Зависимость площади теплопередачи калориферов-теплоутилизаторов от $\varepsilon_{ту}$

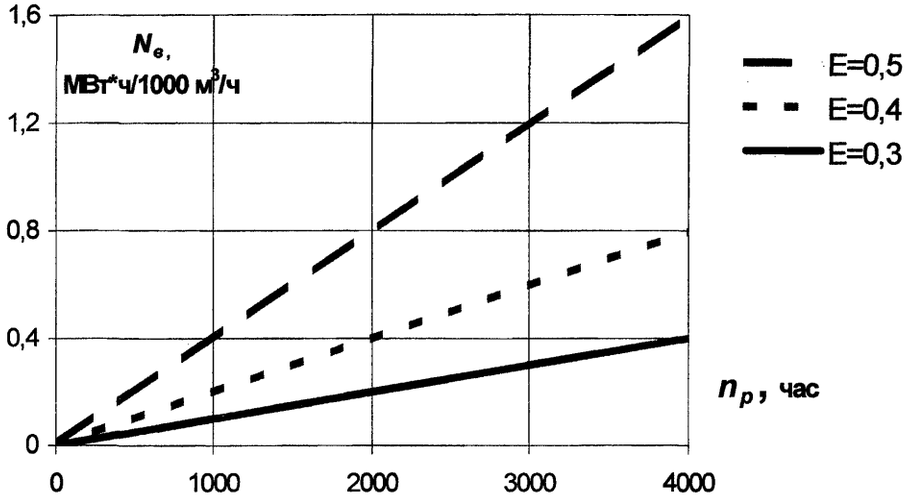


Рис. 7.5. Зависимость дополнительного годового расхода электроэнергии от числа часов и степени утилизации тепла

Для проведения оптимизационных расчетов составлены графики для определения удельных показателей (рис. 7.5), отнесенных к расходу воздуха L=1000 м³/ч в функции ε_{my}, параметров климата и продолжительности работы системы вентиляции.

Пример расчета технико-экономических показателей рекомендуемых схем утилизации тепла в системе вентиляции универсального зала школы по типовому проекту 221-1-179 для условий Москвы при числе часов работы вентиляции n_p = 2000 ч представлен в следующей таблице.

№ п.п.	Показатели	Базовый вариант	СУТ с рекуператором ε_{my} =0,5	СУТ с промежуточным теплоносителем при степени утилизации ε_{my}		
				0,3	0,4	0,5
1	Потребляемая мощность системы вентиляции, кВт	67,2	28,6	44,0	36,3	28,6
2	Годовой расход теплоты, МВТ.ч/год	71,0	23,4	42,5	32,9	23,4
3	Годовая экономия тепла, МВТ.ч/год	–	47,6	28,5	38,1	47,6
4	То же, в %	–	67,0	40,1	53,7	67,0
5	Стоимость сэкономленного тепла при стоимости 10 у.е./(МВт.ч), у.е./год	–	670	401	537	670
6	Площадь калориферов-теплоутилизаторов, м²	–	–	86	173	400
7	Дополнительный вытяжной вентилятор Ц4-70 № 6,3	–	–	1	1	1
8	Дополнительный расход электроэнергии на привод вентиляторов, МВТ.ч/год	–	–	1,0	2,0	4,0
9	Увеличение капитальных затрат, у.е.	–	3700	1252	1861	3350
10	Годовые отчисления от капитальных затрат 8%, у.е./год	–	296	100,2	149,0	268,0
11	Годовые затраты на электроэнергию при стоимости 20 у.е./(МВт.ч)	–	–	20,0	40,0	80,0
12	Снижение эксплуатационных расходов, у.е./год	–	374	280,8	348,0	322
13	Ожидаемый срок окупаемости дополнительных капитальных затрат, лет	–	9,9	4,5	5,3	10,4

Примечание. Стоимость тепла и электроэнергии принята с учетом двукратного перспективного удорожания.

Анализ результатов показывает, что при данных стоимостных показателях на оборудование и энергоносители оптимальная степень утилизации в системе с промежуточным теплоносителем составит 0,3 при годовой экономии тепла 40% и сроке окупаемости дополнительных капитальных затрат около 4,5 лет.

8. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УЧЁТ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ

Наибольшая экономия тепловой энергии при минимальных капиталовложениях достигается автоматизацией регулирования её подачи и внедрения учёта теплопотребления. При установлении оптимального режима работы систем теплопотребления экономия теплоты может достигать 20% и более годового теплопотребления без нарушения теплового режима зданий.

Оценка потерь ресурсов из-за недостатков схемных решений, отсутствия средств автоматического регулирования и коммерческого учета теплоносителя, низкого качества эксплуатации тепловых пунктов представлена в следующей таблице:

Фактор, приводящий к потере ресурсов	Размер потерь от годового расхода тепла на отопление, %
Перегрев зданий в переходный период отопительного сезона из-за ограничений по снижению температуры воды в сети на нужды горячего водоснабжения («срезка графика») (рис.8.1.)	10—15
Отсутствие регулирования по внешним параметрам (наружная температура, солнечная радиация, ветер и др.)	8—10
Невозможность обеспечения программного отпуска тепловой энергии	До 20
Обеспечение оптимального гидравлического режима в СО	До 15
Отсутствие качественного контроля эксплуатации тепловых пунктов	5—15

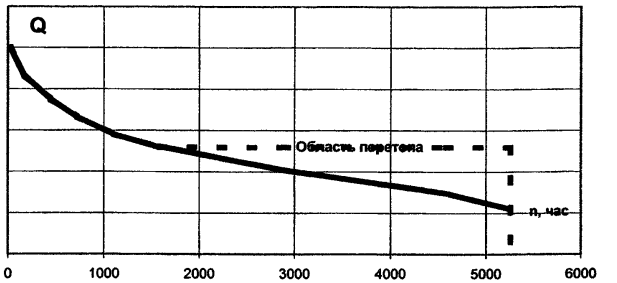


Рис. 8.1. Интегральный график расхода тепла в СО

8.1. Узлы учета

8.1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Узлы учета тепловой энергии и теплоносителя предназначены для коммерческого расчета между потребителями тепловой энергии и энергоснабжающими организациями на основании показаний приборов.

Узел учета состоит из теплосчетчика, счетчика массы или объема теплоносителя (водосчетчика), приборов (датчиков), регистрирующих параметры теплоносителя: температуру, расход и давление.

Информация об измеряемых параметрах и определяемых величинах может передаваться с приборов узла учета в систему диспетчеризации.

Узлы учета тепловой энергии конструктивно отличаются в зависимости от схемы подключения потребителя к системе теплоснабжения:

- узлы учета для закрытых систем теплоснабжения;
- узлы учета для открытых систем теплоснабжения.

Узлы учета тепловой энергии могут быть построены на основе:

- теплосчетчика, счетчика массы или объема теплоносителя (водосчетчика), приборов, регистрирующих параметры теплоносителя;

• теплосчетчика и счетчика массы или объема теплоносителя;

• счетчика массы или объема теплоносителя.

Проекты узлов учета разрабатываются на основании действующих "Правил учета тепловой энергии и теплоносителя" / Главгосэнергонадзор. – М.: МЭИ, 1995; нормативных документов: СНиП 2.04.07-86* "Тепловые сети", СП 41-101-95 "Проектирование тепловых пунктов".

Исходных данные разработки узла учета включают:

– задание на проектирование узла учета, утвержденное заказчиком;

– технические условия на присоединение к тепловым сетям или действующий договор на поставку (продажу) тепловой энергии в горячей воде, выданный энергоснабжающей организацией;

– принципиальную схему теплоснабжения систем теплопотребления;

– план теплового пункта с указанием места размещения оборудования узла учета.

Для выбора типа приборов учета определяются расчетные и эксплуатационные расходы теплоносителя с использованием приложения 10 СП 41-101-95 "Проектирование тепловых пунктов" – "Методика определения максимальных (расчетных) расходов воды из тепловой сети на тепловой пункт".

Тип приборов, применяемых на узлах учета тепловой энергии, выбирается в зависимости от:

– температурного графика;

– величины тепловой нагрузки;

– расхода теплоносителя;

– контролируемых, регистрируемых параметров и необходимости их передачи в систему диспетчеризации;

– необходимой точности измерения.

Выбранные типы приборов учета тепловой энергии и теплоносителя должны быть освидетельствованы Главгосэнергонадзором России на соответствие "Правилам учета тепловой энергии и теплоносителя" и допущены к применению на узлах коммерческого учета.

Основной комплект технической документации на узел учета разрабатывается на основании произведенных расчетов и подбора оборудования и включает в себя: принципиальную схему, план и разрезы технологической части проекта, функциональную и кабельную схемы электрической части проекта, описание принятой схемы узла учета. Проект дополняется типовыми установочными чертежами узлов и деталей, электрическими схемами подключений приборов, инструкцией по сдаче в эксплуатацию узла учета, рекомендациями по эксплуатации и формой ведения журнала учета тепловой энергии, взаимными обязательствами эксплуатирующей и энергоснабжающей организаций.

Проект согласовывается со службой эксплуатации энергоснабжающей организации.

После монтажа, проведения пусконаладочных работ узел учета по акту принимается энергоснабжающей организацией и передается заказчику для эксплуатации.

Задачами установки систем учета производимых и потребляемых энергоресурсов являются:

• определение реального количества производимых и потребляемых энергоресурсов;

• создание условий для внедрения ресурсосберегающих технологий;

• получение дополнительных данных для управления производством и потреблением энергоресурсов;

• оперативное определение места аварий на системах тепло-, водо- и газоснабжения;

• снижение вероятности возникновения аварий;

• планирование поставок энергоресурсов на основе данных их реального потребления.

8.2. Схемы узлов учета

Условные обозначения

Параметры
c – теплоемкость;
t – температура;
p – давление;
h – энтальпия;
G – масса воды;
D – масса пара;
Q – тепловая энергия;
T – время.
Точка измерения
dt - температура;
dp - давление;
dG - расход теплоносителя.

Технологические требования

○ — учитываемый параметр;

▭ — регистрируемый параметр;

⬚ — узел учёта.

Система учёта тепла для закрытой системы теплопотребления (через теплообменник) при независимом присоединении системы отопления (через теплообменник с насосной циркуляцией в СО) на основе теплосчетчика, водосчетчика и регистрирующего прибора

На узле учета (рис. 8.2) определяются и регистрируются с помощью приборов:

• время работы приборов;

• полученная тепловая энергия;

• масса (объем) теплоносителя, полученного по подающему трубопроводу;

• масса (объем) теплоносителя, возвращенного по обратному трубопроводу;

• масса (объем) теплоносителя, проходящего по подпиточному трубопроводу;

• температура теплоносителя в подающем трубопроводе;

• температура теплоносителя в обратном трубопроводе.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 800 у.е.

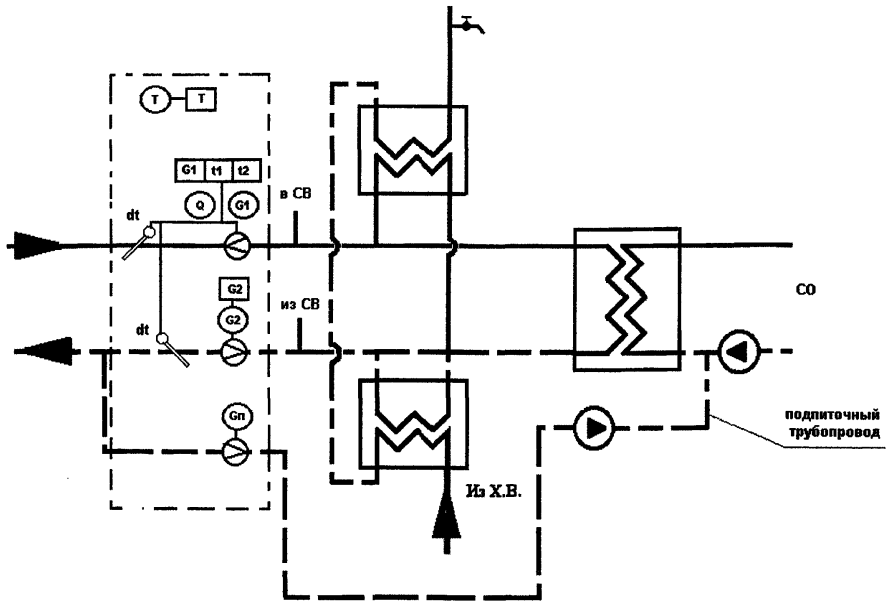


Рис. 8.2 Схема учёта тепла для закрытой системы теплопотребления с независимым присоединением СО

Система учёта тепла для закрытой системы теплопотребления при зависимом присоединении системы отопления (через элеваторный или насосный узел смешения) на основе теплосчетчика, водосчетчика и регистрирующего прибора

На узле учета (рис.8.3) определяются и регистрируются с помощью приборов:

- время работы приборов;
- полученная тепловая энергия;
- масса (объем) теплоносителя, полученного по подающему трубопроводу;
- масса (объем) теплоносителя, возвращенного по обратному трубопроводу;
- температура теплоносителя в подающем трубопроводе;
- температура теплоносителя в обратном трубопроводе.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 800 у.е.

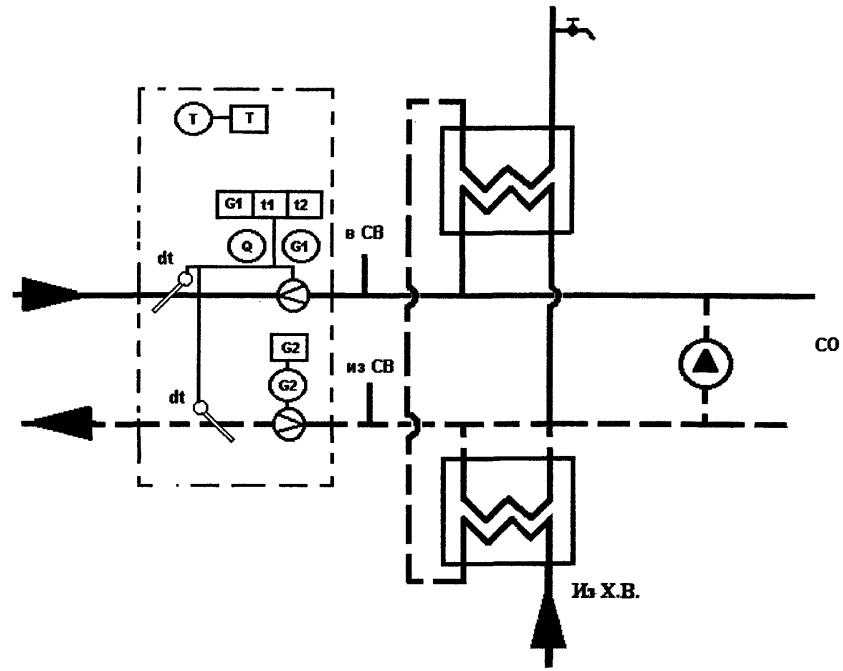


Рис. 8.3 Схема учёта тепла для закрытой системы теплопотребления с зависимым присоединением СО

Система учёта тепла для открытой системы теплопотребления при независимом присоединении системы отопления (через теплообменник) на основе теплосчетчика, водосчетчика и регистрирующего прибора

На узле учета (рис. 8.4) определяются и регистрируются с помощью приборов:

- время работы приборов;
- полученная тепловая энергия;
- масса теплоносителя, полученного по подающему трубопроводу;
- масса теплоносителя, возвращенного по обратному трубопроводу;
- масса (объем) теплоносителя, проходящего по подпиточному трубопроводу;
- масса (объем) теплоносителя, израсходованного на водоразбор в системе горячего водоснабжения;
- температура теплоносителя в подающем трубопроводе;
- температура теплоносителя в обратном трубопроводе;
- давление теплоносителя в подающем трубопроводе;
- давление теплоносителя в обратном трубопроводе.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 1000 у.е.

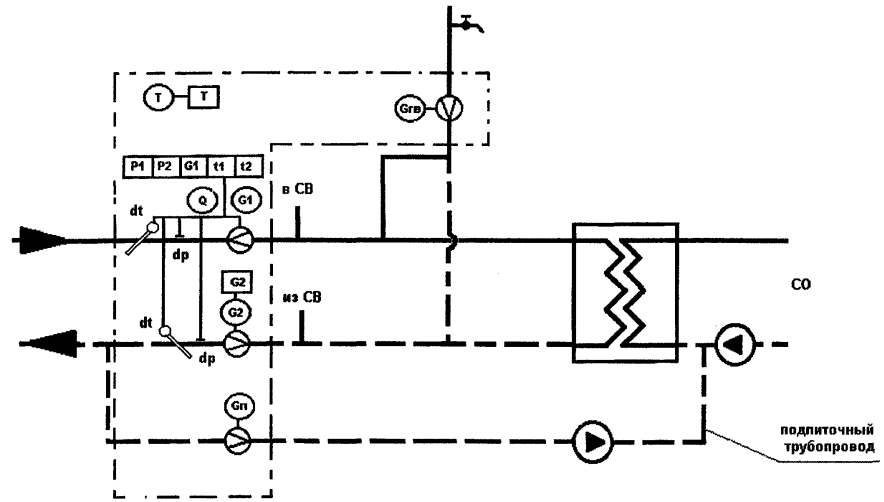


Рис. 8.4 Схема учёта тепла для открытой системы теплопотребления с независимым присоединением СО

Система учёта тепла для открытой системы теплопотребления (разбор воды на ГВС из тепловой сети) при зависимом присоединении системы отопления на основе теплосчетчика, водосчетчика и регистрирующего прибора

На узле учета (рис. 8.5) определяются и регистрируются с помощью приборов:

- время работы приборов;
- полученная тепловая энергия;
- масса (объем) теплоносителя, полученного по подающему трубопроводу;
- масса (объем) теплоносителя, возвращенного по обратному трубопроводу;
- масса (объем) теплоносителя, израсходованного на водоразбор в системе горячего водоснабжения;

• температура теплоносителя в подающем трубопроводе;

• температура теплоносителя в обратном трубопроводе;

• давление теплоносителя в подающем трубопроводе;

• давление теплоносителя в обратном трубопроводе.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 1000 у.е.

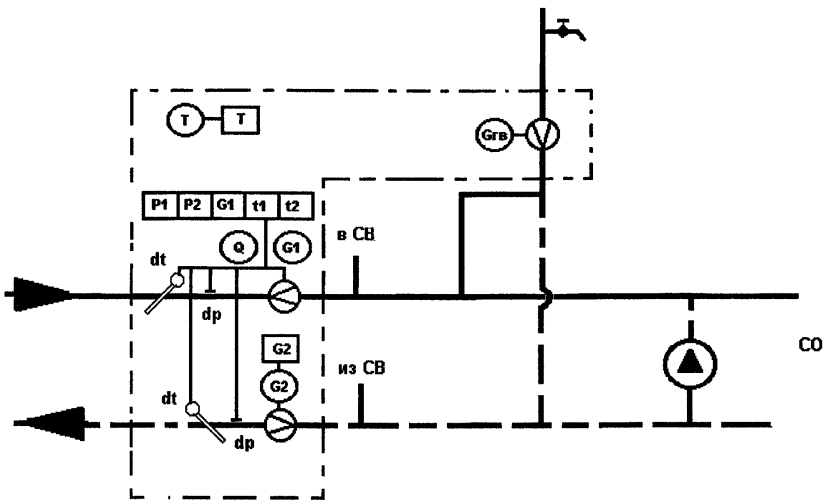


Рис. 8.5 Схема учёта тепла для открытой системы теплопотребления с зависимым присоединением СО

Система учёта тепла для местной системы теплопотребления (для индивидуальных СО и ГВС) на основе теплосчетчика, водосчетчика и регистрирующего прибора

На узле учета (рис. 8.6) определяются и регистрируются с помощью приборов:

• время работы приборов;

• полученная тепловая энергия;

• масса (объем) теплоносителя, полученного по подающему трубопроводу системы отопления;

• масса (объем) теплоносителя, возвращенного по обратному трубопроводу системы отопления;

• масса (объем) теплоносителя, израсходованного на водоразбор в системе горячего водоснабжения;

• температура теплоносителя в подающем трубопроводе;

• температура теплоносителя в обратном трубопроводе.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 500 у.е.

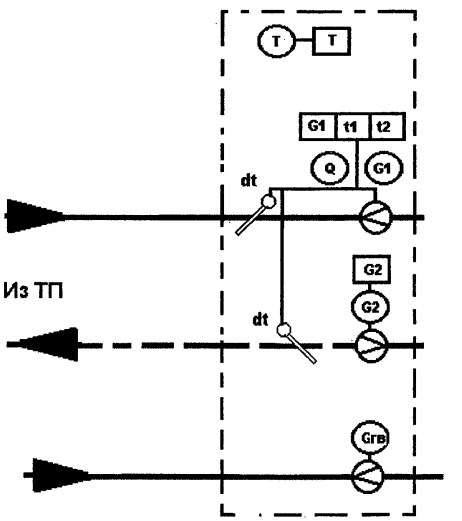


Рис. 8.6. Схема учёта для местных систем теплопотребления

8.3. Схемные решения по автоматизации регулирования теплопотребления при реконструкции школьных зданий

8.3.1. Общие положения

Автоматизация отпуска теплоты подразделяется на три уровня:

- центральное (в тепловых пунктах) регулирование;
- позонное регулирование;
- местное (индивидуальное) регулирование.

8.3.2. Центральное автоматическое регулирование расхода теплоты

Проекты автоматизации тепловых пунктов и подбор оборудования разрабатываются на основании СНиП 2.04.07-86* "Тепловые сети", СП 41-101-95 "Проектирование тепловых пунктов", СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

При разработке узлов необходимо учитывать следующие правовые документы: Федеральный закон «Об энергосбережении» № 28-ФЗ от 3.04.96 г.; Федеральный закон «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» № 41-ФЗ от 14.04.95 г.; Федеральный закон «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» № 154-ФЗ от 26.08.95 г.; Указ Президента РФ № 425 от 28.04.97 г. «О реформировании жилищно-коммунального хозяйства»; Постановление Правительства РФ № 1087 от 02.11.95 г. «О неотложных мерах по энергосбережению»; Постановление Правительства РФ № 80 от 24.01.98 г. «О федеральной целевой программе «Энергосбережение России»; Постановление Правительства РФ № 588 от 15.06.98 г. «О дополнительных мерах по стимулированию энергосбережения в России».

