

Особенности проектирования систем энергоресурсоснабжения малых населенных пунктов

Системы энергоресурсоснабжения, такие как теплоснабжение и водоснабжение, по источнику делят на централизованные, снабжающие от одного источника большое количество потребителей, и местные (автономные). Автономные источники тепла; крышные, встроенные и пристроенные котельные, интегрированные в жилые, административно-бытовые и производственные здания, широко используются в отечественной и зарубежной практике развитых стран для теплоснабжения этих объектов вместо централизованного теплоснабжения.

Лекция 1. Введение. Общие сведения об автономных системах теплоснабжения.

В населенных пунктах, где нет возможности осуществить централизованное теплоснабжение от крупных источников теплоты потребность в тепле жилых и общественных зданий обеспечиваются от котельных. Такая система теплоснабжения называется автономной, а источник теплоты - автономной котельной.

Автономные котельные предназначены для обеспечения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения жилых и общественных зданий и технологических нужд промышленных предприятий. В автономных системах теплоснабжения в качестве теплоносителя для жилых кварталов используют горячую воду, а для промышленных предприятий - водяной пар. Горячая вода поступает к теплопотребителям и отдает свое тепло, а после охлаждения возвращается в котельную.

Автономные котельные оборудуются небольшими водогрейными или паровыми котлами общей тепловой мощностью до $3,5 \div 4,65$ МВт. Устройство отопительных автономных котельных регламентируется строительными нормами по проектированию котельных установок малой мощности. Если общая мощность автономных котельных, включая технологическую нагрузку, превышает $3,5 \div 4,65$ МВт, то они оборудуются более мощными котлами, с экономайзерами, комплексной механизацией подачи топлива, золоудаления и очисткой дымовых газов.

В автономных системах теплоснабжения предусматриваются котельные:

- вновь строящиеся или реконструируемые;
- отдельно стоящие (выносные), сблокированные (примыкающие к другим зданиям) и встроенные (располагаемые внутри здания).

Автономные котельные, как правило, делаются сблокированными или отдельно стоящими, закрытого типа, независимо от местных климатических условий. При установке не более четырех котлов, если позволяют грунтовые условия и рельеф местности, как исключение, котельные допускается устраивать в подвале одного из отапливаемых зданий.

Целесообразность строительства автономных систем теплоснабжения для жилых кварталов городов и поселков обосновывается технико-экономическими расчетами и сравнением вариантов проектных решений. Объективными предпосылками применения автономных (децентрализованных) систем теплоснабжения является:

- отсутствие в ряде случаев свободных мощностей на централизованных источниках;
- уплотнение застройки городских районов объектами жилья;
- кроме того, значительная часть застройки приходится на местности с неразвитой инженерной инфраструктурой;
- более низкие капиталовложения и возможность поэтапного покрытия тепловых нагрузок;

- возможность поддержания комфортных условий в квартире по своему собственному желанию, что в свою очередь является более привлекательным по сравнению с квартирами при централизованном теплоснабжении, температура в которых зависит от директивного решения о начале и окончании отопительного периода;

- появление на рынке большого количества различных модификаций отечественных и импортных (зарубежных) теплогенераторов - котлов малой мощности.

Любое современное здание - индивидуальный жилой дом или офисы оснащаются системой теплоснабжения, которая включает в себя, как правило, три составляющие:

- источник тепловой энергии;
- установки приготовления горячей воды;
- система отопления.