Схемные решения по автоматизации теплопотребления выполняются на базе существующих тепловых пунктов путём их модернизации или коренной реконструкции.

Функциональное назначение – поддержание требуемых параметров теплоносителя в зависимости от отклоняющих и возмущающих факторов (температуры наружного воздуха, средневзвешенной или наиболее характерной внутренней температуры здания, отсутствия людей в нерабочее время, сезона времени), поддержание постоянного перепада давления на вводе для оптимального регулирования.

Основные контролируемые и регулируемые параметры:

в системе отопления – расход, напор, температура теплоносителя в подающем трубопроводе СО, температура наружного и внутреннего воздуха;

в системе горячего водоснабжения – температура и расход теплоносителя;

в системе вентиляции – температура теплоносителя, расход.

8.3.3. Принципиальные схемы автоматизации тепловых пунктов

Основные обозначения

Бу – блок управления (электронный регулятор температуры теплоносителя);

Рк – регулирующий клапан с электроприводом;

t_{co} – датчик температуры;

$t_в$ – датчик температуры внутреннего воздуха;

$t_н$ – датчик температуры наружного воздуха;

трв – трёхходовой регулируемый вентиль;

Рзик – ручной запорно-измерительный клапан;

Абк – автоматический балансировочный клапан;

Ртп – регулятор температуры прямого действия;

ок – обратный клапан;

Су – смесительное устройство (тройник).

Система регулирования температуры смешенной воды системы отопления (рис. 8.7, рис.8.8)

Система отопления оборудована электронным регулятором температуры теплоносителя (**Бу**), поступающего в СО, в комплекте с температурными датчиками и регулирующими клапанами с электроприводом (во второй схеме – трёхходовой регулируемый вентиль); насосом, устанавливаемым на перемычке. Расчётное распределение теплоносителя по системе отопления обеспечивается с помощью автоматических балансировочных клапанов, установленных на стояках СО. На вводе в здание предусматривается установка регулятора постоянства перепада давления.

Регулирование температуры

Температуру теплоносителя в системе отопления регулирует двухканальный электронный регулятор (одноканальный регулятор) в зависимости от изменения температур наружного и внутреннего воздуха, управляя регулирующими клапанами (трёхходовым регулируемым вентилем) с электроприводом, установленными на подающей магистрали и после насоса. Регуляторы поддерживают требуемую температуру теплоносителя в СО, понижают температуру теплоносителя в ночное время и нерабочие дни. Распределение воды по стоякам, параллельно присоединенным к магистральным трубопроводом системы отопления, регулируется автоматическими балансировочными клапанами. Данные клапаны применяются совместно с запорно-измерительными клапанами. Автоматические балансировочные клапаны поддерживают стандартную разность давлений в подающем и обратном стояках СО, что предотвращает возникновение шума и обеспечивает оптимальную работу радиаторных терморегуляторов.

Регулирование перепада давления

На вводе в здание устанавливается регулятор постоянства перепада давления.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 2000 у.е.

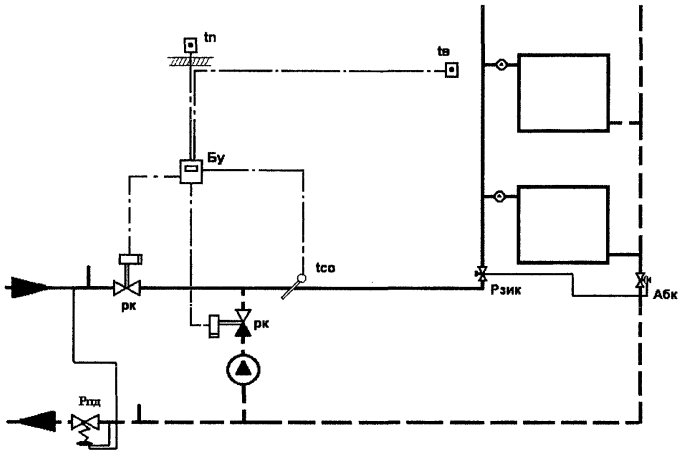


Рис. 8.7.

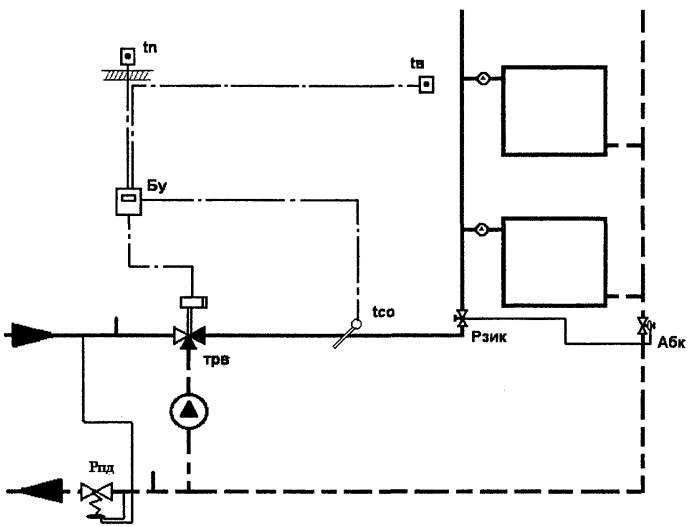


Рис. 8.8. Схема автоматизация теплового пункта с зависимым присоединением СО

Система регулирования температуры теплоносителя в независимых системах СО (рис.8.9)

Система отопления оборудована электронным регулятором температуры теплоносителя (**Бу**), поступающего в СО, в комплекте с температурными датчиками и регулирующим клапаном с электроприводом. Расчётное распределение по системе отопления обеспечивается с помощью автоматических балансировочных клапанов, установленных на стояках СО. На вводе в здание предусматривается установка регулятора постоянства перепада давления.

Регулирование температуры

Температуру теплоносителя в системе отопления регулирует одноканальный электронный регулятор в зависимости от изменения температур наружного и внутреннего воздуха, управляя регулирующим клапаном с электроприводом, установленным на обратной магистрали теплового ввода. Регулятор поддерживает требуемую температуру теплоносителя в СО, понижает температуру теплоносителя в ночное время и нерабочие дни. Распределение воды по стоякам, параллельно присоединенным к магистральным трубопроводом системы отопления, регулируется автоматическими балансировочными клапанами. Данные клапаны применяются совместно с запорно-измерительными клапанами. Автоматические балансировочные клапаны поддерживают стандартную разность давлений в подающем и обратном стояках СО, что предотвращает возникновение шума и обеспечивает оптимальную работу радиаторных терморегуляторов.

Регулирование перепада давления

На вводе в здание устанавливается регулятор постоянства перепада давления. Байпасная линия насоса с перепускным клапаном или регулятором постоянства перепада давление обеспечивает поддержание требуемого напора в СО.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 4000 у.е.

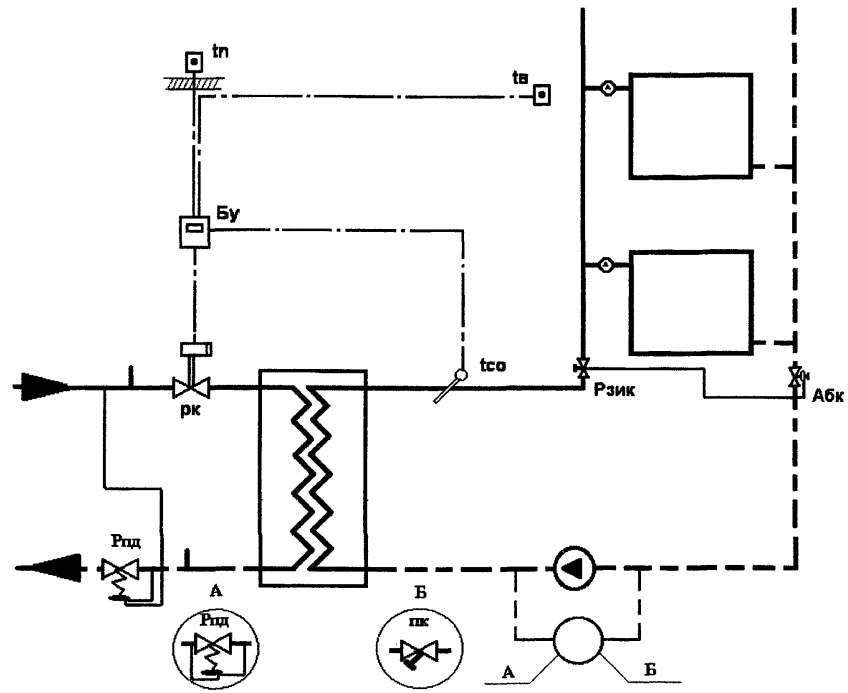


Рис. 8.9. Схема автоматизация теплового пункта с независимым присоединением СО

Схема автоматизации подготовки горячей воды для открытой (рис.8.10) и закрытой систем (рис. 8.11, 8.12) ГВС

Система ГВС оборудуется регуляторами прямого действия в комплекте с датчиком температуры либо оснащается регулирующим клапаном (при $G_{ГВС} > 5$ м^3/ч) посредством ввода (установки) дополнительного канала электронного регулятора

температуры СО посредством перепрограммирования или замены на многоканальный регулятор с учётом температуры в системе ГВС.

Горячая вода на хозяйственно-бытовые нужды в открытой системе приготавливается посредствам её отбора из подающего или обратного трубопровода тепловых вводов. Отбор производится после регулятора постоянства перепада.

Температура горячей воды в системе ГВС поддерживается регулятором прямого действия.

Горячая вода на хозяйственно-бытовые нужды в закрытой системе с параллельным подключение подогревателя приготавливается в пластинчатом или трубчатом теплообменнике, который дополняется баком-аккумулятором. Температура горячей воды в системе ГВС поддерживается регулятором прямого действия.

В случае приготовления горячей воды по двухступенчатой схеме регулятор прямого действия устанавливается после второй ступени теплообменника, реагируя на изменение температуры воды, подаваемой в систему ГВС. Клапан регулятора уменьшает или увеличивает количество теплоносителя, проходящего через водоподогреватель.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 500 у.е.

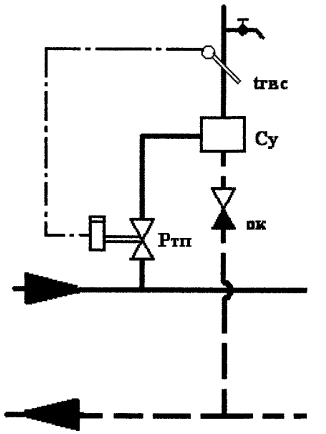


Рис. 8.10 .

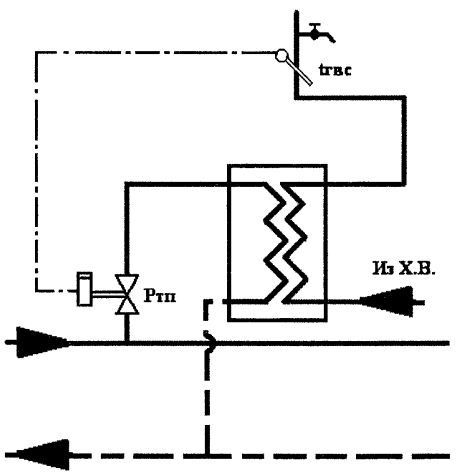


Рис. 8.11.

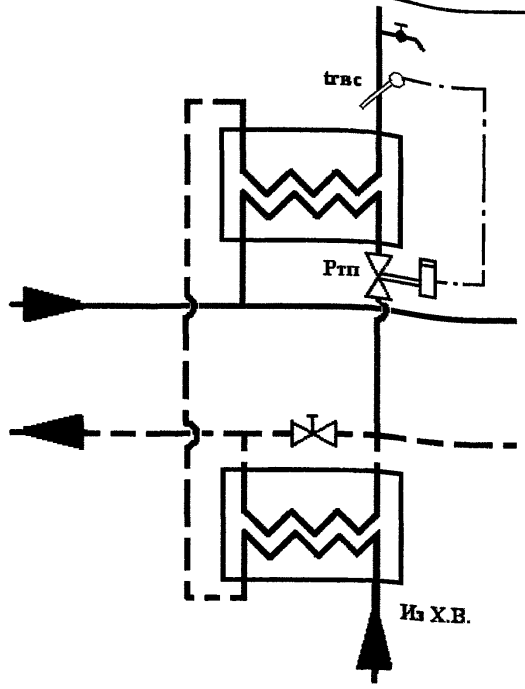


Рис. 8.12. Схемы автоматизации ГВС

Схемные решения при недостаточном потенциале теплоносителя в тепловых сетях

Для обеспечения требуемых температурных условий в зданиях при недостаточной подаче тепла от внешней сети либо при перерывах в подаче, вызванных аварийными ситуациями или плановой остановкой сети на профилактический ремонт, в тепловых пунктах могут устанавливаться пиковые теплоисточники. Увеличение используемого низкотемпературного потенциала сетевого теплоносителя достигается с помощью установки теплового насоса.

Задача обеспечения теплового комфорта потребителей при любых наружных температурах и недостаточном температурном потенциале теплоносителя в тепловой сети при реконструкции тепловых пунктов может быть решена следующими способами:

- подключением в тепловых пунктах зданий пиковых газовых водоподогревателей, догревающих воду, подаваемую в систему отопления;
- установкой в тепловых пунктах зданий пиковых электрических емкостных (теплоаккумулирующих) водоподогревателей, потребляющих электроэнергию в ночные часы (при сниженном тарифе на электроэнергию). Тепловая энергия, накапливаемая в аккумуляторе, выдается в систему отопления в нужное время, обеспечивая дополнительный нагрев теплоносителя. Такое включение способствует выравниванию суточного режима электропотребления;
- установкой непосредственно в отапливаемых помещениях электрических теплоинерционных доводчиков, потребляющих электроэнергию в ночные часы (при сниженном тарифе на электроэнергию);
- установкой в тепловых пунктах тепловых насосов, повышающих температуру подаваемого теплоносителя за счет охлаждения теплоносителя, возвращаемого из абонентской установки.

Схемы таких тепловых пунктов применительно к независимому подключению систем отопления представлены на рис.8.13, 8.14, 8.16. Данные схемные решения имеют ряд ограничений. Область применения определяется конкретными местными условиями и обосновывается технико-экономическим расчётом.

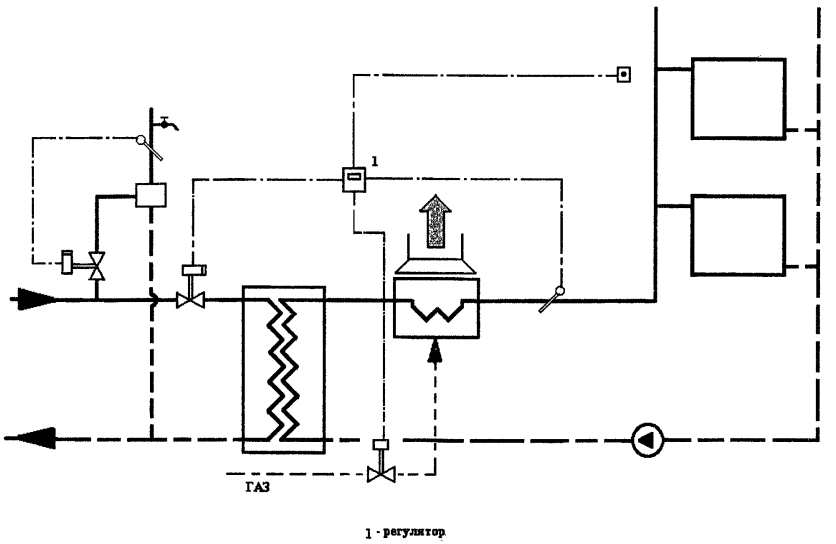


Рис. 8.13. Схема теплового пункта с пиковым газовым котлом

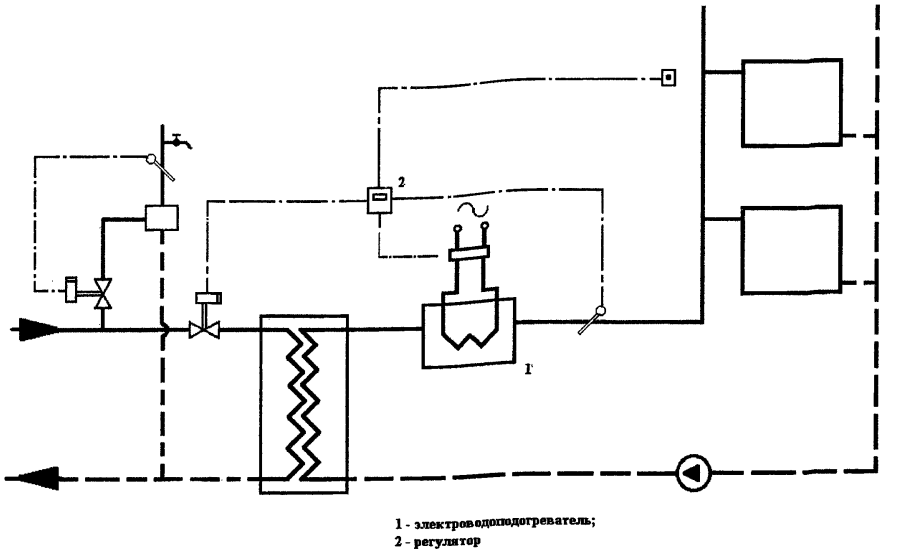
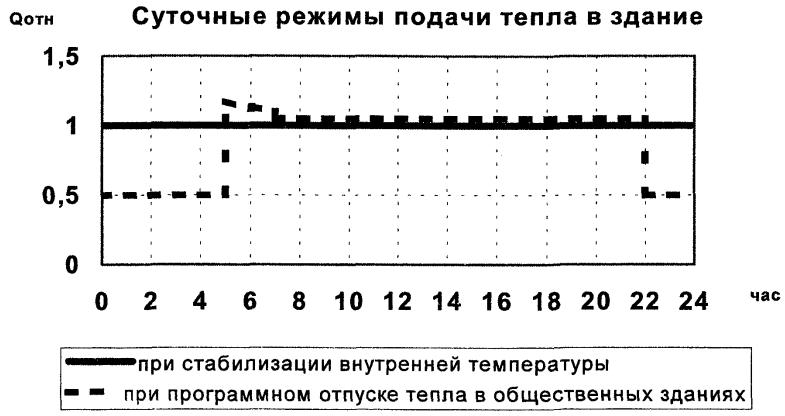


Рис. 8.14. Схема теплового пункта с электроподогревателем

Схема с использованием пиковых газовых водоподогревателей позволяет адекватно, без лишнего перерасхода топлива отреагировать на любое изменение погоды и параметров теплоносителя в тепловой сети. Массовое внедрение данной схемы ограничивается лимитом пропускной возможности газовых сетей.

Использование проточных водоподогревательных установок сдерживается отсутствием резервных мощностей электроэнергии. Применение емкостных электроподогревателей влечет за собой увеличение потребления электроэнергии на 5—10% за счёт увеличения теплопотерь. Во-вторых, резервы аккумулирования тепла ограничены размерами самого аккумулятора. Режим работы такого подогревателя, суточные режимы подачи тепла и соответствующие температурные режимы в жилых и общественных зданиях показаны на графиках (рис. 8.15).



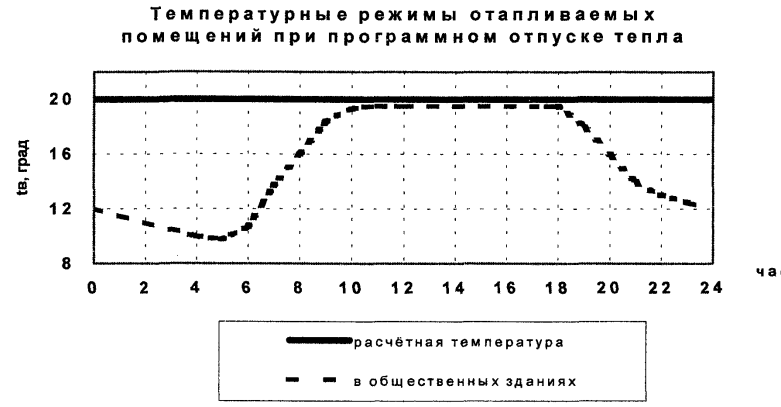
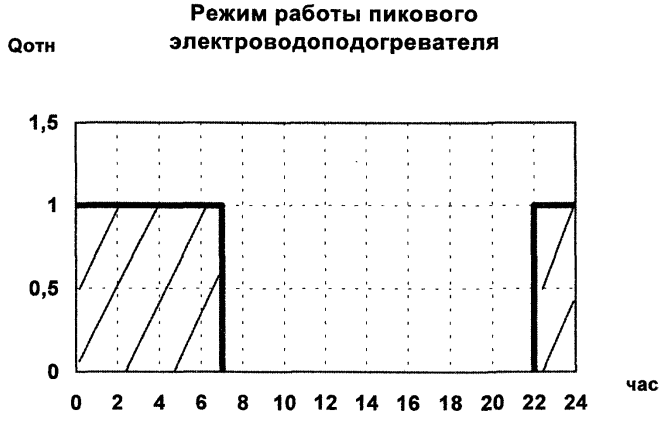
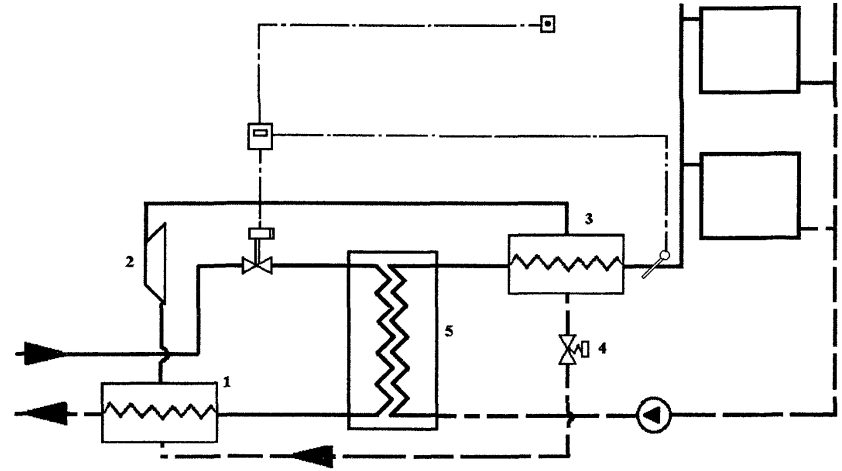


Рис. 8.15.





1 - испаритель; 2 - компрессор; 3 - конденсатор т.н.;
4 - редуктор;
5 - теплообменник системы отопления

Рис. 8.16. Схема теплового пункта с тепловым насосом

Применение схемы с тепловым насосом (рис.8.16) по сравнению с прямым электроподогревом уменьшает потребление электроэнергии. Однако имеется ограничение по теплосъёму (температуре обратной воды тепловой сети) и по режимам работы теплового насоса.

8.3.4. ПОЗОННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ

Позонная автоматизация регулирования отпуска тепла делится на два типа:

- пофасадная (вертикальная);
- горизонтальная.

Позонное регулирование, как правило, не исключает центральное. Оно должно обеспечивать поддержание требуемых параметров в СО по отдельным фасадам или этажам в зависимости от t_n, скорости ветра, солнечной радиации в различных зонах по высоте (этажах) или по сторонам света (фасадам), обеспечивать программный отпуск тепла.

Позонное регулирование выполняется на базе существующих магистралей и стояков при их реконструкции или коренной модернизации.

Этажная автоматизация отпуска тепла наиболее целесообразна в зданиях с высотой более 16 этажей с вертикальными системами или в горизонтальных СО.

Системы позонного регулирования осуществляют корректировку температуры по отклонению (изменение внутренней температуры) или по возмущению (изменение наружных параметров воздуха).

8.3.5. СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ ПОЗОННОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Пофасадное регулирование при зависимом присоединении системы отопления (рис. 8.17)

Система отопления оборудована регулятором (двумя) температуры теплоносителя в комплекте с датчиками температуры и четырьмя регулирующими клапанами. Расчётное распределение теплоносителя по СО обеспечивается балансировочными клапанами. На вводе в тепловой пункт установлен регулятор постоянства перепада давления.

Температура теплоносителя в зоне фасадов А и Б поддерживается четырёхканальным электронным регулятором (два двухканальных) посредством управления четырьмя регулирующими клапанами (двумя регулируемыми трёхходовыми вентилями) на основании отклонений внутренних температур воздуха в различных фасадах или возмущения наружных параметров воздуха.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 4000 у.е.

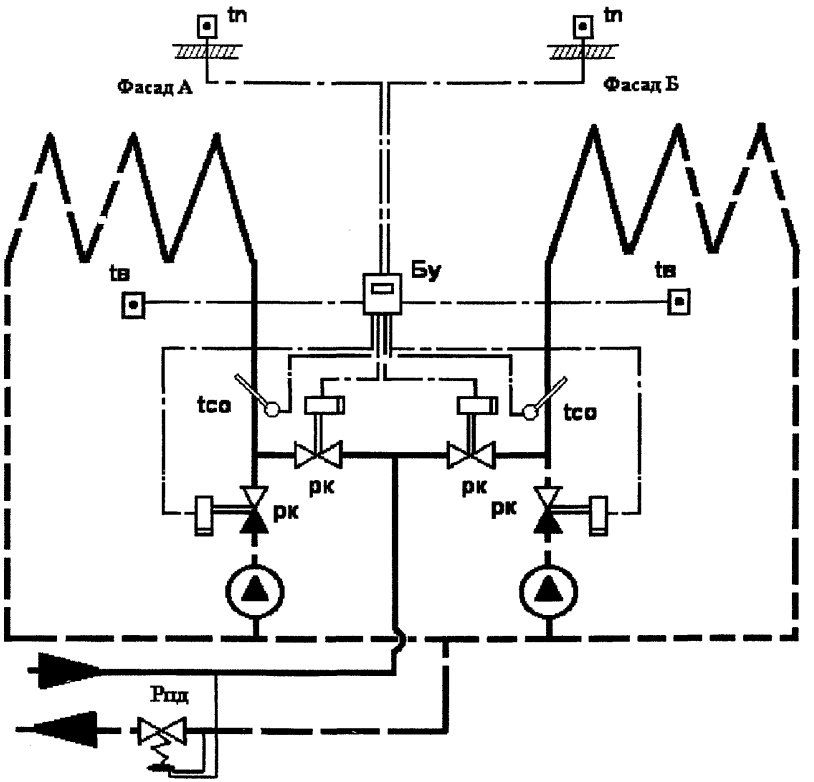


Рис. 8.17. Схема пофасадной автоматизации при зависимом подключении СО

Пофасадное регулирование для независимой СО (рис.8.18)

Система отопления оборудована регулятором (двумя) температуры теплоносителя в комплекте с датчиками температуры и двумя регулирующими клапанами. Расчётное распределение теплоносителя по СО обеспечивается балансировочными клапанами. На вводе в тепловой пункт установлен регулятор постоянства перепада давления.

Температура теплоносителя в зоне фасадов А и Б поддерживается двухканальным электронным регулятором посредствам управления двумя регулирующими клапанами, установленными перед входом сетевой воды в теплообменники, на основании отклонений внутренних температур воздуха в различных фасадах или возмущения наружных параметров воздуха.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 6000 у.е.

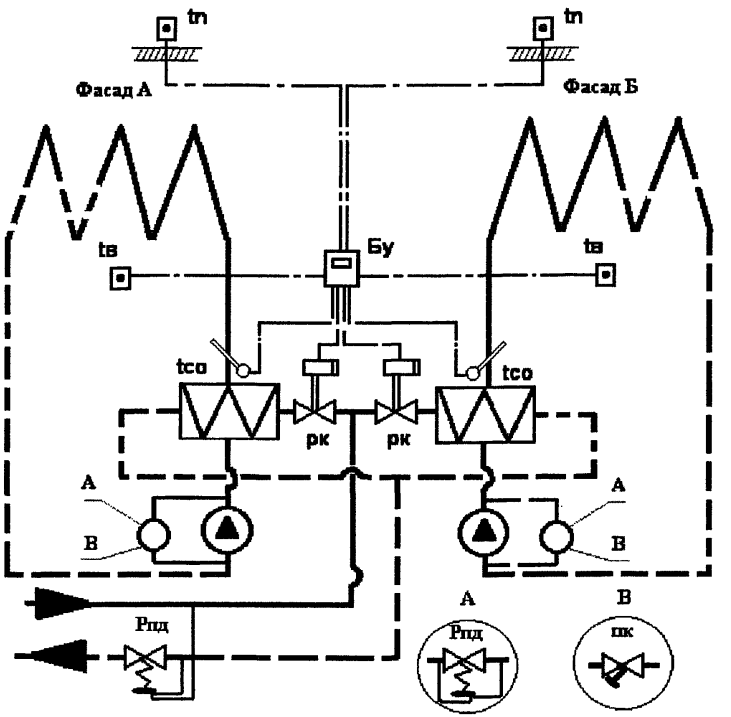


Рис. 8.18. Схема пофасадной автоматизации при независимом подключении СО

Горизонтальное регулирование СО (рис. 8.19)

Горизонтальная система отопления оборудуется регулятором постоянства давления (либо балансировочным клапаном), регулирующим клапаном прямого действия (термостатическим клапаном). На обратных подводках отопительных приборов устанавливаются краны двойной регулировки.

Стоимость приборов, оборудования и монтажа ≈ 400 у.е.

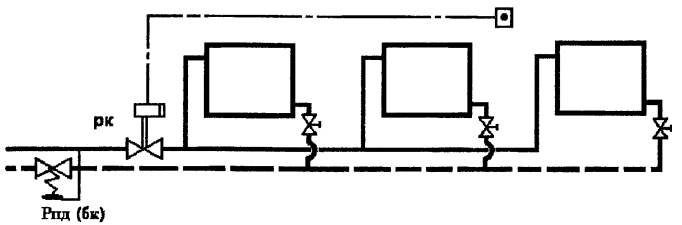


Рис. 8.19. схема автоматизации горизонтальных СО

8.3.6. МЕСТНОЕ (ИНДИВИДУАЛЬНОЕ) АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Схемные решения по индивидуальной автоматизации регулирования у отопительных приборов выполняются на базе существующих СО при их модернизации и дополняют центральное регулирование.

Функциональное назначение индивидуального регулирования – поддержание требуемой температуры в помещении в зависимости от возмущения наружных параметров воздуха.

Схемные решения по автоматизации индивидуального регулирования (рис. 8.20)

Система подводки к отопительному прибору оборудуется радиаторными термостатами с установкой со стороны подачи в него горячей воды, для однотрубных СО обязательно наличие байпасной линии между подводками отопительного прибора. Расчётное распределение теплоносителя по стоякам обеспечивается посредством установки балансировочных клапанов.

Радиаторные терморегуляторы автоматически поддерживают заданную потребителем комфортную температуру воздуха в каждом отапливаемом помещении здания, позволяя эффективно использовать теплопоступления от людей, солнечной радиации.

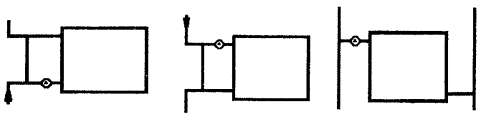


Рис. 8.20. Схемы установки термостатических головок на приборах СО

8.4. Основные показатели эффективности средств автоматизации и регулирования

Основные показатели эффективности средств автоматизации и регулирования зависят от мощности системы отопления, функциональных и точностных характеристик применяемого оборудования и средств автоматизации, их стоимости и обслуживания.

Увеличение эффективности работы системы отопления оценивается достигаемой экономией теплоты при внедрении средств автоматизации и регулирования.

8.4.1. КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ

В составе дополнительных капитальных затрат следует учитывать стоимость регуляторов, датчиков линий связи, при необходимости насосного оборудования с обвязкой трубопроводами, теплообменников и др. оборудования.

8.4.2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ

Затраты на электроэнергию

Электроэнергия потребляется электронными регуляторами, приводами и двигателями насосов. Потребляемая мощность электронного регулятора не превышает 0,01 кВт, а привода регулирующего клапана – 0,1 кВт, причём коэффициент использования максимума нагрузки для привода клапана в импульсном режиме составляет 0,05. Эксплуатационные затраты на электроэнергию, потребляемую устройством авторегулирования, $И_{рег}$, руб/год, допускается определять по формуле:

$$И_{рег} = 0{,}1 C_э (0{,}1 z_р + 0{,}05 z_{кл}) n_{от},$$

где $C_э$ – стоимость электроэнергии, руб/кВт.ч;

$z_р$ – количество электронных регуляторов;

$z_{кл}$ – количество электроприводов клапанов;

$n_{от}$ – длительность работы регулятора, ч.

Затраты на электроэнергию, потребляемую двигателем насоса (вариант с насосным узлом смешения, без автоматизации и зависимым присоединением системы отопления к тепловой сети), определяются по формуле:

$$И_{нас} = C_э n_{от} \frac{H_{нас} G_{нас}}{367 \eta},$$

где $H_{нас}$ – напор, развиваемый насосом, м;

$G_{нас}$ – расход воды через насос, $м^3/ч$;

η – к.п.д. насоса;

367 – переводной коэффициент.

9. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ ШКОЛ

9.1. Введение

При реконструкции школьных зданий следует исходить из условий минимизации последующих трудозатрат на содержание и ремонт теплоснабжающего оборудования и упрощения условий эксплуатации (п. 3.1).

Исходя из действующих нормативных документов и требований по организации теплоснабжения школьных зданий, рациональными параметрами для них являются:

расчетные температуры теплоносителя в системах отопления – 95/70°С;

температура теплоносителя для проектирования систем вентиляции – 95°С;

температура воды на нужды горячего водоснабжения – не менее 55°С;

температура теплоносителя для теплого пола – не более 40°С.

9.2. Варианты теплоснабжения и требования, предъявляемые к ним

Согласно требованиям СНиП II-35-76 (с изменением 1, п. 1.8) размещение котельной в встраиваемом в здании школы помещении, равно как в пристраиваемом к нему сооружении, а также создание крышной котельной непосредственно в здании школы запрещено.

При централизованном теплоснабжении непосредственно в школьном здании размещается индивидуальный тепловой пункт (ИТП).

Его схемное решение определяется параметром теплоносителя централизованной системы (150/70°С, 130/70°С или 95/70°С), схемой теплоснабжения (двухтрубная или четырехтрубная, открытая или закрытая система и др.).

Отдельно стоящую котельную для теплоснабжения школьных зданий с целью сокращения стоимости тепловых сетей целесообразно размещать в центре тепловой нагрузки. При устройстве котельной для одного здания желательно сооружать её в непосредственной близости от школы.

При наличии системы централизованного газоснабжения возможно устройство теплоснабжения школы от индивидуальных источников тепла (водонагревателей), обслуживающих одно или несколько помещений (теплоснабжение школы от системы термоблоков). Для размещения термоблоков (не более двух в одном помещении) в здании школы выделяется несколько специальных комнат, оборудованных с учетом требований Правил безопасности для газового хозяйства. Допускается работа термоблоков различного назначения на разных видах топлива (газ, электрическая энергия и т.д.).

9.3. Виды топлива

Определяющими факторами выбора вида топлива для источника тепла являются:

- технико-экономические показатели вариантов использования котельных на различных видах топлива;
- устойчивость региональных поставок данного вида топлива и связанная с этим энергетическая безопасность системы теплоснабжения школы;
- условия финансирования энергоснабжения школы.

В случае относительной равнозначности стоимостных показателей рассматриваемых вариантов топливоснабжения приоритетным следует считать использование квалифицированных видов топлива (газ, электроэнергия, дизельное топливо и др.).

При использовании термоблоков возможно создание поливалентных систем с переводом, например, систем горячего водоснабжения (или других) на электрообогрев.

9.4. Схемные решения котельных

При разработке технических решений по выбору схем и оборудования определяющими факторами являются:

– технические параметры внешних инженерных систем и источника энергоснабжения котельной или термоблока (водопровод, канализация, топливо, электроэнергия);

– мощности и годовые объемы теплопотребления школьных систем отопления, вентиляции, теплых полов, ГВС, а также динамика их изменения при внедрении энергосберегающих мероприятий;

– состояние и схемные решения в котельной до реконструкции.

Реконструкция и выбор схемных решений котельной рекомендуется осуществлять в такой последовательности:

- на основании принятой схемы горячего водоснабжения (открытой или закрытой), химического состава водопроводной воды и характера ее воздействия на установленное оборудование и тепловые сети решается вопрос о необходимости и составе оборудования химводоподготовки;
- на основании режима и объема потребления тепла и горячей воды определяются состав и количество котлов (водонагревателей), необходимость установки проточных теплообменников или емкостных бойлеров, аккумуляторов тепла;
- осуществляется подбор основного и вспомогательного оборудования, с учетом местных условий и показателей энергетической эффективности.

Приоритетные схемные решения котельных

Модульная котельная на два котла, работающих на газообразном топливе. Схема котельной для системы отопления – одноконтурная. В котельной установлен блок химводоподготовки. Для системы ГВС предусмотрен пластинчатый теплообменник. Поддержание температуры в контейнере осуществляется при помощи калорифера. Подача воздуха в котельную производится при помощи вентилятора. Поддержание постоянной температуры на ГВС и регулирование температуры в системе отопления по отопительному графику осуществляются при помощи регуляторов.

Модульная котельная на два вида топлива – газ/мазут. Для работы котлов на мазутном топливе предусматривается отдельно стоящая насосная станция с устройством подогрева мазута. Непосредственно перед горелкой также предусматривается повторный подогрев мазута.

В котельной устанавливаются котлы (3 котла) с системой топливоподачи. В здании школы от котельной подводятся только две тепловые нитки. В тепловом центре, расположенном в здании школы, устанавливают коллектор на прямой сети и коллектор на обратной сети. От этих коллекторов осуществляется раздача воды на отопление, вентиляцию и ГВС и соответствующая система автоматического регулирования.

9.5. Планировочные решения

При организации строительства котельной следует стремиться к максимальной сборности и блочности агрегатов. В зависимости от технологии монтажа различают:

- монтаж из готовых инженерных блоков с возведением строительных конструкций на месте. На рис. 9.1 показан вариант планировки котельной, собранной из двух блоков при условии специфических требований по их компоновке. Дымоотводящая труба встроена в котельную, а трубы от каждого котла смонтированы в один общий кожух с теплоизоляцией;
- монтаж в существующем или во вновь построенном помещении (рис. 9.2);
- установку контейнерной , полной заводской готовности котельной (рис. 9.3).

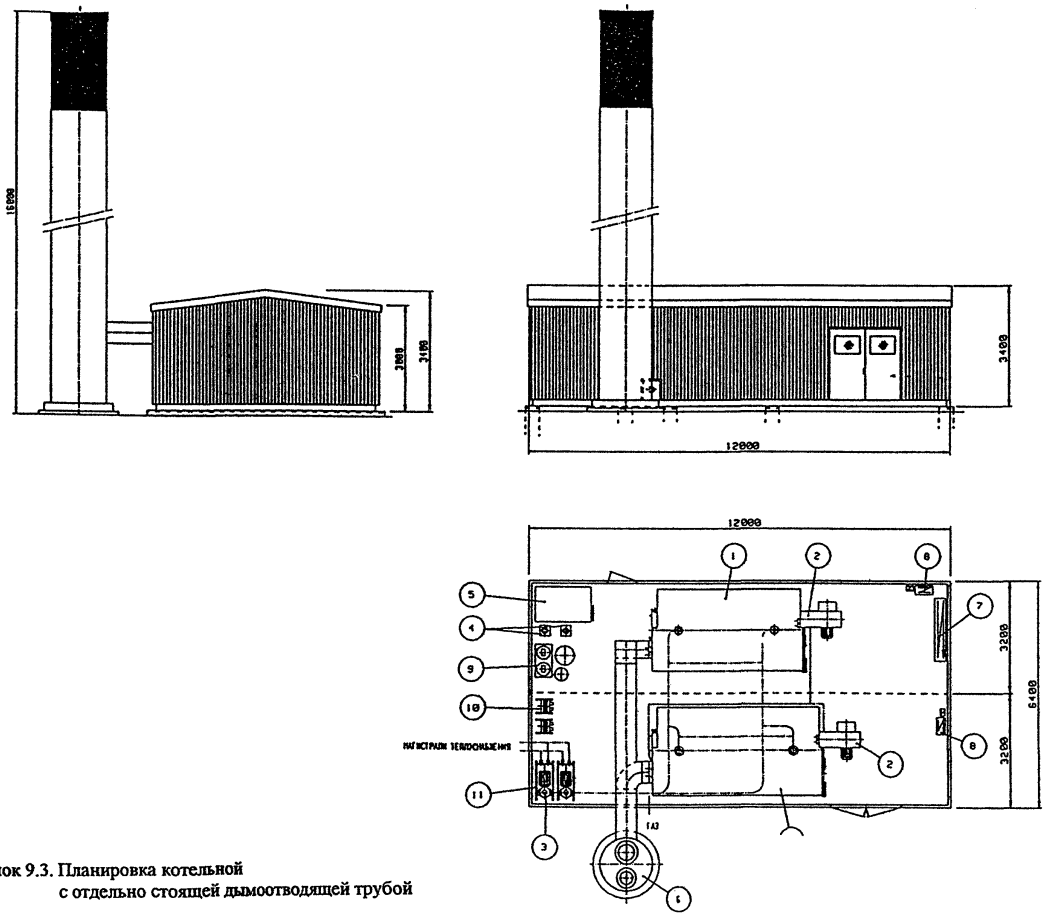


Рисунок 9.3. Планировка котельной с отдельно стоящей дымоотводящей трубой

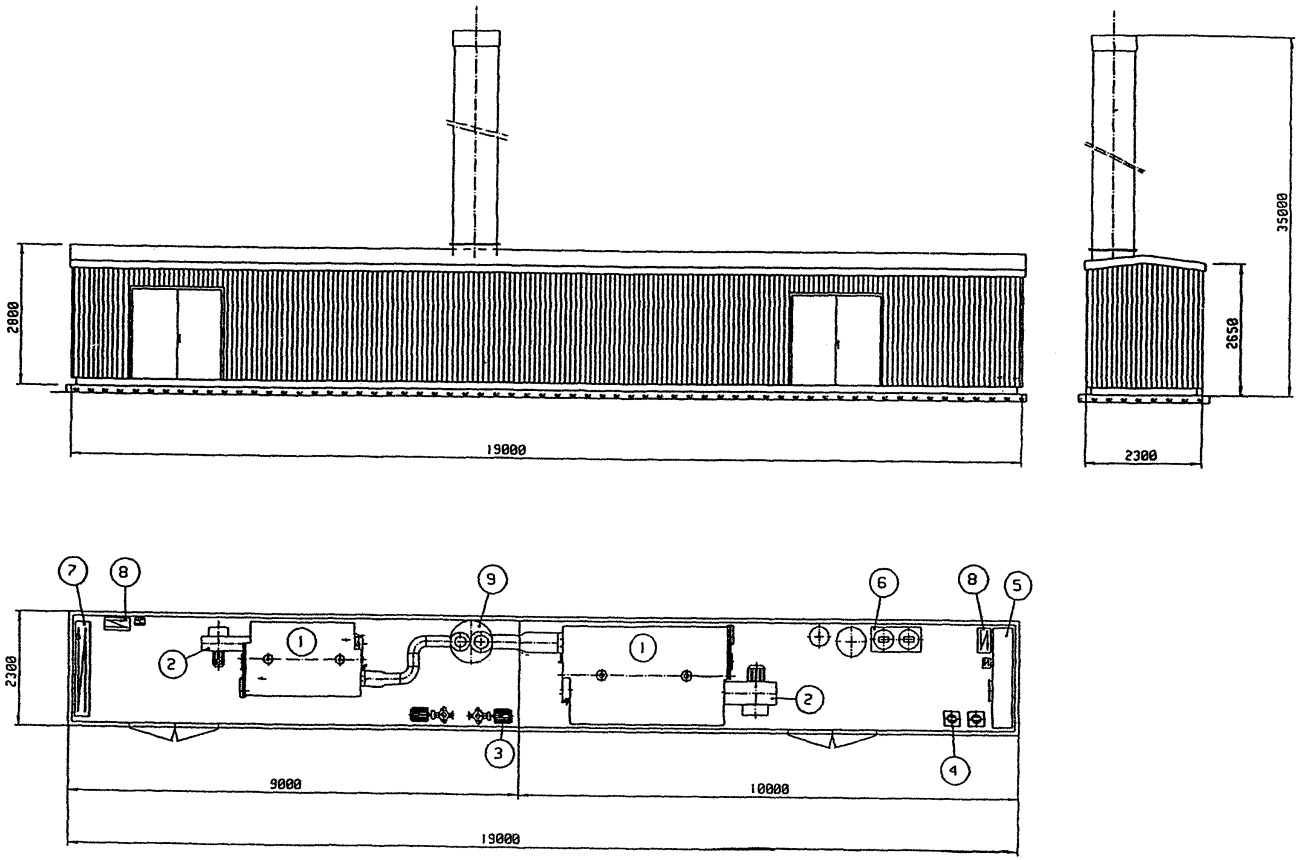


Рисунок 9.1. Планировка котельной, собранной из двух блоков

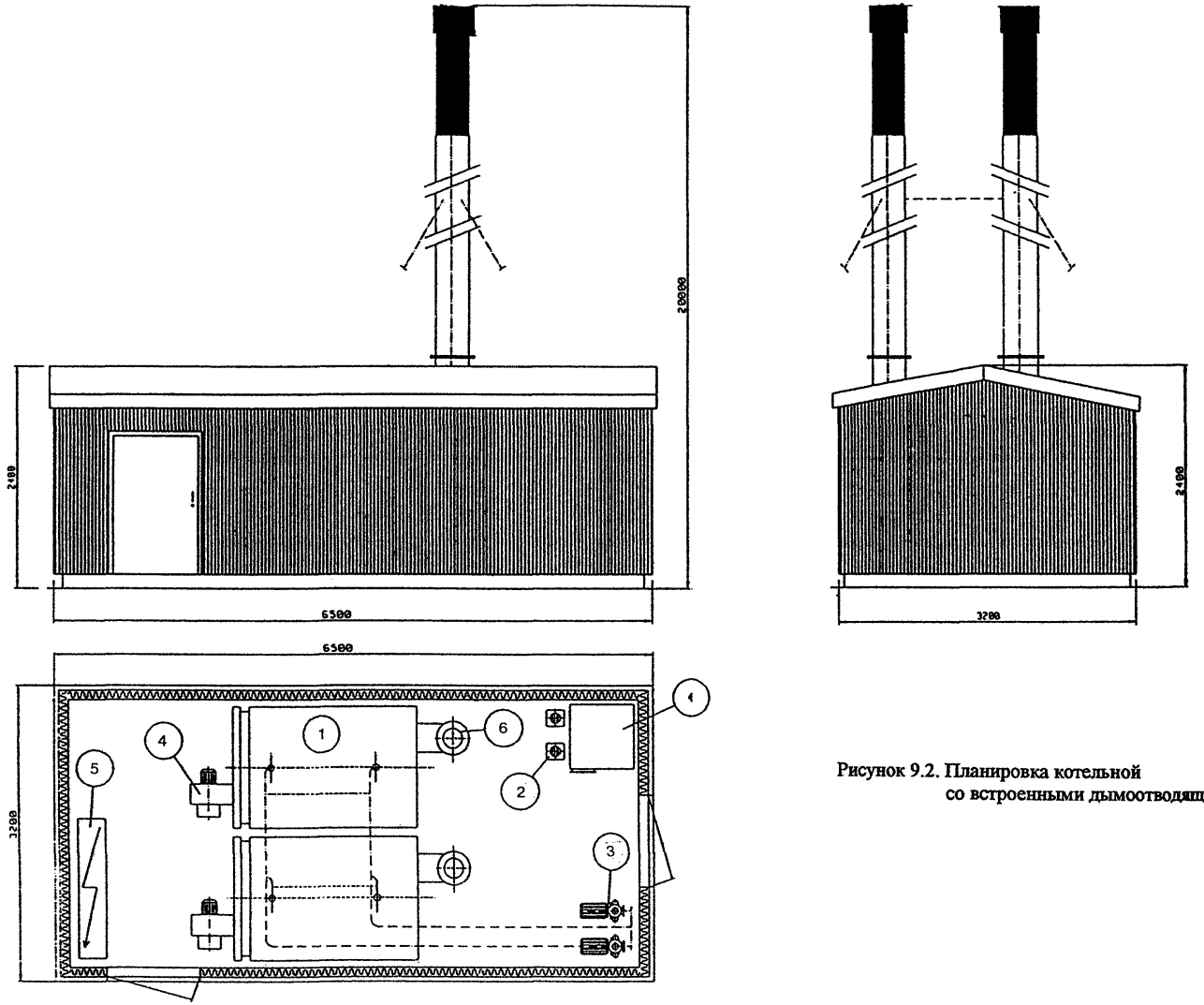


Рисунок 9.2. Планировка котельной
со встроенными дымоотводящими трубами

9.6. Реконструкции твердотопливных котельных для сжигания угля, торфа, горючих сланцев и древесных отходов

9.6.1. Краткое описание ВТКС и область применения

Для повышения экономичности, улучшения экологичности котлов и санитарно-гигиенических условий работы эксплуатационного персонала существующие твердотопливные котельные малой и средней мощности целесообразно перевести на функционирование в режиме высокотемпературного кипящего слоя (ВТКС).

Реконструкция может быть осуществлена в котельных с котлами ДКВР, КЕ, КВТС, а также с маломощными чугунными секционными и стальными сварными котлами («Братск», «Энергия», «Универсал», Е–1/9, КВР–1,5 и др.). Работа таких котельных характеризуется низкой экономичностью, с к.п.д. не более 60—70 % для средних котлов и менее 60% – для малых котлов, а также неудовлетворительными экологическими показателями и санитарно-гигиеническими условиями работы эксплуатационного персонала (в особенности для малых котлов).

Схемные решения и эффективность реконструкции определяются исходя из состояния котлов, наличия экономайзеров и вида топлива. В общем случае реконструкция котельных может включать:

оснащение существующих котлов новыми топками высокотемпературного кипящего слоя (ВТКС) и системами газоочистки;

замену старых котлов новыми, с топками ВТКС отечественного производства;

монтаж механических систем топливоподачи и шлакозолоудаления;

установку экономайзеров;

автоматизацию основных технологических процессов.

Схемное решение котельной с топками, имеющими высокотемпературный кипящий слой, обладает следующими особенностями.

Топка с высокотемпературным кипящим слоем оборудована узкой подвижной цепной наклонной колосниковой решеткой прямого или обратного хода, трубной панелью охлаждения, пластинчатым или винтовым питателем угля, дутьевыми зонами первичного воздуха, соплами вторичного дутья, воздушным эжектором возврата уноса .

Дутьевым вентилятором воздух в количестве примерно 50 % общего расхода подается в дутьевые зоны первичного воздуха, под колосниковую решетку через зазоры между колосниками, для создания кипящего слоя и организации процесса горения твердого топлива. Остальная часть воздуха поступает в сопла вторичного дутья для дожигания продуктов неполного сгорания (окислов углерода, серы, азота), а также в воздушный эжектор для возврата легких фракций твердого топлива, унесенных из топки.

Топливо сгорает в кипящем слое в основном в нижней части колосниковой решетки. Твердые очаговые остатки (шлак) оседают на решетке и затем удаляются в шлаковый канал. Газы вместе с мелкой фракцией топлива огибают поворотный экран. Несгоревшее топливо оседает в камере осаждения уноса и воздушным эжектором возвращается в топку на дожигание. Газы поступают в конвективный пучок труб и, охлаждаясь в нем, – в систему газоочистки, а далее дымососом удаляются в дымовую трубу.

Панель охлаждения обеспечивает эффективный отвод теплоты от «кипящего слоя», снижает его температуру и охлаждает решетку. Охлаждение решетки создает условия для ее надежной и бесшлаковочной работы.

Топка ВТКС может устойчиво работать на рядовом влажном угле, горючих сланцах, торфе и древесных отходах. Крупные куски топлива размером более 30 мм, которые не могут подниматься воздухом, горят прямо на решетке и вместе со шлаком удаляются из топки.

При работе котлов по технологии высокотемпературного кипящего слоя используется гравитационный способ подачи топлива на решетку и упрощенные конструкции питателей, обеспечивающих надежную топливоподачу.

Котел КВ-Ф-1.5-95-ВТКС конструкции ОАО «Кусинский машиностроительный завод», использующий горение в кипящем слое, состоит из трубных поверхностей нагрева, механической топки высокотемпературного кипящего слоя, оборудованной узкой наклонной подвижной цепной колосниковой решеткой прямого хода с дутьевыми зонами первичного воздуха и удаления провала уноса, трубной панели охлаждения, пластинчатого питателя угля с соплом пневмозаброса, коллекторов вторичного дутья, бункера осаждения уноса с воздушным эжектором возврата уноса, рамы котла и рамы решетки.

Котел водогрейный КВ-Ф-1.5-95-ВТКС с топкой высокотемпературного кипящего слоя ТЛКС 0.3/3.0, золоуловителем БЦ 259 – (4х3), дымососом ДН – 9у1 с электродвигателем мощностью 15 кВт и вентилятором ВР-132-30-5.2-0.1 с электродвигателем АИР 112М2 мощностью 7,5 кВт предназначен для получения горячей воды с температурой 95°С, абсолютным давлением воды на входе не менее 6 кгс/см^2, используемой в системах отопления, горячего водоснабжения промышленного и бытового назначения, а также для технологических целей. Основные технические характеристики котла приведены ниже.

Основные технические данные КВ-Ф-1.5-95-ВТКС:

К.п.д. котла, %, не ниже	82
Теплопроизводительность номинальная, МВт	1,74
Расчетное (избыточное) давление воды на входе в котел, МПа (кгс/см^2), не менее	0,7 (7,0)
Абсолютное давление на выходе из котла, МПа (кгс/см^2), не менее	0,6 (6,0)
Температура воды на входе в котел, °С, не ниже	70
Температура воды на выходе из котла, °С, не более	95
Расход воды через котел, т/ч	60
Полный расход топлива (расчетное топливо – Кузнецкий уголь марки СС), кг/ч	420
Тип колосникового полотна	ленточный
Ширина колосникового полотна, мм	287
Расстояние между осями валов, мм	3070
Размер кусков угля, мм, не более	25±5
Влажность рабочая, %, не более	20
Зольность на сухую массу, %, не более	35
Коэффициент избытка воздуха за топкой при 100% нагрузке котла, не более	1,5
Потеря теплоты от химической неполноты сгорания, %, не более	0,5
Температура уходящих газов, °С	230
Температура наружной поверхности котла, °С, не более	45
Гидравлическое сопротивление котла, МПа, не более	0,25
Обмуровка топки	трехслойная кирпичная
Габариты котла, мм:	
длина	4700
ширина	2780
высота	4650
Скорость движения колосникового полотна, м/ч	0-40

9.6.2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

После реконструкции котельные работают на рядовых бурых углях с высокой влажностью – более 40%, зольностью – более 30%, низкой теплотворной способностью – менее 13-16 МДж/кг, горючих сланцах, торфе и древесных отходах, обеспечивая при этом:

эксплуатационный к.п.д. – 80-85% с экономией топлива в 20-35%;

снижение выбросов оксида азота – более чем 30% и выбросов летучей золы в два-три раза по сравнению с обычным слоевым сжиганием;

хорошие санитарно-гигиенические условия труда эксплуатационного персонала котельных и отсутствие ручного труда;

механизацию и автоматизацию основных рабочих процессов;

высокую надежность оборудования.

9.6.3. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ТВЁРДОТОПЛИВНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

При создании новой котельной целесообразна комплексная реализация проекта с оборудованием Кусинского машиностроительного завода (г. Куса Челябинской обл.)

Комплекс работ по реконструкции существующих котельных (проектирование, монтаж, наладка) целесообразно реализовывать с помощью специализированной организации, имеющей опыт обслуживания подобного рода установок (44 ССУ, Санкт-Петербург; тел. 166-07-95).

10. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

10.1. Область применения и принципиальные схемы

Теплонасосные установки (ТНУ) предназначены для снабжения теплом потребителей от источников низкотемпературного тепла путём его трансформации на более высокий температурный уровень.

В школьных зданиях тепловые насосы целесообразно применять для горячего водоснабжения, а также для панельно-лучистого или воздушного отопления отдельных помещений с греющим теплоносителем 60°С. При устойчивом дефиците тепла во внешнем источнике ТНУ могут применяться по специальной схеме как дополнительный теплогенератор в существующих системах отопления с использованием температурного потенциала обратной воды.

В состав ТНУ входят: тепловые насосы; системы циркулирующих теплопроводов, связывающих тепловые насосы с источником и потребителем тепла; дополнительный теплогенератор.

В качестве источника низкопотенциального тепла для ТНУ следует использовать условно-чистые сточные воды (от систем ГВС, плавательных бассейнов), грунт, поверхностные и подземные воды, вытяжной воздух, солнечные установки с абсорберами.

Отбор тепла от грунта может осуществляться с помощью горизонтального коллектора из пластмассовых труб, уложенных на глубине 1,5—2 м (рис. 10.1), а также вертикальных скважных теплообменников (рис. 10.2).

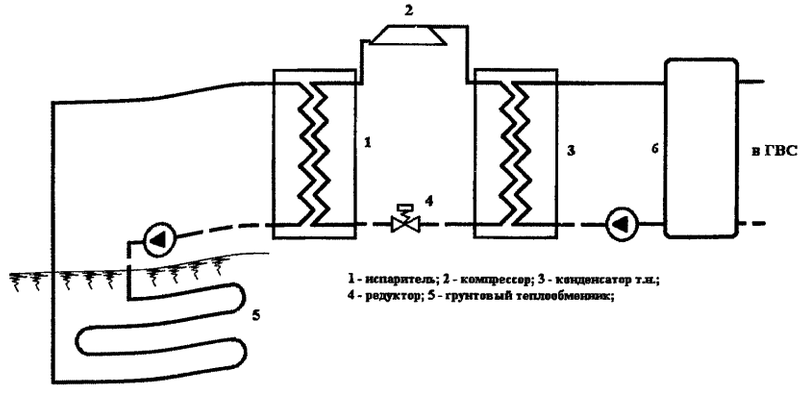


Рис. 10.1.

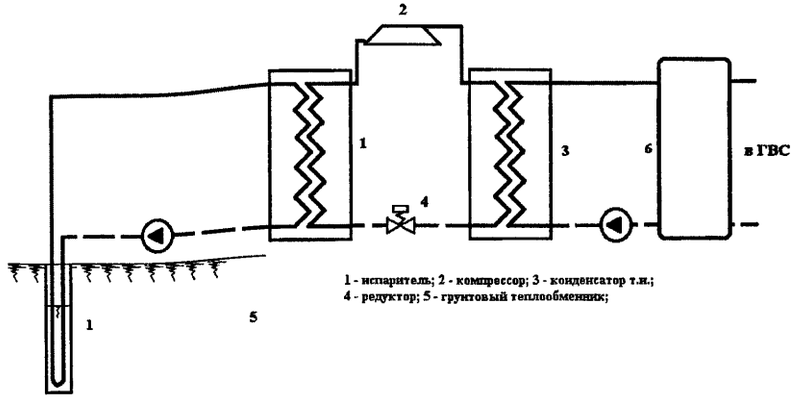


Рис. 10.2.

10.2. Оборудование ТНУ

В системах утилизации тепла мощностью до 500 кВт рекомендуются парокомпрессионные поршневые тепловые насосы на озонобезопасных хладонах R134-A, R142B и R22 (до 2030 г.), а также их зарубежные аналоги.

Характеристики парокомпрессионных поршневых компрессоров, выпускаемых отечественной промышленностью, работающих на хладонах R12 и R22, представлены в следующей таблице.

Характеристики парокомпрессионных тепловых насосов

НПФ «Тритон-Лтд» (Нижний Новгород)

Марка	Теплопроизводность, кВт ($t_к$ = 50°С, $t_о$ = 5°С)	Потребляемая мощность, кВт	Тип компрессора	Объем, описываемый поршнями компрессора, м³/с
НТПБ-35	35	11	2ФУУБС18	0,0228
НТПБ-60	60	20	ПБ-40	0,0289
НТПБ-80	80	26	ПБ-80	0,0578
НТПБ-150	150	50	П110	0,0835
НТПБ-300	300	90	П220	0,167

10.3. Эффективность применения ТНУ

Эффект применения ТНУ заключается в экономии годовых затрат на тепловую энергию за вычетом стоимости потребляемой на привод компрессора электроэнергии и издержек на ТНУ.

Основными характеристиками, определяющими технико-экономические показатели ТНУ, являются коэффициент преобразования μ_0, равный отношению теплопроизводительности к потребляемой компрессором мощности, и действительная объёмная холодопроизводительность q_{v0}., равная отношению теплового потока в испарителе (холодопроизводительности) к объёму, описываемого поршнями компрессора. Чем больше значения этих характеристик, тем меньше расход электроэнергии и мощность компрессора, а, следовательно, и выше эффективность применения ТНУ.

Графики зависимости μ_0 и q_{v0} от температур кипения $t_о$ и конденсации $t_к$ для отечественных поршневых бессальниковых и герметичных компрессоров представлены на рис.10.3, откуда видно, что эти характеристики имеют большие значения с увеличением температуры кипения и с уменьшением температуры конденсации. Поэтому при наличии нескольких источников низкотемпературного тепла предпочтение следует отдавать тем, у которых более высокая температура.

Расчёт технико-экономических показателей производят по теплопроизводительности и температурам источника тепла и горячей воды в такой последовательности.

Температуру кипения принимают обычно на 7-10°С ниже температуры источника тепла, а температуру конденсации – на 3-5°С выше температуры горячей воды на выходе из ТНУ. Затем по графикам определяют μ_0, q_{v0}.

По теплопроизводительности $Q_{тн}$ вычисляют:

эффективную мощность

$$N_e = \frac{Q_{тн}}{\mu_0}, \text{ кВт;}$$

холодопроизводительность:

$$Q_o = Q_{тн} - N_e, \text{ кВт,}$$

и объем, описываемый поршнями компрессора,

$$V_h = \frac{Q_o}{q_{v0}}, \text{ м}^3/\text{с.}$$

По этим значениям подбирают необходимый компрессор или агрегатированный тепловой насос.

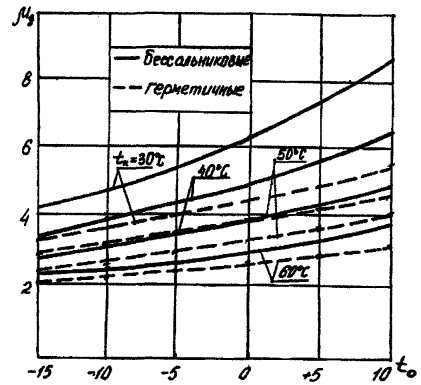
Далее определяют годовую выработку тепла, расход электроэнергии и их стоимость.

Капитальные затраты на тепловой насос ориентировочно можно оценить по средней удельной стоимости на 1 кВт теплопроизводительности, равной 50-100 у.е./кВт для отечественного и 200-300 у.е./кВт для импортного оборудования. Кроме того, рассчитывается стоимость вспомогательной системы получения и доставки низкопотенциального тепла (теплообменники, скважины, трубы, насос и др.).

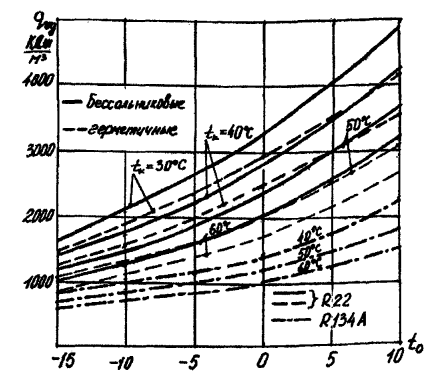
Годовые эксплуатационные затраты следует принимать в размере 5-8% от капитальных затрат.

Пример расчёта эффективности ТНУ для получения горячей воды с температурой 50°С от артезианской воды с температурой 10°С приведён в следующей таблице:

Показатель	Значение
Расчётная среднесуточная производительность, кВт	100
Температура кипения, °С	3
Температура конденсации, °С	53
Действительный коэффициент преобразования	3,8
Действительная объемная холодопроизводительность, кДж/м^3	2600
Эффективная мощность компрессора, кВт	26
Потребляемая мощность, кВт	28
Холодопроизводительность, кВт	74
Объем, описываемый поршнями компрессора, м^3/с	0,0285
Тип компрессора	ПБ-80
Стоимость теплового насоса, у.е.	7500
Стоимость скважины и трубопроводов распределения, у.е.	3500
Годовая выработка тепла, МВт.ч	480
Стоимость замещаемого тепла при цене 10 у.е. за 1 МВт.ч	4800
Годовой расход электроэнергии, потребляемой компрессором, МВт.ч	120
Стоимость электроэнергии при цене 10 у.е. за 1 МВт.ч	2400
Годовые расходы на эксплуатацию и текущий ремонт теплонасосной установки (5%), у.е.	550
Экономия годовых эксплуатационных расходов, у.е.	1850
Ожидаемый статический срок окупаемости, лет	5,9



Действительный коэффициент преобразования ПКТН на R22



Действительная объемная холодопроизводительность ПКТН

Рис. 10.3.

11. БАССЕЙНЫ

В настоящем разделе рассмотрены вопросы применения и проектирования учебно-спортивных и оздоровительных бассейнов в зданиях строящихся и реконструируемых школ.

11.1. Введение

Наличие бассейна в школе для обучения детей плаванию, проведению учебно-тренировочных занятий по физической культуре и спорту, с возможностью организации в них разнообразных досугово-оздоровительных мероприятий является сегодня неотъемлемой частью архитектурно-планировочные решений современных проектов строящихся и реконструируемых зданий школ.

11.2. Классификация бассейнов

Бассейн представляет собой комплекс сооружений и устройств, функционально связанных между собой и обеспечивающих необходимый установленный технологический режим. В комплекс бассейна входят: ванна бассейна, являющаяся основным сооружением и определяющая тип и назначение бассейна; станция водоподготовки, обеспечивающая очистку, обеззараживание, подогрев и подачу воды в ванну; вспомогательные помещения.

Бассейны классифицируют по назначению, конструктивным признакам, условиям эксплуатации, назначению, оборудованию, водному и тепловому режиму:

по назначению – спортивные демонстрационные, учебно-спортивные, оздоровительные, лечебные, комбинированные;

по конструктивным признакам – крытые, открытые. Ванну открытых бассейнов сооружают под открытым небом, а вспомогательные устройства и специальные помещения – в отдельном здании или павильоне;

по условиям эксплуатации – сезонные и круглогодичные;

по подаче воды на заполнение ванны бассейна – с забором воды из водопровода населенного пункта, с забором воды из природных источников (рек, морей, подземных вод);

по водному режиму – с оборотной (рециркуляционной) или прямоточной системой технологического водоснабжения, а также наливные (с одноразовым использованием воды);

по тепловому режиму – без подогрева воды и с искусственным подогревом.

Ванну крытых бассейнов размещают в одном здании со вспомогательными помещениями и устройствами.

Ванну открытых бассейнов сооружают с полным опиранием на грунт днища, а крытых с полным или частичным опиранием на опоры или сваи. Конструкция ванн на опорах позволяет обеспечить свободный доступ к её внешней поверхности для осмотра и ремонта и применить наиболее удобные варианты компоновки коммуникаций и оборудования.

Нормативные документы и методические разработки:

- СНиП 2.08.02-89*.Общественные здания и сооружения;
- Справочное пособие к СНиП 2.08.02-89. Проектирование бассейнов. – М.: Стройиздат, 1991;
- СНиП 2.04.01.-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий;
- СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения;
- СНиП 2.04.03.-85. Канализация. Наружные сети и сооружения;
- СанПиН 2.1.2.568-96. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды плавательных бассейнов;
- СанПиН 4630-88. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения;
- ГОСТ 2874—82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством;
- Рекомендации по обеззараживанию воды, дезинфекции подсобных помещений и санитарному режиму эксплуатации купально-плавательных бассейнов, № 1229-75.

11.3. Основные характеристики бассейнов

Энергосбережение в реконструируемых и строящихся бассейнах во многом зависит от их размеров и пропускной способности (табл. 11.1).

Таблица 11-1

Размер и пропускная способность бассейнов различных видов

Виды бассейнов	Размеры ванны бассейна, м				Пропускная способность, чел/см	Площадь зеркала воды на 1 чел, м²
	Длина	Ширина	Глубина			
			в мелкой части	в глубокой части		
Спортивные	50 25	21-25 8,5-16	Уклон дна – не менее 0,01		96-120 24-48	10,4-10,9 8,3-8,8
Оздоровительные	50 25 16-15	21-25 8,5-16 6,0-11,0	1,2 1,2 1,2	1,8 1,8 1,45	120-160 40-64 18-48	8-7,9 5,3-6,3 5,7-5,3
Детские Дети старше 14 лет	10-12,5	6	0,9	1,25	15	4-5
Дети 10-14 лет	10-12,5	6	0,8	1,05	15	4-5
Дети 7-10 лет	10-12,5	6	0,7	0,9	15	4-5
Дети 4-7 лет	10-12,5	6	0,6	0,85	15	4-5
Дети 1-4 лет	6-7	3	0,6	0,8	4-5	4

Глубина спортивных бассейнов принимается в зависимости от спортивного назначения бассейна (прыжки в воду, водное поло, спортивное плавание)

Время, отводимое на занятие в бассейне учебных и оздоровительных групп, обычно распределяют:

- время купания 1 чел. (планируемое) 30 мин.
- подготовка к воде (переодевание, душ) 15 мин.
- выход из помещений бассейна (душ, переодевание) 15 мин.
- общее время, отводимое на одну группу, 1 ч.

(Время, отводимое для занятий спортивных групп, определяется тренером.)

Время работы бассейна в сутки нормами не регламентировано. По опыту эксплуатации оно составляет 12-14 ч (с 8-20 или с 8-22 ч).

11.4. Основные пути ресурсосбережения в бассейнах

Энергосберегающие мероприятия в бассейнах школ можно разделить на технологическую модернизацию и организационные мероприятия, не требующие значительных капиталовложений.

Технологическая модернизация

Основные энергозатраты в бассейне связаны с нагревом воды до нормативной температуры (26-28°С) и созданием требуемых тепловлажностных параметров в помещениях бассейна, поэтому приоритетным направлением энергосбережения в бассейнах является снижение энергозатрат на нагрев подпиточной воды. Это достигается применением оборотной схемы водоснабжения бассейна.

Дополнительно значительное количество тепла позволяют экономить разработанные в последнее время установки для утилизации тепла (теплообменники, тепловые насосы, солнечные коллектора и т.д.). Их наиболее целесообразно использовать при реконструкции бассейнов для утилизации тепла сбрасываемых в канализацию технологических сточных вод, образующихся при удалении из ванны бассейна наиболее загрязненных слоёв воды у поверхности и дна, а также при промывке фильтров.

Архитектурно-планировочных решения, рациональные схемы вентиляции, тепловая изоляция ограждающих конструкций и остекление залов бассейнов позволяют снизить теплопотери.

Ресурсосбережению способствует применение новых конструкционных материалов (труб, изоляции) и применение новых технологий водоподготовки, основанных на применении современного оборудования и реагентов.

Разработанные в последнее время для бассейнов полимерные покрытия для поверхности воды позволяют существенно снижать теплопотери за счет испарения и теплообмена воды с воздухом в период его простоя.

Организационные мероприятия

При рациональном распределении времени, отводимого на занятия в бассейне, грамотной комбинации занятий, проводимых в воде и в тренировочном зале, можно снизить число одновременно купающихся учеников, вследствие чего уменьшить размеры бассейна, что существенно снижает капитальные и эксплуатационные затраты (в том числе и теплопотери за счет испарения и теплообмена).

11.5. Применение оборотной схемы водоснабжения бассейна

При реконструкции крытых бассейнов одним из наиболее эффективных направлений энергоресурсосбережения является замена общепринятой существующей проточной схемы водоснабжения бассейна на оборотную (рис. 11.1) или модернизация и усовершенствование рециркуляционной схемы с учётом возможностей современного оборудования.

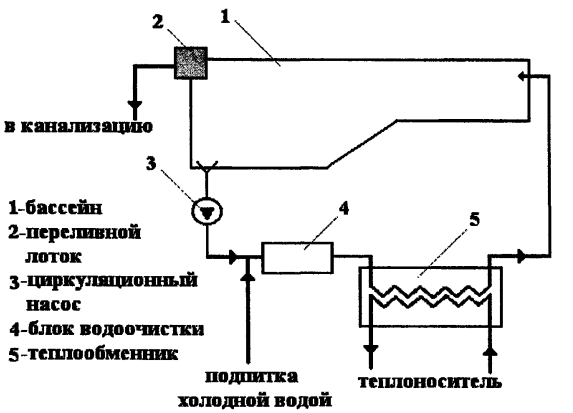


Рис. 11.1. Принципиальная схема оборотного водоснабжения бассейна

Широкое использование при строительстве бассейнов прямоточной схемы ранее объяснялось низкими капитальными затратами, связанными с отсутствием необходи-

мости устройства системы водоочистки (кроме мероприятий по обеззараживанию) и низкой стоимостью энергоресурсов и воды. Повышение стоимости энегоресурсов и воды привело к необходимости замены прямоточной схемы в связи с высоким энергопотреблением.

Согласно принятым в России нормам площадь зеркала воды на одного человека в учебно-оздоровительным бассейне составляет в среднем 5,5 $м^2$/чел. Требуемая тепловая мощность на первоначальный нагрев воды при условии заполнения бассейна в течение 48 часов, с учётом теплопотерь, составляет примерно 5 кВт/чел.

При эксплуатации бассейна с прямоточной схемой водоснабжения, с учетом нормированного водообмена (кратностью 2÷4), необходимая тепловая мощность на нагрев воды составляет 18,4-36,8 кВт/чел. В случае оборотной схемы водоснабжения, с учетом подпитки холодной водой, тепловая мощность снижается до 3,2-6,4 кВт/чел. Снижение требуемой мощности теплообменника при оборотной схеме связано с уменьшением разности температур воды, подаваемой в теплообменник для нагрева и в ванну бассейна.

Замена прямоточной схемы на оборотную дает следующие преимущества:

- значительное сокращение расхода тепла на нагрев воды;
- значительное сокращение (в 9 и более раз) потребления воды;
- снижение необходимой мощности теплообменного аппарата.

При оборотной схеме обязательным является установка блока водоочистки, включающего в себя следующие основные элементы:

- фильтр грубой очистки (волосоловку);
- фильтр осветлительный;
- установки для приготовления и дозирования реагентов;
- насосные агрегаты;
- трубопроводы с запорно-регулирующей арматурой;
- оборудование чаши;
- систему распределения воды в чаше;
- технологическую канализацию;
- теплообменный аппарат;
- КИП;
- ультрафиолетовую бактерицидную установку.
- компрессорную установку (воздуходувку).

При необходимости водоочистки в случае прямоточной схемы капитальные затраты на установку блока очистки воды, как правило, выше, чем при оборотной схеме.

В режиме подогрева воды при эксплуатации требуемая температура нагрева воды может регулироваться: задвижкой на байпасной линии циркуляционного трубопровода, изменением расхода теплоносителя или отключением одной секции теплообменников. Метод регулировки целесообразно окончательно установить в процессе пусконаладочных работ.

Капитальные затраты на монтаж оборотной системы водоподготовки бассейна зависят от его объема и составляют для школьных бассейнов (размером 25х12,5х1,5 м) от 20000 $.

Экономия тепла от замены прямоточной схемы на оборотную в таком бассейне может составить 5000–10000 Гкал/год, экономический эффект в этом случае составит от 10000 $ до 40000 $ в год.

Основные экономические показатели и сроки окупаемости рекомендуется рассчитывать по методике, изложенной в разделе «Оценка эффективности мероприятий по энергосбережению».

11.6.Утилизация тепла сбрасываемых вод

Значительная часть тепла, которая может быть использована, уносится вместе со сбрасываемыми в канализацию водами с температурой 24—26 °С. Это тепло может быть использовано прежде всего на подогрев подпиточной воды. Количество сбрасываемых вод зависит от принятой схемы водоснабжения. В случае прямоточной схемы оно равно 2—4 % объема бассейна в сутки (зависит от кратности водообмена), при

оборотной схеме это значение уменьшается до 5—7 % объёма бассейна в сутки. При любой схеме водоснабжения утилизация тепла сбрасываемых вод является одним из основных проводимых в бассейнах энергосберегающих мероприятий.

Тепло сбрасываемых вод может быть утилизировано при помощи теплообменников (рис.11.2). В схеме утилизации обязательно должен присутствовать бак-накопитель, предназначение которого – выравнивать неравномерный сброс воды от бассейна.

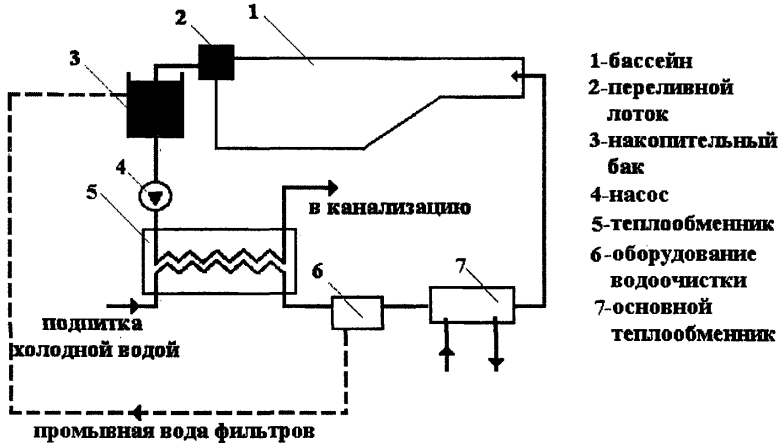


Рис. 11.2. Утилизация тепла сбрасываемых вод с помощью теплообменника

Другим способом утилизации тепла является использование теплового насоса (рис. 11.3), который позволяет повысить потенциал утилизируемого тепла.

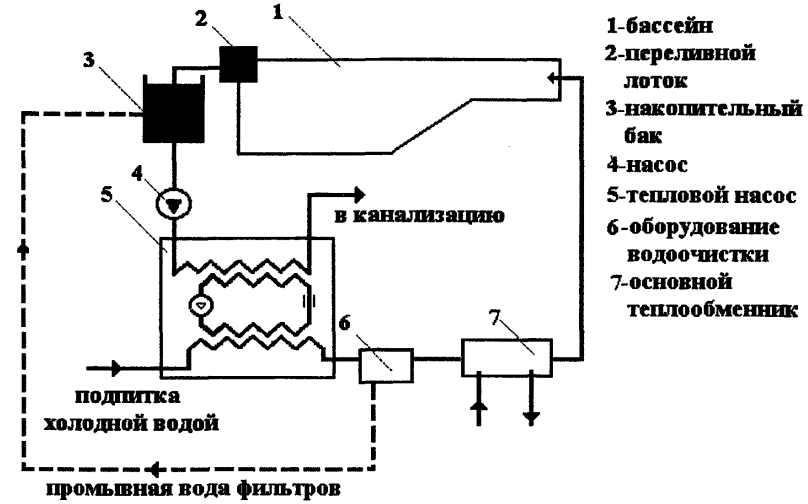


Рис. 11.3. Утилизация тепла сбрасываемых вод с помощью теплового насоса

По теплотехническим расчётам площадь теплообменника-утилизатора составляет примерно 4—6 м^2; стоимость таких теплообменников, с учётом монтажных работ, составит 1000—2000 $. Годовая экономия тепла – порядка 100—150 Гкал/год. Экономический эффект может составить 500-800 $ в год. В случае использования в качестве утилизатора теплового насоса экономический эффект может достичь 1500 $, однако его стоимость составляет 8000—10000 $.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенный в альбоме комплекс технических решений по реконструкции инженерных систем школьных зданий позволяет при его реализации достичь сокращения расхода топливно-энергетических ресурсов в 1,2÷1,8 раза при одновременном улучшении качества соблюдения параметров воздушной среды в обслуживаемых помещениях.

Технические и технологические решения ориентированы в основном на окупаемость в течение 0,5÷3 года. Кроме того, приведенный в альбоме перечень малозатратных и быстроокупаемых энергосберегающих мероприятий позволяет выбрать и спрогнозировать эффективность решений по реконструкции инженерных систем.

Помимо традиционных решений по энергосбережению разделы альбома позволяют принять решение о применения новых схем: теплонасосных установок, длинноволновых обогревателей, индивидуальных систем отопления и др.

Материалы альбома увязаны с рекомендациями по оптимальным режимам эксплуатации инженерных систем.

Реконструкция с учетом энергосбережения должна решаться для всего школьного здание в комплексе с его инженерными системами.

Окончательное решение должно приниматься на основе технико-экономического расчета.

Приложение 1. Трубопроводы

1. СТАЛЬНЫЕ ТРУБЫ

Стальные трубы предназначены для использования во всех санитарно-технических системах и до сих пор являются наиболее распространенным видом трубопроводов. Трубопроводы из стальных труб обладают высокой прочностью и жесткостью, достаточной долговечностью и коррозионной стойкостью. Позволяют выполнить все виды санитарно-технических систем и осуществить как открытые, так и скрытые прокладки трубопроводов.

Относительно низкая цена на нашем рынке водо-газопроводных труб, несмотря на высокую металлоемкость, делает системы отопления и водоснабжения с их использованием конкурентоспособными. Однако отсутствие на рынке труб диаметром меньше 15 мм снижает их конкурентоспособность в случае их применения для обвязок оборудования и подводок к санитарно-техническим приборам.

Соединение стальных трубопроводов и оборудования осуществляется либо на резьбе, либо на сварке. Монтаж трубопроводов на резьбе с использованием фитингов и сгонов очень трудоемок. Поэтому этот тип соединения обычно используется только в местах присоединения приборов и запорно-регулирующей арматуры для обеспечения возможности их замены.

Применение сварочных соединений требует наличия квалифицированных сварщиков и монтажников, а также сварочного оборудования. Использование гнутых отводов (поворотов) и наличие сварочных соединений ставит проблемы при вписании трубопроводов санитарно-технических систем из стальных труб в современные интерьеры, ограничивает их использование при плинтусной прокладке, хотя жесткость и прочность стальных трубопроводов имеет свои положительные значения при открытой прокладке внутри помещений.

Стальные трубы подвержены активной коррозии, и многолетний опыт использования показывает, что срок их эксплуатации за счет этого не превышает 10-15 лет.

Незаменимы стальные трубы и при прокладке трубопроводов в подвалах, технических подпольях и каналах или внутри монолитных конструкций.

Приоритетная область применения стальных трубопроводов – прокладка стояков и подвальной или чердачной разводки.

2. ПОЛИМЕРНЫЕ ТРУБЫ

Современный рынок насыщен полимерными трубами различных видов. Разные фирмы предлагают и «гарантируют нормальную работу трубопроводов» при высоких температурах. Однако в системах отопления рекомендуется использование деталей и труб только следующих видов: из полиэтилена с усовершенствованной молекулярной структурой (ПЭС), полипропилена (ПП-3), хлорированного поливинилхлорида (ХПВХ), металлополимера (МП), которые отвечают санитарным нормам; причем, вводятся ограничения на температуру теплоносителя — не более 90°С и рабочее давление — до 1,0 МПа.

Обилие представляемых труб объясняется рядом причин.

• Принципиальное отличие полимерных труб от традиционных металлических – отсутствие процессов окисления материала трубы. Это справедливо для всех полимерных труб, и за счет этого фактора представители различных фирм декларируют исключительно долгий срок эксплуатации своих систем. Обычно в рекламе того или иного материала фирма гарантирует минимум 50 лет службы трубы. Это справедливо для тех случаев, когда трубы работают в штатном режиме (температура транспортируемой жидкости, давление находятся в допустимых диапазонах, внешняя среда не оказывает вредного влияния на материал трубы). При несоблюдении этих условий срок службы труб резко снижается. Трубы с допустимой температурой 70°С в сети отопления или горячего водоснабжения с температурой 90°-95°С прослужат в лучшем случае 7÷10 лет.

• Простота соединения и монтажа полимерных трубопроводов. Наибольшее распространение нашли два метода соединений – на клею и с помощью соединительных муфт. Оба метода настолько просты, что монтаж систем отопления с полимерными трубопроводами может осуществить любой человек, имеющий минимальные трудовые навыки. Это неоспоримое преимущество в ситуации, когда монтаж производится самостоятельно или часть отделочных работ уже сделана, при производстве ремонтно-восстановительных работ.

• Высокая гибкость трубопроводов позволяет прокладывать их в любых стесненных условиях, в скрытых каналах или специальных плинтусах.

Самым распространенным материалом для систем холодного водоснабжения является полиэтилен, однако его использование ограничено отсутствием на строительном рынке необходимой номенклатуры соединительных деталей.

Одним из наиболее распространенных материалов является сшитый полиэтилен. Большинство предлагаемых трубопроводов из сшитого полиэтилена может выдерживать температуру до 95°С при давлении 1,0 МПа, а при длительной эксплуатации – до 70°С. Кроме того, эти трубы обладают хорошей гибкостью.

Широкое распространение в системах холодного и горячего водоснабжения получили трубопроводы из полипропилена. Преимущество полипропилена в том, что его можно сваривать и потому использовать дешевые соединительные детали.

Для внутренних систем холодного и горячего водоснабжения используется наиболее теплостойкая разновидность – полипропилен-рандом-сополимер. Трубы делятся на три вида: PN 10 – для холодной воды (номинальное давление), PN 20 – для горячей воды и PN 25 – армированные алюминиевой фольгой для низкотемпературных систем отопления. Трубопроводы имеют широкий спектр конкурентоспособных качеств при температуре до 75°С, свыше которой преимущества становятся менее заметными.

Монтаж труб и соединительных деталей из полипропилена осуществляется при помощи контактной термической сварки раструбного соединения. Для соединения с металлическими трубами и запорной арматурой используются комбинированные детали из полипропилена с вкладышами из латуни или бронзы.

В случае применения трубопроводов из полипропилена следует использовать СП 40-101-96 «Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена «Рандом-сополимер».

Среди полимерных труб наибольшей популярностью пользуются металлополимерные трубы. Следует отметить ряд преимуществ этих труб:

• отсутствие присущего практически всем полимерным трубопроводам недостатка – кислородопроницаемости. Постоянное поступление кислорода внутрь трубы (в воду) способствует окислительным процессам и снижает срок службы оборудования санитарно-технических систем;

• металлический слой предопределяет практически полное отсутствие пластических (остаточных) деформаций при длительном во времени воздействии силовых напряжений при высоких температурах. Такие деформации свойственны большинству полимерных трубопроводов.

При использовании полимерных трубопроводов следует учитывать их особенности:

больший по сравнению с медными, а тем более стальными трубопроводами, коэффициент температурного расширения: 6-метровая медная труба, работающая при разности температур 80 °С удлиняется лишь на 6—7 мм, в то время как для пластиковых труб это удлинение может составлять 70—110 мм и более;

низкая поверхностная прочность полимерных трубопроводов – трубы легко протыкаются. Не следует прокладывать полимерные трубопроводы открыто и в легко доступных для школьников местах;

срок службы практически всех полимерных материалов резко снижается под действием ультрафиолета (прямого солнечного света), рентгеновского или любого другого ионизирующего излучения. Следует учитывать этот факт при необходимости открытой прокладки трубопроводов, а также при прокладке вблизи трансформаторов, печей СВЧ и т.д.;

до сих пор не разработаны эффективные методы защиты полимерных трубопроводов от грызунов. Следует с большой осторожностью использовать эти трубы в подвалах или скрытых каналах.

Приоритетная область использования полимерных трубопроводов – скрытая горизонтальная разводка внутри помещений, прокладка трубопроводов, например, внутри плинтусов; прокладка внутри монолитных конструкций, например, для напольного отопления.

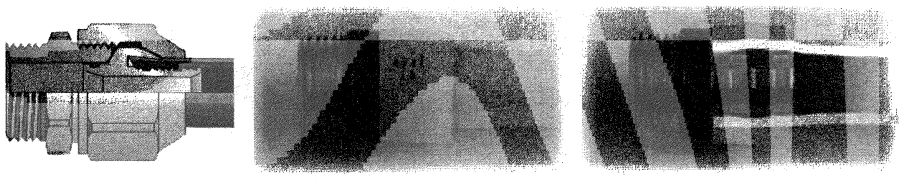


Рис. П.1. Различные варианты муфтовых соединений полимерных трубопроводов

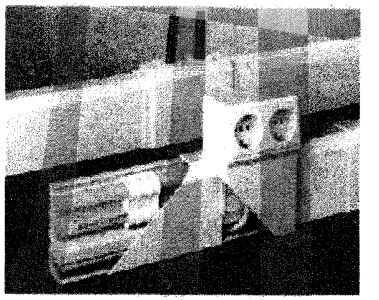


Рис. П. 2. Пример плинтусной прокладки труб в специальном коробе

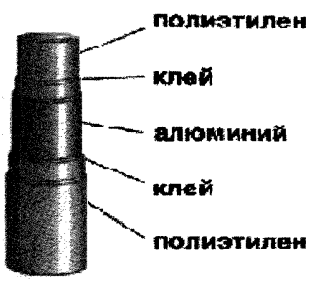


Рис. П. 3. Конструкция металлополимерных труб

Некоторые требования строительных нормативных документов к материалам и качеству трубопроводов

Для внутренних трубопроводов холодной и горячей воды следует применять пластмассовые трубы и фасонные изделия из полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида, полибутилена, металлополимерные, из стеклопластика и других пластмассовых материалов – для всех сетей водоснабжения, кроме раздельной сети противопожарного водоснабжения. Трубы для хозяйственно-питьевого холодного и горячего водопровода должны иметь разрешение (сертификат) для применения Госкомсанэпиднадзора России.

Для всех сетей внутреннего водопровода допускается применять медные, бронзовые и латунные трубы, фасонные изделия, а также стальные с внутренним и наружным защитным покрытием от коррозии (как правило, легкие стальные оцинкованные водо-газопроводные трубы по ГОСТ 3262—75*).

Трубопроводы систем отопления, теплоснабжения воздухонагревателей и водоподогревателей систем вентиляции, кондиционирования, воздушного душирования

и воздушно-тепловых завес следует проектировать из стальных, медных, латунных труб, термостойких труб из полимерных материалов (в том числе металлополимерных), разрешенных к применению в строительстве. В комплекте с пластмассовыми трубами следует применять соединительные детали и изделия, соответствующие применяемому типу труб. При этом стальные трубопроводы должны соответствовать требованиям таблицы:

Теплоноситель	Трубы с наружным диаметром, мм	
	до 60	свыше 60
Горячая вода	Электросварные по ГОСТ 10704-91 Легкие по ГОСТ 3262-75*	Электросварные по ГОСТ 10704-91 и ГОСТ 8732-78
Насыщенный пар	Электросварные по ГОСТ 10704-91 Обыкновенные по ГОСТ 3262-75*	

Примечания: 1. Толщину стенки трубы следует принимать минимальную по ГОСТу для расчетного диаметра трубы с учетом соединения на резьбе или сваркой.

2. Для трубопроводов при скрытой прокладке, а также для элементов системы отопления, встроенных в строительные конструкции зданий, следует применять трубы обыкновенные по ГОСТ 3262-75* или трубы со стенками такой же толщины по ГОСТ 10704-91.

3. Стальные электросварные трубы следует соединять сваркой.

Для систем отопления разрешены к применению трубы и детали, изготовленные из полиэтилена с усовершенствованной молекулярной структурой (ПЭС), полипропилена (ПП-3), хлорированного поливинилхлорида (ХПВХ), металлополимера (МП), которые отвечают санитарным нормам.

Трубы из полимерных материалов, применяемые в системах отопления совместно с металлическими трубами или с приборами и оборудованием, в том числе в наружных системах теплоснабжения, имеющими ограничения по содержанию растворенного кислорода в теплоносителе, должны иметь антидиффузный слой.

Прокладка пластмассовых труб для санитарно-технических систем должна предусматриваться преимущественно скрытой: в плинтусах, штробах, шахтах и каналах. Допускается открытая прокладка подводок к санитарно-техническим приборам, а также в местах, где исключается механическое повреждение пластмассовых трубопроводов.

Приложение 2. Тепловая изоляция

В системах отопления тепловой изоляции подлежат трубопроводы, прокладываемые в неотапливаемых помещениях, в местах, где возможно замерзание теплоносителя, в искусственно охлаждаемых помещениях, для обеспечивания температуры на поверхности изоляции не более 40°С. При необходимости трубопроводы изолируются также для предупреждения ожогов.

Не подлежат тепловой изоляции трубопроводы (стояки и подводки к отопительным приборам), тепло от которых поступает в отапливаемые помещения.

В системах горячего водоснабжения тепловую изоляцию необходимо предусматривать для подающих и циркуляционных трубопроводов, включая стояки, кроме подводок к водоразборным приборам.

Для других трубопроводов и оборудования тепловую изоляцию в обязательном порядке следует предусматривать при температуре на поверхности и их расположении:

в рабочей или обслуживаемой зоне помещений	более 35°С;
в рабочей или обслуживаемой зоне на открытом воздухе:	
при металлическом покровном слое	более 55°С;
для других видов покровного слоя	более 60°С;
за пределами рабочей или обслуживаемой зоны	более 75°С.

При этом температура на поверхности тепловой изоляции не должна превышать указанных выше температур.

Арматуру, фланцевые соединения, люки, компенсаторы следует изолировать, если изолируется оборудование или трубопровод, на котором они установлены.

Для теплоизоляционного слоя оборудования и трубопроводов при любом способе прокладки, кроме бесканальной, следует применять материалы и изделия со средней плотностью не более 400 кг/м^3 и теплопроводностью не более 0,07 Вт/(м·°С), при температуре 25°С и влажности, указанной в соответствующих государственных стандартах и технических условиях на материалы и изделия (для систем отопления – не более 0,05 Вт/(м·°С)).

Для теплоизоляционного слоя трубопроводов с положительной температурой при бесканальной прокладке следует применять материалы со средней плотностью не более 600 кг/ м^{3}и теплопроводностью не более 0,13 Вт/(м·°С) (при температуре материала 20°С и влажности, указанной в соответствующих государственных стандартах или технических условиях).

Конструкция тепловой изоляции трубопроводов при бесканальной прокладке должна обладать прочностью на сжатие не менее 0,4 МПа.

Для тепловой изоляции оборудования, трубопроводов и воздуховодов, как правило, следует применять полносборные или комплектные конструкции заводского изготовления, а также трубы с тепловой изоляцией полной заводской готовности. Для бесканальной прокладки трубопроводов следует использовать тепловую изоляцию, выполненную только в заводских условиях.

Для оборудования и трубопроводов, расположенных в помещениях (цехах) для хранения и переработки пищевых продуктов, следует применять теплоизоляционные материалы, не допускающие загрязнения окружающего воздуха. Под покровный слой из неметаллических материалов следует предусматривать установку сетки стальной из проволоки диаметром не менее 1 мм с ячейками размером не более 12х12 мм.

Следует ограничивать применение теплоизоляционных изделий из минеральной ваты, базальтового или супертонкого стекловолокна в помещениях с доступом школьников. В любом случае их применение допускается только в обкладках со всех сторон из стеклянной или кремнезёмной ткани и под металлическим покровным слоем.

Расчет минимальной толщины теплоизоляционного слоя производится:

- по нормированной плотности теплового потока через изолированную по-

верхность;

- по температуре на поверхности изоляции.

Ориентировочные значения толщины тепловой изоляции, соответствующей нормативной плотности теплового потока для трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения, открыто прокладываемых по чердакам и подвалам, приведены на рис. П. 4, П. 5.

Кроме того, толщина теплоизоляционного слоя конструкции должна быть:

• для трубопроводов систем отопления – не менее 10 мм;

• для других трубопроводов и поверхностей оборудования:

– при тепловой изоляции из неуплотняющихся материалов - 30 мм или равной минимальной толщине, предусматриваемой государственными стандартами или техническими условиями;

– при изоляции изделиями из волокнистых уплотняющихся материалов – 40 мм.

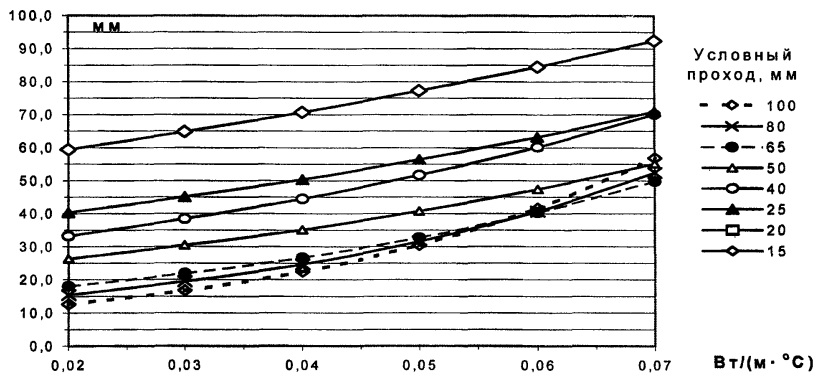


Рис. П. 4. Толщина тепловой изоляции для обратных трубопроводов систем отопления и циркуляционных трубопроводов горячего водоснабжения (для Центрального района при продолжительности работы трубопровода более 5000 ч/год)

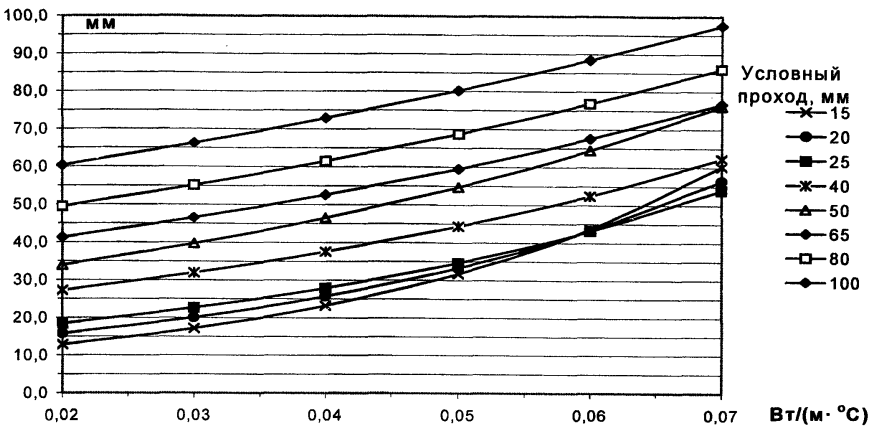


Рис. П. 5. Толщина тепловой изоляции для подающего трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения (для Центрального района при продолжительности работы трубопровода более 5000 ч/год)

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Оптимальная толщина тепловой изоляции определяется на основе оценки минимума приведенных затрат на 1 погонный метр трубопровода.

При сравнении вариантов за базовый вариант принимается:

• при рассмотрении вопроса замены существующей изоляции – существующая тепловая изоляция;

• при замене трубопровода – отсутствие тепловой изоляции (голый трубопровод).

Эксплуатационные затраты

При предварительном технико-экономическом анализе среди эксплуатационных затрат следует учитывать стоимость годовых потерь тепла и амортизационные отчисления.

Годовые потери тепла 1 погонного метра трубопровода в тепловой изоляции можно оценить по формуле:

$$И_{эт} = C_{тэ} q_{тр} n_{год} \quad ,$$

где $C_{тэ}$ – стоимость тепла;

$q_{тр}$ – удельные тепловые потери 1 погонного метра трубопровода при среднегодовых (средних за отопительный период) условиях эксплуатации. Ориентировочные значения тепловых потерь трубопроводов в изоляции представлены на рис. П. 6 - П. 9, тепловые потери трубопроводов без тепловой изоляции – в таблице П. 1;

$n_{год}$ – продолжительность эксплуатации трубопровода; для трубопроводов систем отопления – продолжительность отопительного периода; для трубопроводов системы горячего водоснабжения – время функционирования системы в году (при отсутствии данных 350 сут.).

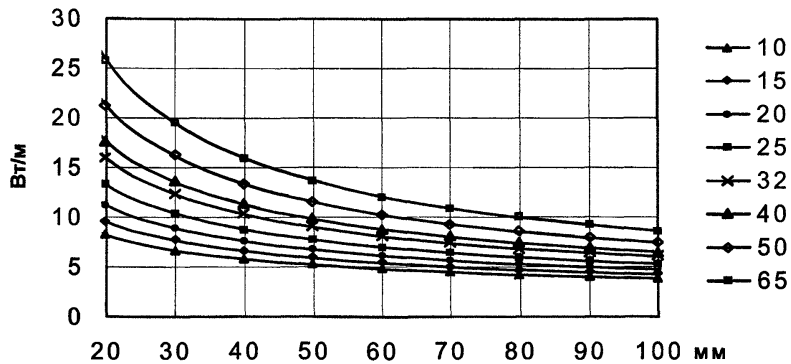


Рис. П. 6. Ориентировочные значение тепловых потерь для обратных трубопроводов систем отопления и циркуляционных трубопроводов горячего водоснабжения при коэффициенте теплопроводности тепловой изоляции 0,03 Вт/(м·°С)

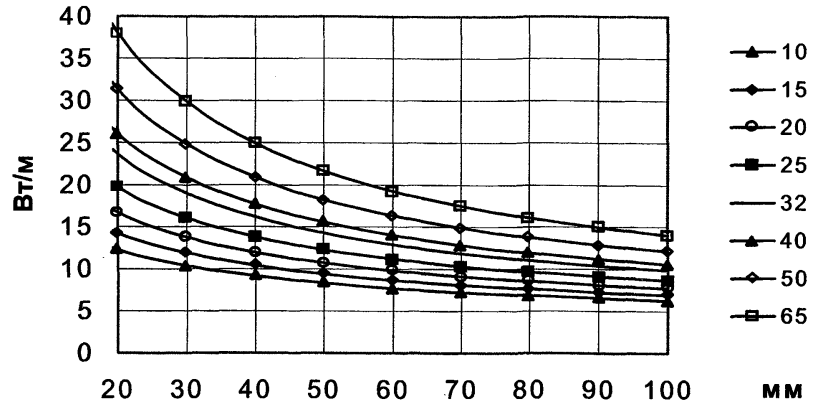


Рис. П. 7. Ориентировочные значение тепловых потерь для обратных трубопроводов систем отопления и циркуляционных трубопроводов горячего водоснабжения при коэффициенте теплопроводности тепловой изоляции 0,05 Вт/(м·°С)

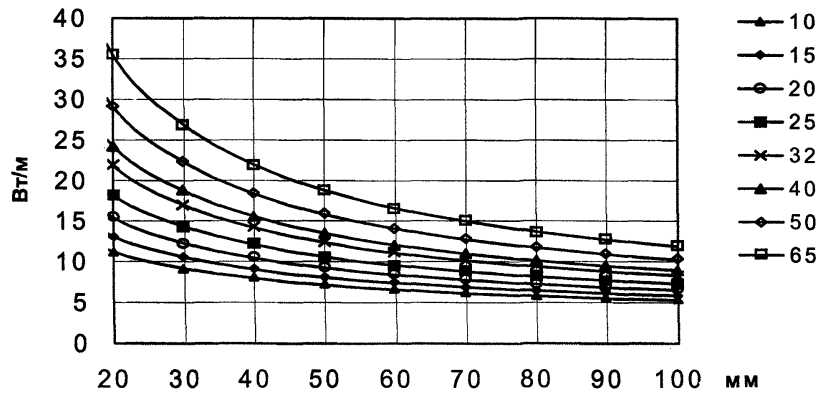


Рис. П. 8. Ориентировочные значение тепловых потерь для подающих трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения при коэффициенте теплопроводности тепловой изоляции 0,03 Вт/(м·°С)

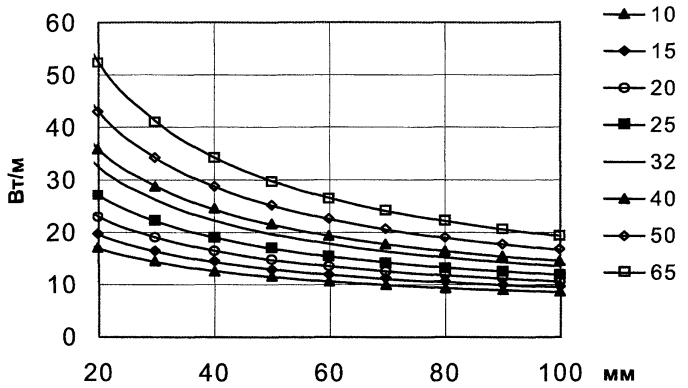


Рис. П. 9. Ориентировочные значение тепловых потерь для подающих трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения при коэффициенте теплопроводности тепловой изоляции 0,05 Вт/(м·°С)

Таблица П. 1

Диаметр трубопровода, мм	Тепловые потери трубопроводов без изоляции, Вт/м	
	Обратный трубопровод	Подающий трубопровод
15	18,1	25,9
20	24,2	34,6
25	30,2	43,2
40	48,4	69,1
50	60,5	86,4
65	78,6	112,3
80	96,8	138,2
100	121,0	172,8

Приложение 3. Оценка эффективности мероприятий по ресурсо-и энергосбережению в инженерных системах

Общие положения

Под ресурсо- и энергосберегающими мероприятиями понимаются новые технические решения, способы и методы производства на базе современных средств и орудий труда, обеспечивающих рациональное использование и экономию воды, тепла, топлива и других энергетических ресурсов.

Критерии оценки эффективности энергосберегающих мероприятий позволяют решить следующие задачи:

- произвести технико-экономический анализ и дать оценку эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий;
- выполнить финансовый анализ и оценку инвестиционной привлекательности рассматриваемых вариантов энергосбережения.

Технико-экономический расчет должен включать в себя определение как экономических (значения абсолютной экономической эффективности внедрения предлагаемых вариантов или сравнительной эффективности по отношению к базовому варианту), так и технологических показателей.

Экономические показатели эффективности ресурсо- и энергосберегающих мероприятий в инженерных системах

Мероприятия по энергосбережению направлены, в первую очередь, на снижение эксплуатационных затрат. Поэтому при проведении экономического анализа мероприятий по энергосбережению сложно, а в ряде случаев не удается вообще выявить влияние энергосбережения на увеличение прибыли и использовать показатели, основанные на анализе прибыли предприятия: чистый дисконтированный доход, индекс и внутреннюю норму доходности и ряд других. В этом случае мероприятия по энергосбережению относят к так называемым затратным и оценивают по экономическим критериям для затратных мероприятий.

Под затратными следует понимать мероприятия, предназначенные для обеспечения нормируемых параметров и по своей сути не предназначенных для получения прибыли. К их числу относятся процессы: обеспечения требуемых параметров микроклимата в помещениях (системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха), экологической чистоты производства (системы очистки и очистные сооружения) и ряд других.

Оценку эффективности инвестиций в затратные мероприятия следует производить по приведенным ниже показателям.

Полные приведенные (дисконтированные) затраты

Полные приведенные (дисконтированные) затраты вычисляются по формуле:

$$П = K_s + Э_s,$$

где $K_s = \sum_{t=0}^{T} \frac{K_t}{(1+E)^t} - \frac{K_л}{(1+E)^T}$ – суммарные приведенные (дисконтированные) капитальные вложения, руб;

$Э_s = \sum_{t=0}^{T} \frac{Э_t}{(1+E)^t}$ – суммарные дисконтированные эксплуатационные расходы, руб/год;

E – норматив приведения (дисконтирования);

K_t – капитальные вложения, платы за банковский кредит и другие виды инвестиционных вложений в денежном выражении, произведенные в t-ом году;

$Э_t$ – эксплуатационные затраты, произведенные в t-ом году;

t – год расчета;

T – горизонт расчета или период функционирования объекта инвестиций;

$K_л$ – ликвидная стоимость объекта – стоимость реализации остатков после ликвидации объекта (установки).

Для устранения влияния инфляционных процессов все расчеты следует производить в ценах базового года.

Значение норматива приведения (дисконтирования) определяется условиями финансирования проекта (процентной ставкой, с учетом финансового риска).

При оценке экономической эффективности мероприятий по энергосбережению в инженерных системах, инвестируемых из госбюджета, следует принимать $E = 0{,}15$.

При выборе варианта осуществления инвестиций наиболее выгодным считается тот вариант, у которого полные дисконтированные затраты минимальны.

Удельные затраты

Наряду с полными дисконтированными затратами может быть использован показатель удельных дисконтированных затрат:

$$П_{уд} = \frac{П}{S_{потр}},$$

где $S_{потр}$ – характеристика здания (например, объем, общая или полезная площадь здания, количество учащихся и т.д.).

Снижение полных дисконтированных затрат по сравнению с базовым вариантом

Допускается оценивать варианты инвестиций в затратные проекты по показателю снижения полных дисконтированных затрат по сравнению с базовым вариантом:

$$\Delta П_{s\,i} = П_{s_0} - П_{s_i},$$

где $\Delta П_{s\,i}$ – снижение полных дисконтированных затрат при внедрении i-ого варианта по сравнению с базовым;

$П_{s_0}$ и $П_{s_i}$ – полные дисконтированные затраты по базовому и i-ому вариантам.

В качестве базового варианта принимается инженерная система с общепринятым набором энергосберегающих мероприятий и технологий. В частном случае, за базовый может быть принят вариант, не включающий данное энергосберегающее мероприятие или технологию.

При сравнительном анализе одинаковые в базовом и рассматриваемом (i-ом) вариантах затраты можно не учитывать.

Статический срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

В том случае, когда суммарные дисконтированные капитальные вложения по i-ому варианту превышают суммарные дисконтированные капитальные вложения по базовому варианту, а среднегодовые эксплуатационные расходы по i-ому варианту наоборот, меньше чем по базовому варианту, – в этом случае используется показатель срока окупаемости дополнительных капитальных вложений.

Статический срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

Представляет собой отношение:

$$T_{ок\ ст} = \frac{\Delta K_s}{\Delta Э_{год}},$$

где $\Delta K_s = K_{s_i} - K_{s_0}$ – дополнительные капитальные вложения по i-ому варианту, руб;

$\Delta Э_{годо} = \Delta Э_{год\,0} - \Delta Э_{год\,i}$ – среднегодовая (постоянная) экономия эксплуатационных расходов при применении i-ого варианта по сравнению с базовым, руб/год.

Дисконтный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

В том случае, когда полные дисконтированные инвестиционные (капитальные) вложения по i-ому варианту превышают значения базового варианта, используется показатель динамического срока окупаемости дополнительных инвестиционных (капитальных) вложений $T^{д}_{ок}$. Его значение может быть высчитано по формуле:

$$T_{ок}^{д} = -\frac{\ln\left[1-\frac{\Delta K_s}{\Delta Э_s}\cdot\frac{(1+E)^T-1}{(1+E)^T}\right]}{\ln(1+E)},$$

где T - срок функционирования объекта или срок службы технологии (устройства, установки) мероприятия энергосбережения до реконструкции или замены на новую технологию.

При постоянном значении ежегодной экономии эксплуатационных затрат в период эксплуатации объекта формула примет вид:

$$T_{ок}^{д} = -\frac{\ln\left[1-\frac{E\Delta K_s}{\Delta Э_{год}}\right]}{\ln(1+E)}$$

(здесь все обозначения – аналогичны предыдущим).

Из формулы следуют предельные значения статического срока окупаемости, при превышении которых мероприятия становятся экономически неэффективными:

$$T_{ок\ ст} = \frac{K_s}{СГД} \le \frac{1}{E}.$$

Таблица П. 2. Предельные значения статического срока окупаемости

Значение коэффициента E	0,1	0,12	0,15	0,18	0,2	0,21
Предельные значения $T_{ок\ ст}$, лет	10,0	8,3	6,7	5,6	5,0	4,8

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Эффективность использования энергетических ресурсов можно оценить с помощью:

коэффициента полезного использования

$$\eta = Q_n / Q,$$

где Q, Q_n – энергетический ресурс, выработанный на источнике (подведенный к зданию в узле учета) и полезно использованный соответственно;

удельного расхода энергии (тепла) на единицу, характеризующую потребителя

$$q_{уд} = Q / S_{потр},$$

где $S_{потр}$ – характеристика потребителя (например, объем здания, общая площадь, количество обучаемых).

В качестве критерия эффективности теплопотребления зданием используются понятия:

уровень удельного энергопотребления на отопление, отнесенный к 1 градусо-суткам отопительного периода

$$q_o = \frac{Q_o^{год}}{A_{от}\cdot ГСОП},\ \text{Вт·ч/(м}^2\text{·°С·сут.)},$$

где $Q_o^{год}$ – годовой расход тепла на отопление здания, Вт·ч;

$A_{от}$ – отапливаемая площадь здания, м^2;

$ГСОП$ – градусо-сутки отопительного периода, (°С-сут.);

абсолютная экономия энергетических ресурсов

$$Q_{эк} = Q_ф - Q_н;$$

располагаемый резерв энергосбережения

$$Q_{рез} = Q_ф - Q_н,$$

относительная экономия энергетического ресурса

$$r = (q_н - q_ф)/q_н;$$

относительный перерасход энергетического ресурса

$$r_т = (q_ф - q_н)/q_н,$$

где $Q_н, Q_ф$ – требуемое (нормируемое) и фактическое обеспечение энергоресурсом;

$q_ф, q_н$ – фактические и нормативные удельные расходы ресурса;

коэффициент эффективности и качества ведения теплового режима

$$\varphi = \frac{\int_0^{T_{фун}} \min(L_{тр},\ L_{тр} + \Delta L)d\tau}{\int_0^{T_{фун}} \max(L_{тр},\ L_{тр} + \Delta L)d\tau},$$

где $L_{тр}$ – требуемое значение параметра энергоресурса (температура и др.);

ΔL – отклонение от требуемого значения параметра ресурса;

$T_{фун}$ – расчётный период функционирования системы (год, отопительный период);

$d\tau$ – текущее время.

Данный показатель учитывает степень автоматизации и качества наладки системы энергопотребления.

Приведённые выше критерии являются наиболее обобщёнными. При анализе могут использоваться и другие критерии. В то же время окончательное решение по применению энерго- и ресурсосберегающего мероприятия необходимо принимать на основании показателей экономической эффективности. Все остальные показатели являются вспомогательными и используются при необходимости.

СОСТАВ ЗАТРАТ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Состав и расчет капитальных вложений

В состав капитальных вложений включаются следующие расходы:

– стоимость приобретения, доставки, монтажа и пуска нового оборудования, сохранения (модернизации) существующих, демонтажа и реализации высвобождаемых и ликвидируемых элементов системы $K_{об}$;

– сопутствующие затраты, связанные с созданием или развитием систем газо-, водо-, электроснабжения и других, без которых невозможна реализация нового схемного решения $K_{сз}$;

– стоимость разработки проекта мероприятий, ТЭО $K_{пл.}$;

– выплаты по банковским процентам при использовании заемных средств $K_{б.п}$;

– выкуп оборудования при реализации лизинговых договоров $K_{л.д}$.

В составе дополнительных капитальных вложений учитываются:

– неамортизированная (остаточная) стоимость выбывающих из эксплуатации до истечения нормативного срока службы основных фондов – со знаком (+);

– выручка от реализации выбывших из эксплуатации основных фондов – со знаком (–).

Потребность в капитальных вложениях на приобретение, изготовление и внедрение энергосберегающей техники и технологии рассчитывается путем составления сметной калькуляции с помощью расчетно-аналитических методов по действующим на момент расчета рыночным ценам. В случае отсутствия на рынке определенного элемента его цена определяется по аналогам. Если используется элемент, не имеющий аналога, тогда его стоимость определяется экспертным методом или по ценам потенциального завода-изготовителя.

При отсутствии соответствующей информации допускается определение капитальных вложений приближенно, на основе укрупненных показателей или удельных капитальных вложений.

Состав и расчет эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты – это ежегодные текущие расходы, связанные с функционированием инженерных систем. Их размер зависит от норм потребления материальных, трудовых и энергетических ресурсов, действующих цен и тарифов.

При сравнении вариантов энергосберегающих мероприятий расчеты выполняются только по изменяющимся элементам затрат.

Проведение энергосберегающих мероприятий приводит обычно к изменению затрат по следующим элементам:

- топливо $И_т$;
- электроэнергия $И_э$;
- тепловая энергия $И_{эт}$;
- основная и дополнительная заработная плата с начислениями $И_{зп}$;
- сырье и материалы, за вычетом стоимости реализации отходов, $И_м$;
- вода $И_в$;
- другие ресурсы $И_{рес}$;
- амортизация основных фондов $И_а$;
- текущий ремонт $И_{тр}$;
- капитальный и аварийно-восстановительные ремонты $И_{ар}$;
- текущие выплаты по лизинговым договорам $И_{л.д}$;
- прочие производственные расходы $И_{пр}$.

Оценка величины каждой составляющей ежегодных расходов производится путем составления соответствующей сметы затрат. При предварительных укрупненных расчетах допустимо использование упрощенных соотношений.

Затраты на материалы подлежат расчету в тех случаях, когда сопоставляемые варианты различаются по составу, ценам и расходам основных и вспомогательных материалов, а также размерам используемых отходов. Величины затрат на материалы определяются по формуле:

$$И_м = \sum_{1}^{n} (q_{мi} C_{мi} - q_{oi} C_{oi}) Q_г ,$$

где $q_{мi}$ и q_{oi} – норма расхода и количества используемых отходов i-го материала;

$C_{мi}$ и C_{oi} – цена материала и отходов i-го материала;

$Q_г$ – годовой объем потребления ресурса.

Затраты на топливо, электроэнергию, воду, тепловую энергию и другие энергоносители устанавливаются на основе расчетной (фактической) потребности, с учетом степени использования и потерь этих ресурсов в технологическом процессе, а также сложившейся системы оплаты, цен и тарифов за единицу измерения соответствующего ресурса.

Затраты на топливо (тепло)

$$И_т = B_т C_т = b Q_г C_т ,$$

где $B_т$ – годовой расход топлива (тепла),

$C_т$ – цена единицы топлива (тепла);

b – удельный расход топлива (тепла) на единицу измерения, характеризующую потребителя (1 м^3 здания и др.).

Затраты на электроэнергию определяются по двухставочному тарифу:

$$И_э = W_т C_э + 12 N C_N = w Q_г C_э + 12 N C_N ,$$

где $W_т$ – расход электроэнергии;

$C_э$ – цена единицы электроэнергии;

N – установленная мощность электроприемников;

C_N – ежемесячная ставка основной платы за заявленную максимальную установленную мощность;

w – удельный расход электроэнергии на единицу используемого ресурса.

Затраты на воду

$$И_в = G_в C_в = q_в Q_г C_в ,$$

где $G_в$ – расход воды;

$C_в$ – цена единицы воды;

$Q_г$ – удельный расход воды на единицу используемого ресурса.

В приведенных формулах расходы топлива, электроэнергии, воды и других энергоносителей обосновываются с помощью специальных энерготехнологических

расчетов, с учетом применяемого оборудования, особенностей инженерных систем и других факторов. При определении фактической экономической эффективности энергосберегающих мероприятий эти расходы принимаются по результатам измерений.

Расчет затрат на амортизацию выполняется по основе данных о балансовой стоимости основных фондов, вводимых (используемых) по каждому варианту энергосберегающей технологии, и единых норм амортизационных отчислений:

$$Иа = 0{,}01\sum_{1}^{n} p_{ai} K_i ,$$

где p_{ai} – норма годовых амортизационных отчислений, %;

K_i – капиталовложения (балансовая стоимость) i-ой группы основных фондов.

Нормы годовых амортизационных отчислений принимаются по действующим нормативам, с учетом режима и условий использования основных фондов. Для элементов, не указанных в официальных материалах, нормы должны приниматься по аналогии. В случае отсутствия утвержденных норм амортизации они могут быть определены исходя из значения срока службы любого элемента технологической системы:

$$p_{ai} = \frac{E}{(1+E)^{T_{сл}} - 1} \times 100\% .$$

Без учета дисконтирования ($E = 0$), эта формула имеет вид:

$$p_{ai} = \frac{100\%}{E_{сл}}.$$

Значения норм амортизационных отчислений представлены в табл. П. 3.

Таблица П. 3

Значение коэффициента приведения (дисконтирования) E	Нормы амортизационных отчислений, %, при сроке службы оборудования и сооружений в годах							
	5	10	15	20	25	30	40	50
0,00	20,00	10,00	6,67	5,00	4,00	3,33	2,50	2,00
0,08	17,05	6,90	3,68	2,19	1,37	0,883	0,386	0,174
0,1	16,38	6,27	3,15	1,75	1,02	0,608	0,226	0,086
0,12	15,74	5,70	2,68	1,39	0,75	0,414	0,130	0,042
0,15	14,83	4,93	2,10	0,98	0,47	0,230	0,056	0,014
0,18	13,98	4,25	1,64	0,68	0,29	0,126	0,0240	0,0046
0,21	13,18	3,67	1,28	0,47	0,18	0,069	0,0103	0,0015
0,24	12,42	3,16	0,99	0,33	0,11	0,038	0,0044	0,0005
0,27	11,72	2,72	0,77	0,23	0,07	0,021	0,0019	0,0002

При определении срока службы оборудования или объекта используются два понятия:

– технический срок службы – физический или практический срок службы оборудования до полного износа;

– экономический срок службы – время, за которое оборудование морально устаревает.

Изменения в стандартах и правилах, ценах на энергию, требованиях к комфорту и т.д. могут привести к необходимости замены компонентов задолго до того, как они износятся в техническом отношении, поскольку на рынке появились новые и более эффективные компоненты. Например, у персонального компьютера (ПК Pentium) технический срок службы 7—10 лет, а экономический – максимум 3—5 лет. Через три года для эффективного использования появившегося программного обеспечения потребуется лучший ПК.

Ориентировочные значения технического и экономического срока службы для некоторых компонентов инженерных систем при внедрении мероприятий по энерго- и ресурсосбережению представлены в табл. П. 4.

Таблица П. 4. Технический и экономический срок службы

Компоненты	Технический срок службы [годы]	Экономический срок службы [годы]
Сооружение зданий	60	30
Изоляция	40	30
Окна	30	30
Уплотнение окон	5	5
Система отопления	25	15
Трубопроводы	30	15
Теплообменник (бойлер) для подогрева воды	15	15
Электрическая система отопления	30	15
Термостатические вентили и задвижки	15	10
Тепловые насосы	15	15
Нефтяные, жидко-топливные горелки	15	10
Расширительная система	20	15
Теплообменник с роторным колесом	10	10
Водяной / гликольный теплообменник	15	15
Воздуховоды, вентиляционные каналы	30	15
Автоматическое управление	15	10
Освещение	20	15
Водосберегающее оборудование	10–15	5–10

Для технико-экономических расчетов и оценок следует использовать экономический срок службы.

При расчетах ожидаемой экономической эффективности от внедрения энергосберегающей технологии допускается пользоваться укрупненными нормативами затрат на ремонт и обслуживание основных фондов. Нормативы отчислений на текущий и капитальный ремонты исчисляются в процентах либо балансовой стоимости, либо суммы амортизационных отчислений. В этом случае расчет выполняется по формуле:

$$И_{тр} = 0{,}01\sum_{1}^{n} p_{mpi} K_i = 0{,}01\sum_{1}^{n} p_{mpi} И_a ,$$

где p_{mpi} – норма годовых отчислений на текущий и капитальный ремонты по i-ой группе основных фондов,%.

Нормативы отчислений на некоторые виды зданий и оборудования представлены в таблицах П. 5. и П. 6.

Таблица П. 5. Нормативы отчислений на капитальный ремонт в % стоимости сооружения или оборудования

Сооружения или оборудование	Отчисления на капитальный ремонт в % стоимости
Здания 2-этажные всех назначений, кроме деревянных всех видов; здания одноэтажные с железобетонным и металлическим каркасами, со стенами из каменных материалов, крупных блоков и панелей, с железобетонными, металлическими и другими долговечными покрытиями, с площадью пола до 5000 м^2	1,4
Газопроводы:	
– стальные и сооружения на них (без учета оборудования газорегуляторных пунк тов)	0,8
– из неметаллических труб	0,6
Трубопроводы тепловых сетей стальные, работающие в условиях непроходных тоннелей с воздушным зазором (подвесная изоляция)	0,8
Оборудование котельных установок, работающих на малозольном твердом топливе	5
Вспомогательное силовое теплотехническое оборудование (оборудование топливоподачи, насосы, емкости и оборудование химической водоочистки, бойлерная установка с насосами, прочее общестанционное силовое теплотехническое оборудование)	7
Силовое электротехническое оборудование и распределительные устройства	2,9
Насосы центробежные водопроводные	6,83
Насосы канализационные	15,4
Оборудование ГРП в комплекте	0,6

Таблица П. 6. Затраты на текущий ремонт котельных

Теплопроизводительность котельной, Гкал/ч	Затраты на текущий ремонт, в % амортизационных отчислений
6 и выше	20
1,5 – 6	25
0,5 – 1,5	30
Менее 0,5	35

Затраты на текущий ремонт тепловых сетей принимаются в размере 2% сметной стоимости теплосети.

Усредненные значения отчислений на текущий и капитальный ремонт в % капитальных вложений для систем вентиляции составляют 9%, для систем водяного отопления с радиаторами 6% —и 4% — для систем с отопительными панелями, для систем горячего водоснабжения — 9%, систем воздушного отопления с механическим побуждением — 8%, для гравитационных системах —3,5%.

Затраты, связанные с выполнением аварийно-восстановительных работ, определяются только в том случае, когда сравниваются варианты с разной степенью эксплуатационной надежности (долговечности, ремонтопригодности и повреждаемости). Затраты на аварийно-восстановительные работы можно определить по формуле:

$$И_{ар}=C_a N_a,$$

где C_a – удельная стоимость аварийно-восстановительных работ с учетом ущерба от аварий, руб;

N_a – число аварий в год.

Средние затраты на ликвидацию одной аварии, с учетом стоимости ремонта и ущерба, определяются опытно-статистическим путем на основе анализа фактических затрат на аварийно-восстановительные работы. При отсутствии таких данных допускается затраты на аварийно-восстановительные работы рассчитывать по формуле:

$$И_{ар} = \sum_{1}^{n} И_{ai} \frac{k_{пфi}}{k_{пнi}},$$

где $И_{ai}$ – затраты на амортизацию i-ой группы (элемента) основных фондов;

$k_{пфi}$ и $k_{пнi}$ – коэффициенты, учитывающие фактическую и нормативную повреждаемость i-ой группы (элемента) системы.

Прочие или косвенные затраты включают расходы на содержание административно-управленческого персонала, амортизацию и текущий ремонт зданий и помещений, расходы на безопасность и охрану труда, стоимость содержания помещений и учитываются при необходимости.

Приложение 4. Годовые расходы тепла на отопление

Наименование республики, края, области и населенного пункта РФ	Отопительный период				Расход тепла на СО и СВ за отопительный период			
					на 1 кВт расчетных потерь		на 1 ккал расчетных потерь	
	Продолжительность n_o, сут.	Средняя температура наружного воздуха $t_{ср.o}$, °С	Расчетная температура наружного воздуха для отопления $t_{p.o}$, °С	Градусо-сутки отопительного периода	МДж/год	Гкал/год	МДж/год	Гкал/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Республика Адыгея								
Майкоп	154	+1,7	-19	2510	5861,7	1,400	6817,4	1,628
Республика Башкортостан								
Белорецк	232	-7,2	-34	5846	9714,0	2,320	11297,9	2,698
Стерлитамак	210	-7,1	-36	5271	8433,6	2,014	9808,7	2,343
Уфа	214	-6,6	-35	5264	8582,0	2,050	9981,3	2,384
Янаул	222	-6,8	-37	5506	8648,8	2,066	10059,0	2,402
Республика Бурятия								
Бабушкин	254	-5,8	-28	6045	11354,5	2,712	13205,9	3,154
Баргузин	239	-11,8	-42	7122	10256,0	2,449	11928,3	2,849
Багдарин	260	-14,1	-42	8346	12018,2	2,870	13977,9	3,338
Кяхта	232	-9,4	-35	6357	10362,8	2,475	12052,5	2,879
Нижнеангарск	260	-9,7	-33	7202	12201,0	2,914	14190,5	3,389
Сосново-Озерское	259	-11,1	-37	7537	11839,8	2,828	13770,3	3,289
Улан-Удэ	235	-10,6	-37	6721	10558,1	2,522	12279,6	2,933
Республика Горный Алтай								
Беля	222	-2,9	-23	4640	9777,5	2,335	11371,8	2,716
Горно-Алтайск	222	-8,7	-38	5927	9145,1	2,184	10636,3	2,540
Катанда	239	-9,8	-40	6644	9897,6	2,364	11511,4	2,749
Кош-Агач	260	-14	-46	8320	11232,0	2,683	13063,4	3,120
Онгудай	235	-8,9	-39	6322	9582,1	2,289	11144,5	2,662
Республика Дагестан								
Кумух	189	+0,3	-14	3345	9032,3	2,157	10505,1	2,509
Ингушская Республика								
Назрань	164	+0,4	-18	2886	6927,4	1,654	8056,9	1,924
Кабардино-Балкарская Республика								
Нальчик	170	-0,4	-18	3128	7507,2	1,793	8731,3	2,085
Республика Калмыкия								
Элиста	176	-1,8	-23	3485	7343,6	1,754	8541,0	2,040
Карачаево-Черкесская Республика								
Черкесск	175	0	-18	3150	7560,0	1,806	8792,7	2,100
Республика Карелия								
Медвежьегорск	251	-4	-31	5522	9736,8	2,325	11324,4	2,705
Олонец	238	-3,4	-29	5093	9362,8	2,236	10889,5	2,601
Петрозаводск	242	-3,3	-29	5155	9475,7	2,263	11020,8	2,632
Попов, остров	263	-3,5	-30	5655	10178,1	2,431	11837,7	2,827
Пудож	236	-4	-31	5192	9154,9	2,186	10647,6	2,543
Сортавала	235	-2,8	-25	4888	9821,5	2,346	11422,9	2,728
Республика Коми								
Воркута	299	-9,9	-42	8342	12012,6	2,869	13971,3	3,337
Ижма	264	-7,4	-42	6706	9656,1	2,306	11230,5	2,682
Печора	267	-8	-43	6942	9832,6	2,348	11435,9	2,731
Сыктывкар	244	-6,1	-36	5880	9408,6	2,247	10942,8	2,614
Усть-Уса	277	-7,9	-41	7174	10506,1	2,509	12219,2	2,918
Усть-Цильма	268	-7	-39	6700	10155,8	2,426	11811,7	2,821
Ухта	258	-7	-40	6450	9608,3	2,295	11175,0	2,669
Республика Марий Эл								
Йошкар-Ола	220	-6,1	-34	5302	8809,5	2,104	10245,9	2,447
Республика Мордовия								
Саранск	210	-4,9	-30	4809	8656,2	2,067	10067,6	2,405
Республика Саха (Якутия)								
Алдан	266	-13,1	-42	8273	11912,5	2,845	13855,0	3,309
Верхоянск	272	-25,2	-59	11750	13184,9	3,149	15334,7	3,662
Вилюйск	260	-18,8	-52	9568	11809,6	2,821	13735,3	3,280
Витим	256	-14,6	-51	8346	10450,1	2,496	12154,1	2,903
Генриетты, остров	365	-14,6	-40	11899	17725,4	4,233	20615,6	4,924
Мапуей, остров	328	-16,1	-45	11185	15339,2	3,664	17840,3	4,261
Мирный	267	-14,9	-48	8784	11499,4	2,746	13374,5	3,194
Мостах, остров	365	-13,2	-42	11388	16398,7	3,917	19072,6	4,555
Оймякон	275	-25,8	-60	12045	13342,2	3,187	15517,7	3,706
Преображения, остров	365	-13,7	-43	11571	16388,4	3,914	19060,6	4,552
Среднеколымск	281	-19,6	-51	10566	13230,0	3,160	15387,2	3,675

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тикси, бухта	365	-13,4	-44	11461	15971,5	3,815	18575,7	4,437
Якутск	254	-21,2	-55	9957	11784,5	2,815	13706,0	3,273
Республика Северная Осетия								
Владикавказ	175	-0,4	-18	3220	7728,0	1,846	8988,1	2,147
Республика Татарстан								
Казань	218	-5,7	-32	5167	8927,9	2,132	10383,6	2,480
Республика Тыва								
Кызыл	226	-16,6	-48	7820	10236,6	2,445	11905,7	2,843
Удмуртская Республика								
Ижевск	223	-6	-34	5352	8892,6	2,124	10342,5	2,470
Республика Хакасия								
Абакан	226	-9,5	-40	6215	9258,2	2,211	10767,8	2,572
Шира	235	-8,4	-38	6204	9571,9	2,286	11132,6	2,659
Чеченская Республика								
Грозный	164	+0,4	-18	2886	6927,4	1,654	8056,9	1,924
Чувашская Республика – Чаваш Республики								
Чебоксары	217	-5,4	-32	5078	8774,4	2,096	10205,2	2,437
Алтайский край								
Барнаул	219	-8,3	-39	5760	8730,5	2,085	10154,0	2,425
Бийск	222	-8,7	-38	5927	9145,1	2,184	10636,3	2,540
Змеиногорск	213	-7,3	-38	5389	8314,3	1,986	9670,0	2,310
Славгород	213	-9,7	-37	5900	9268,5	2,214	10779,8	2,575
Тогул	225	-8,1	-37	5873	9225,2	2,203	10729,4	2,563
Амурская область								
Белогорск	219	-12,6	-37	6701	10527,3	2,514	12243,8	2,924
Благовещенск	212	-11,5	-34	6254	10391,3	2,482	12085,6	2,886
Бомнак	241	-15	-42	7953	11452,3	2,735	13319,7	3,181
Зея	236	-14,2	-42	7599	10942,8	2,614	12727,1	3,040
Норский Склад	230	-14,9	-43	7567	10717,8	2,560	12465,5	2,977
Огорон	245	-13,6	-40	7742	11532,9	2,754	13413,4	3,204
Тында	254	-15,2	-42	8433	12143,2	2,900	14123,3	3,373
Унаха	254	-14,2	-42	8179	11777,5	2,813	13697,9	3,272
Архангельская область								
Амдерма	365	-7	-36	9125	14600,0	3,487	16980,6	4,056
Архангельск	251	-4,7	-31	5698	10046,6	2,399	11684,7	2,791
Бухта Тихая (Земля Франца-Иосифа)	365	-11,8	-40	10877	16203,0	3,870	18845,0	4,501
Войгач, остров	365	-6,4	-35	8906	14518,5	3,468	16885,8	4,033
Индига	298	-5,6	-33	7033	11914,4	2,846	13857,1	3,310
Котлас	237	-5,5	-34	5570	9253,9	2,210	10762,8	2,571
Мудьюг, остров	258	-3,6	-29	5573	10244,5	2,447	11914,9	2,846

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нарьян-Мар	285	-7,5	-37	7268	11416,6	2,727	13278,1	3,171
Нижняя Пеша	277	-6,4	-35	6759	11018,1	2,632	12814,7	3,061
Онега	248	-4,2	-31	5506	9707,8	2,319	11290,7	2,697
Северодвинск	255	-4,2	-31	5661	9981,8	2,384	11609,4	2,773
Астраханская область								
Астрахань	172	-1,6	-23	3371	7104,2	1,697	8262,6	1,973
Капустин Яр	185	-3,7	-26	4015	7883,0	1,883	9168,4	2,190
Белгородская область								
Белгород	196	-2,2	-23	3959	8343,3	1,993	9703,7	2,318
Брянская область								
Брянск	206	-2,6	-26	4244	8332,9	1,990	9691,6	2,315
Владимирская область								
Владимир	217	-4,4	-28	4861	9129,9	2,181	10618,5	2,536
Муром	212	-4,4	-29	4749	8729,7	2,085	10153,1	2,425
Волгоградская область								
Волгоград	182	-3,4	-25	3895	7825,8	1,869	9101,9	2,174
Калач-на-Дону	182	-3	-25	3822	7679,6	1,834	8931,7	2,133
Камышин	189	-4,5	-26	4253	8350,4	1,994	9711,9	2,320
Котельниково	179	-2,1	-24	3598	7401,4	1,768	8608,2	2,056
Вологодская область								
Вологда	228	-4,8	-31	5198	9166,2	2,189	10660,8	2,546
Тотьма	233	-4,8	-32	5312	9179,8	2,192	10676,6	2,550
Череповец	225	-4,3	-31	5018	8847,2	2,113	10289,8	2,458
Воронежская область								
Воронеж	199	-3,4	-25	4259	8556,8	2,044	9952,1	2,377
Еврейская автономная область								
Биробиджан	211	-10,3	-32	5971	10318,4	2,464	12000,9	2,866
Облучье	222	-12,3	-36	6727	10762,6	2,570	12517,5	2,990
Ивановская область								
Иваново	217	-4,4	-29	4861	8935,6	2,134	10392,6	2,482
Иркутская область								
Алыгджер	262	-6,7	-36	6471	10354,2	2,473	12042,6	2,876
Бодайбо	257	-13,9	-47	8198	10897,4	2,603	12674,3	3,027
Братск	245	-10,3	-43	6934	9820,6	2,345	11421,9	2,728
Иркутск	241	-8,9	-37	6483	10184,0	2,432	11844,6	2,829
Преображенка	258	-13,7	-50	8179	10391,6	2,482	12086,0	2,887
Слюдянка	255	-6,5	-28	6248	11734,4	2,803	13647,8	3,260
Тайшет	244	-8,5	-40	6466	9632,1	2,300	11202,7	2,676
Тулун	250	-9,5	-40	6875	10241,4	2,446	11911,3	2,845
Усть-Кут	254	-11,4	-46	7468	10081,3	2,408	11725,1	2,800

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Калининградская область								
Калининград	195	+0,6	-18	3393	8143,2	1,945	9471,0	2,262
Калужская область								
Жиздра	207	-3	-28	4347	8164,8	1,950	9496,1	2,268
Калуга	214	-3,5	-27	4601	8833,9	2,110	10274,3	2,454
Камчатская область								
Апука	294	-6,1	-29	7085	13025,1	3,111	15148,9	3,618
Лопатка, мыс	300	-1,2	-13	5760	16053,7	3,834	18671,3	4,459
Мильково	259	-9,4	-38	7097	10949,0	2,615	12734,3	3,041
Начики	277	-8,2	-36	7257	11611,8	2,773	13505,2	3,226
Никольское (о. Беринга)	291	+0,2	-11	5180	15432,2	3,686	17948,5	4,287
Петропавловск-Камчатский	259	-2,1	-20	5206	11836,6	2,827	13766,6	3,288
Усть-Камчатск	277	-5	-27	6371	12232,3	2,921	14226,9	3,398
Усть-Хайрюзово	279	-5,8	-31	6640	11708,4	2,796	13617,6	3,252
Кемеровская область								
Кемерово	232	-8,8	-39	6218	9424,6	2,251	10961,3	2,618
Киселевск	228	-8	-39	5928	8985,6	2,146	10450,8	2,496
Кондома	237	-8,4	-40	6257	9320,5	2,226	10840,2	2,589
Кировская область								
Киров	231	-5,8	-33	5498	9313,9	2,224	10832,6	2,587
Нагорск	239	-6	-34	5736	9530,6	2,276	11084,6	2,647
Савали	219	-6	-33	5256	8904,3	2,127	10356,2	2,473
Костромская область								
Кострома	224	-4,5	-31	5040	8886,9	2,122	10335,9	2,469
Чухлома	230	-4,7	-32	5221	9021,9	2,155	10493,0	2,506
Краснодарский край								
Анапа	143	+3,6	-13	2059	5739,2	1,371	6675,0	1,594
Армавир	159	+0,5	-19	2783	6497,5	1,552	7557,0	1,805
Краснодар	152	+1,5	-19	2508	5856,5	1,399	6811,5	1,627
Новороссийск	134	+4,4	-13	1822	5079,2	1,213	5907,4	1,411
Сочи	90	+6,4	-3	1044	4295,3	1,026	4995,7	1,193
Туапсе	113	+5,6	-7	1401	4842,5	1,157	5632,2	1,345
Красноярский край								
Ачинск	238	-7,9	-41	6164	9026,9	2,156	10498,8	2,507
Диксон, остров	365	-11,5	-41	10768	15768,0	3,766	18339,1	4,380
Дудинка	302	-14,6	-46	9845	13291,0	3,174	15458,2	3,692
Енисейск	245	-9,8	-46	6811	9194,9	2,196	10694,1	2,554
Игарка	289	-14,2	-48	9306	12182,1	2,910	14168,5	3,384
Канск	238	-9	-42	6426	9253,4	2,210	10762,3	2,570
Красноярск	235	-7,2	-40	5922	8821,7	2,107	10260,2	2,450
Минусинск	226	-9,5	-40	6215	9258,2	2,211	10767,8	2,572
Норильск	300	-14,3	-46	9690	13081,5	3,124	15214,5	3,634
Челюскин, мыс	365	-14,5	-41	11863	17371,5	4,149	20204,0	4,825
Курганская область								
Курган	217	-8,7	-37	5794	9101,7	2,174	10585,8	2,528
Курская область								
Курск	198	-3	-26	4158	8164,8	1,950	9496,1	2,268
Ленинградская область								
Выборг	227	-2,3	-24	4608	9479,5	2,264	11025,2	2,633
Санкт-Петербург	219	-2,2	-26	4424	8686,7	2,075	10103,2	2,413
Тихвин	227	-3,1	-29	4790	8804,9	2,103	10240,6	2,446
Липецкая область								
Липецк	199	-3,9	-27	4358	8367,6	1,998	9731,9	2,324
Магаданская область								
Анадырь	307	-11,3	-40	8995	13399,6	3,200	15584,5	3,722
Залив Креста	332	-8,7	-33	8864	15017,3	3,587	17466,0	4,171
Магадан	278	-9,6	-29	7673	14104,9	3,369	16404,8	3,918
Уэлен	365	-7,8	-36	9417	15067,2	3,599	17524,0	4,185
Ямск	282	-9,6	-36	7783	12453,1	2,974	14483,7	3,459
Московская область								
Дмитров	217	-3,8	-28	4731	8885,3	2,122	10334,1	2,468
Кашира	215	-4,1	-27	4752	9122,9	2,179	10610,4	2,534
Москва	213	-3,6	-26	4601	9034,3	2,158	10507,4	2,510
Мурманская область								
Апатиты	282	-5,3	-30	6571	11827,1	2,825	13755,6	3,285
Кандалакша	267	-4,1	-28	5901	11083,1	2,647	12890,2	3,079
Кировск	284	-4,7	-28	6447	12108,8	2,892	14083,2	3,364
Мончегорск	274	-4,7	-30	6220	11195,6	2,674	13021,2	3,110
Мурманск	281	-3,3	-27	5985	11491,8	2,745	13365,6	3,192
Печенга	270	-3,7	-26	5859	11504,9	2,748	13380,9	3,196
Полярный	272	-3,9	-23	5957	12552,9	2,998	14599,7	3,487
Нижегородская область								
Арзамас	211	-4,9	-31	4832	8519,9	2,035	9909,1	2,367
Нижний Новгород	218	-4,7	-30	4949	8907,5	2,127	10359,9	2,474
Новгородская область								
Новгород	220	-2,6	-27	4532	8701,4	2,078	10120,3	2,417
Холм	213	-2,3	-27	4324	8301,9	1,983	9655,6	2,306
Новосибирская область								
Барабинск	228	-9,6	-39	6293	9538,6	2,278	11093,9	2,650
Новосибирск	227	-9,1	-39	6152	9324,7	2,227	10845,1	2,590
Татарск	226	-9,3	-39	6170	9352,1	2,234	10877,0	2,598

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Омская область								
Омск	220	-9,5	-37	6050	9504,0	2,270	11053,7	2,640
Оренбургская область								
Бузулук	204	-6,5	-32	4998	8636,5	2,063	10044,8	2,399
Оренбург	201	-8,1	-31	5246	9250,3	2,209	10758,6	2,570
Шарлык	213	-7,1	-33	5346	9057,3	2,163	10534,1	2,516
Орловская область								
Орел	207	-3,3	-26	4409	8657,9	2,068	10069,6	2,405
Пензенская область								
Пенза	206	-5,1	-29	4759	8747,7	2,089	10174,1	2,430
Пермская область								
Бисер	250	-7,2	-35	6300	10270,2	2,453	11944,8	2,853
Оса	224	-6,8	-36	5555	8888,3	2,123	10337,6	2,469
Пермь	226	-6,4	-35	5514	8989,5	2,147	10455,3	2,497
Соликамск	235	-6,7	-36	5805	9287,2	2,218	10801,5	2,580
Приморский край								
Арсеньев	200	-8,6	-30	5320	9576,0	2,287	11137,4	2,660
Богополь	211	-4,7	-21	4790	10611,0	2,534	12341,2	2,948
Владивосток	201	-4,8	-24	4583	9427,5	2,252	10964,7	2,619
Дальнеречинск	205	-9,7	-31	5679	10012,7	2,391	11645,3	2,781
Лазо	201	-9,2	-32	5467	9447,3	2,256	10987,8	2,624
Лесозаводск	200	-9,7	-31	5540	9768,5	2,333	11361,3	2,713
Находка, бухта	202	-4	-20	4444	10104,3	2,413	11751,8	2,807
Преображение	213	-2	-17	4260	10516,1	2,512	12230,8	2,921
Терней	233	-3,9	-21	5103	11304,4	2,700	13147,7	3,140
Турий Рог	205	-8,2	-27	5371	10312,3	2,463	11993,8	2,865
Уссурийск	198	-8,3	-31	5207	9182,0	2,193	10679,2	2,551
Псковская область								
Псков	212	-2	-26	4240	8325,8	1,988	9683,4	2,313
Ростовская область								
Миллерово	187	-2,6	-25	3852	7740,2	1,849	9002,3	2,150
Ростов-на-Дону	175	-1,1	-22	3343	7219,8	1,724	8397,0	2,006
Таганрог	173	-0,8	-22	3252	7025,2	1,678	8170,7	1,951
Рязанская область								
Рязань	212	-4,2	-27	4706	9036,3	2,158	10509,7	2,510
Самарская область								
Самара	206	-6,1	-30	4965	8936,3	2,134	10393,4	2,482
Саратовская область								
Саратов	198	-5	-27	4554	8743,7	2,088	10169,4	2,429
Сахалинская область								
Долинск	232	-4,3	-24	5174	10642,8	2,542	12378,2	2,956
Кировское	248	-9,5	-36	6820	10912,0	2,606	12691,3	3,031
Парамушир, остров	290	-0,5	-13	5365	14952,8	3,571	17390,9	4,154
Уруп, остров	279	-0,3	-13	5106	14230,1	3,399	16550,4	3,953
Холмск	222	-2,3	-18	4507	10815,8	2,583	12579,4	3,004
Южно-Курильск	225	-0,4	-12	4140	11923,2	2,848	13867,3	3,312
Южно-Сахалинск	233	-4,3	-24	5196	10688,7	2,553	12431,6	2,969
Свердловская область								
Верхотурье	239	-7,3	-37	6047	9498,8	2,269	11047,7	2,639
Екатеринбург	228	-6,4	-35	5563	9069,1	2,166	10547,8	2,519
Нижний Тагил	238	-6,6	-36	5855	9367,7	2,237	10895,1	2,602
Смоленская область								
Вязьма	217	-3,5	-27	4666	8957,8	2,139	10418,4	2,488
Смоленск	210	-2,7	-26	4347	8535,9	2,039	9927,8	2,371
Ставропольский край								
Арзгир	166	-0,2	-22	3021	6525,8	1,559	7589,9	1,813
Кисловодск	179	0,4	-16	3150	8005,7	1,912	9311,1	2,224
Минеральные Воды	168	-0,6	-20	3125	7104,8	1,697	8263,3	1,974
Пятигорск	175	0	-18	3150	7560,0	1,806	8792,7	2,100
Ставрополь	169	+0,3	-19	2991	6985,1	1,668	8124,0	1,940
Тамбовская область								
Тамбов	202	-4,2	-28	4484	8422,9	2,012	9796,3	2,340
Тверская область								
Вышний Волочек	217	-3,3	-29	4622	8496,8	2,029	9882,2	2,360
Ржев	218	-3,5	-28	4687	8803,4	2,103	10238,9	2,445
Тверь	219	-3,7	-29	4752	8736,1	2,086	10160,6	2,427
Томская область								
Александровское	252	-9,9	-43	7031	9958,4	2,378	11582,1	2,766
Средний Васюган	244	-9,2	-41	6637	9719,0	2,321	11303,7	2,700
Томск	234	-8,8	-40	6271	9341,9	2,231	10865,2	2,595
Тульская область								
Тула	207	-3,8	-27	4513	8664,2	2,069	10076,9	2,407
Тюменская область								
Надым	283	-11,6	-40	8377	12478,5	2,980	14513,2	3,466
Салехард	285	-11	-42	8265	11901,6	2,843	13842,2	3,306
Сургут	257	-9,7	-43	7119	10083,2	2,408	11727,3	2,801
Тарко-Сале	277	-12,8	-46	8532	11517,7	2,751	13395,7	3,199
Тобольск	229	-8,4	-39	6046	9163,9	2,189	10658,1	2,546
Тюмень	220	-7,5	-37	5610	8812,8	2,105	10249,8	2,448
Уренгой	284	-13	-46	8804	11885,4	2,839	13823,4	3,302
Ханты-Мансийск	248	-8,2	-41	6498	9515,1	2,273	11066,6	2,643

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ульяновская область								
Ульяновск	213	-5,7	-31	5048	8901,1	2,126	10352,5	2,473
Хабаровский край								
Аян	274	-7,4	-28	6960	13071,9	3,122	15203,4	3,631
Комсомольск-на-Амуре	221	-11,2	-35	6453	10519,9	2,513	12235,3	2,922
Охотск	278	-10	-33	7784	13187,0	3,150	15337,2	3,663
Советская Гавань	241	-6,2	-27	5832	11197,8	2,674	13023,7	3,111
Хабаровск	205	-10,1	-31	5761	10157,3	2,426	11813,5	2,821
Челябинская область								
Магнитогорск	218	-7,9	-34	5646	9381,4	2,241	10911,1	2,606
Челябинск	218	-7,3	-34	5515	9164,0	2,189	10658,3	2,546
Читинская область								
Агинское	237	-10,8	-36	6826	10921,0	2,608	12701,7	3,034
Акша	236	-10	-34	6608	10979,4	2,622	12769,7	3,050
Александровский Завод	247	-13	-38	7657	11813,7	2,822	13739,9	3,282
Могоча	252	-14,1	-41	8089	11845,9	2,829	13777,4	3,291
Нерчинск	230	-15,1	-44	7613	10609,1	2,534	12339,0	2,947
Нерчинский Завод	235	-13,1	-41	7309	10702,6	2,556	12447,7	2,973
Чара	267	-15,6	-46	8971	12111,1	2,893	14085,9	3,364
Чита	238	-12,4	-38	7235	11162,9	2,666	12983,0	3,101
Ярославская область								
Ярославль	222	-3,8	-31	4840	8533,5	2,038	9924,9	2,370

Приложение 5. Годовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность и расчетные разности температур

Город (республика, край, область)	H_z, кВт.ч/м	Δt_R для типа СК		
		I	II	III
1	2	3	4	5
Астрахань	1365	38,31	20,15	11,77
Благовещенка (Алтайский край)	1284	28,3	11,22	3,34
Благовещенск (Амурская обл.)	1355	30,45	12,43	4,11
Борзя (Читинская обл.)	1345	29,2	11,3	3,05
Бузулук (Оренбургская обл.)	1182	28,42	12,7	5,44
Владивосток	1294	29,79	12,58	4,63
Волгоград	1314	36,07	18,59	10,52
Воронеж	1039	25,53	11,71	5,33
Гигант (Ростовская обл.)	1314	36,53	19,06	10,99
Донецк	1233	32,89	16,49	8,92
Екатериновка	1324	35,39	17,78	9,65
Ершов (Саратовская обл.)	1263	34,63	17,83	10,08
Ессентуки, (Ставропольский край)	1294	36,79	19,58	11,63
Иркутск	1182	29,35	13,63	6,38
Каменная степь (Воронежская обл.)	1111	27,37	12,6	5,77
Курск	1029	24,97	11,28	4,97
Кызыл (Тыва)	1375	34,66	16,37	7,93
Мангут (Читинская обл.)	1345	33,33	15,44	7,18
Махачкала	1345	36,09	18,2	9,95
Нахичевань	1783	45,87	22,16	11,21
Новосельское (Приморский край)	1375	36,76	18,48	10,03
Омск	1131	23,85	8,81	1,86
Петропавловск- Камчатский	1090	28,43	13,94	7,25
Самара	1172	27,6	12,01	4,81
Саратов	1233	30,66	14,26	6,69
Сковородино (Амурская обл.)	1233	28,83	12,43	4,86
Сочи	1365	39,07	20,92	12,53
Судак (Дагестан)	1498	40,01	20,09	10,89
Улан-Удэ	1233	27,06	10,55	3,09
Уссурийск	1386	32,75	14,31	5,8
Хабаровск	1365	31,17	13,02	4,64
Цимлянск (Ростовская обл.)	1284	35,77	18,59	10,81
Чита	1244	30,64	14,09	6,46

Формат 60x84 1/8. Тираж 400 экз. Заказ № 408 .

Государственное унитарное предприятие —
Центр проектной продукции в строительстве (ГУП ЦПП)
127238, Москва, Дмитровское ш., 46, корп. 2.

Тел/факс: (095) 482-42-65 — приемная.
Тел.: (095) 482-42-94 — отдел заказов;
(095) 482-41-12 — проектный отдел;
(095) 482-42-97 — проектный кабинет.

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ:

РААСН:

Научный руководитель работы, академик РААСН, д.т.н., профессор Булгаков С.Н.; консультант по архитектуре, академик РААСН, засл. арх. России Егерев В.С.

ГОСИНКОР

Научный консультант к.т.н. Фурманов Б.А.

ГУП «Мосгипронисельстрой»:

засл. строитель РФ, к.т.н. Бейрит А.Г.; к.т.н. Заренин В.А.; к.т.н. Мангушев А.И.; арх. Маслов В.И.; засл. строитель РФ, к.т.н. Мирошниченко А.С.; арх. Тархова Е.А.; арх. Ульяхина Л.Ф.; засл. экономист РФ, к.э.н. Устименко В.В.

Академический центр теплоэнергоэффективных технологий:

академик РААСН, д.т.н., проф. Чистович С.А.; член-корр. РААСН, д.т.н., проф. Аверьянов В.К.; Алексеев Н.Н.; Дроздова И.В.; Иоффе Л.С.; Коженов Ю.В.; Михайлов А.Г.; Миткевич О.А.; Пилипенко В.М.; д.т.н. Смирнов А.В.;Суровцев Н.В.; к.т.н. Тютюнников А.И.; д.т.н. Федоров А.Б.; Шутов А. С.; к.т.н. Юферев В.А.

gost.e-ecolog.ru

Утвержден и введен в действие приказом Госстроя России

от “ 29 ” декабря 2000 г. № 309