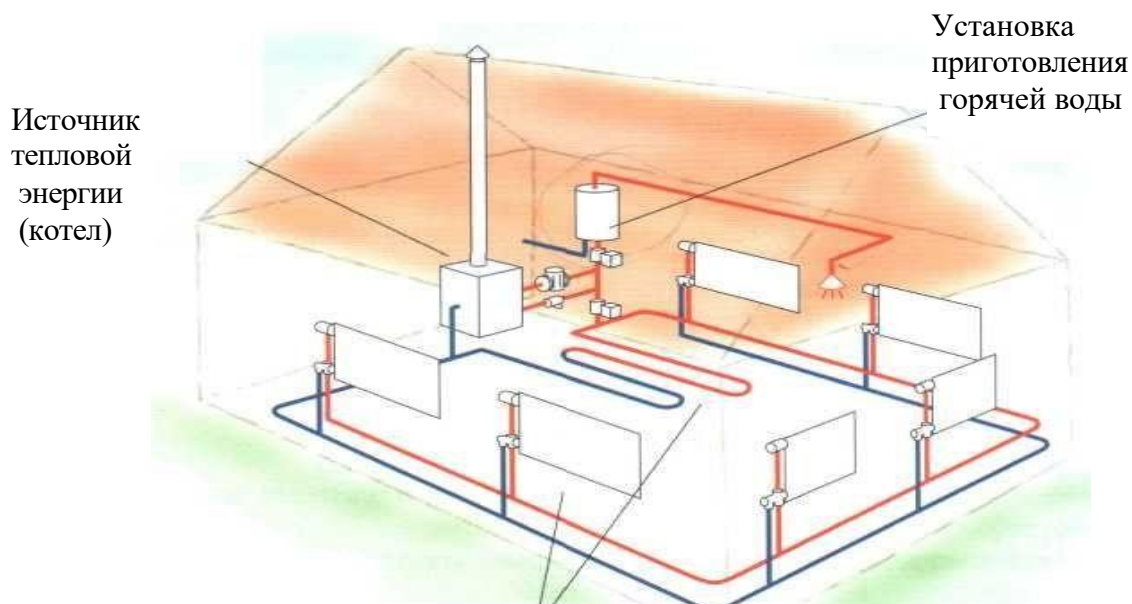
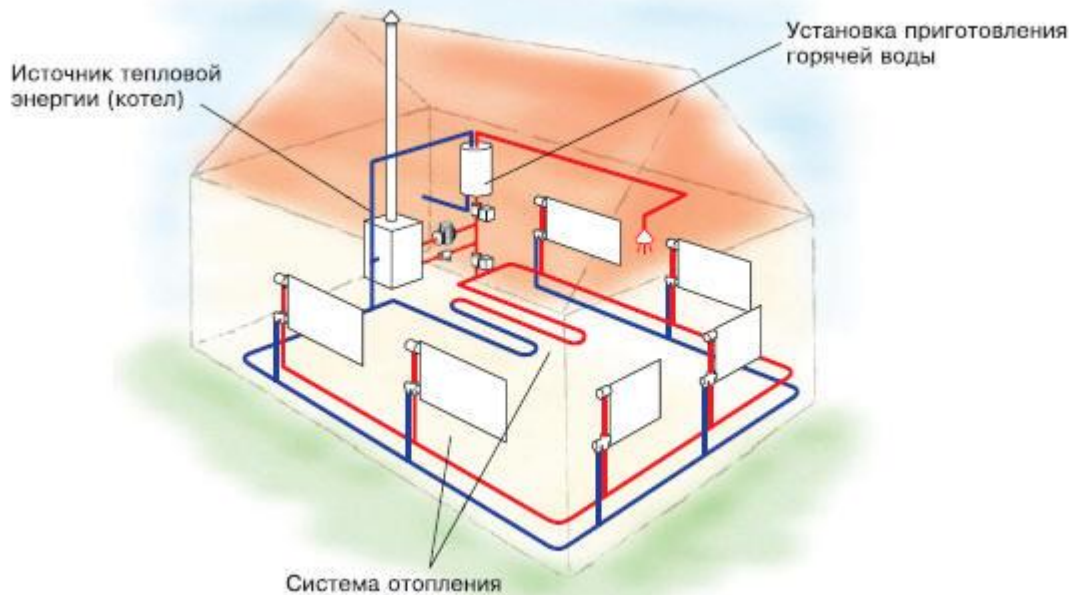


Рисунок 1.1. Автономная система теплоснабжения.

Строительство автономной котельной в подвале отапливаемого жилого здания допускается только для отдельно стоящего здания расположенного среди малоэтажных домов. Автономные котельные больничных зданий следует делать сблокированными или встроенными в хозяйственные корпуса. Устройство встроенных автономных котельных в лечебных зданиях не допускается. Встроенные котельные в зданиях детских яслей, детских садов и общеобразовательных школ допускаются для автономного теплоснабжения только тех зданий, в которые они встроены.

В небольших зданиях (мощность системы отопления до 15-25 кВт), котел выполняет только отопительную функцию (рисунок 1.2), в течение всего отопительного периода в систему отопления подается теплоноситель постоянной температуры. Горячее водоснабжение обеспечивается установкой индивидуальных газовых или электрических водоподогревателей. Теплогенератор – котел размещается на кухне, в отдельном помещении на любом этаже (в том числе чердачном или подвальном) или в пристройке. Основными элементами системы поквартирного отопления являются отопительный котел, отопительные приборы, системы подачи воздуха и отвода продуктов сгорания. Разводка выполняется с применением стальной трубы или современных теплопроводных систем — пластиковых или металлопластиковых.

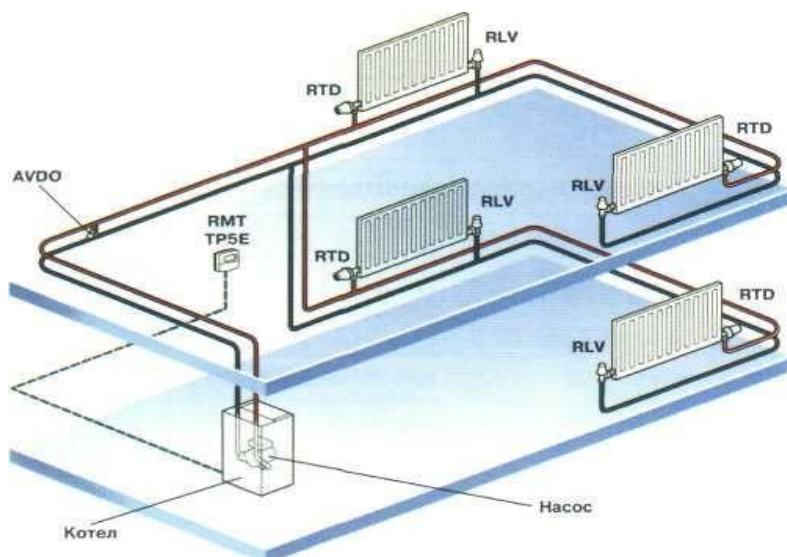


Рисунок 1.2.
Схема автономной
системы отопления

Если здание оборудовано системой отопления и централизованной системой горячего водоснабжения с емкостным водоподогревателем, с получением тепло от одного котла (рисунок 1.3), который обеспечивает постоянную температуру теплоносителя для обеих систем, то эти системы можно автоматизировать с помощью термостата. Среднюю температуру воздуха в здании поддерживает термостат, включая и выключая систему отопления по команде комнатного датчика, а также два раз в день «заряжает» теплом бак-аккумулятор горячей воды, обеспечивая ее температуру на заданном уровне с помощью устанавливаемого на баке термостата

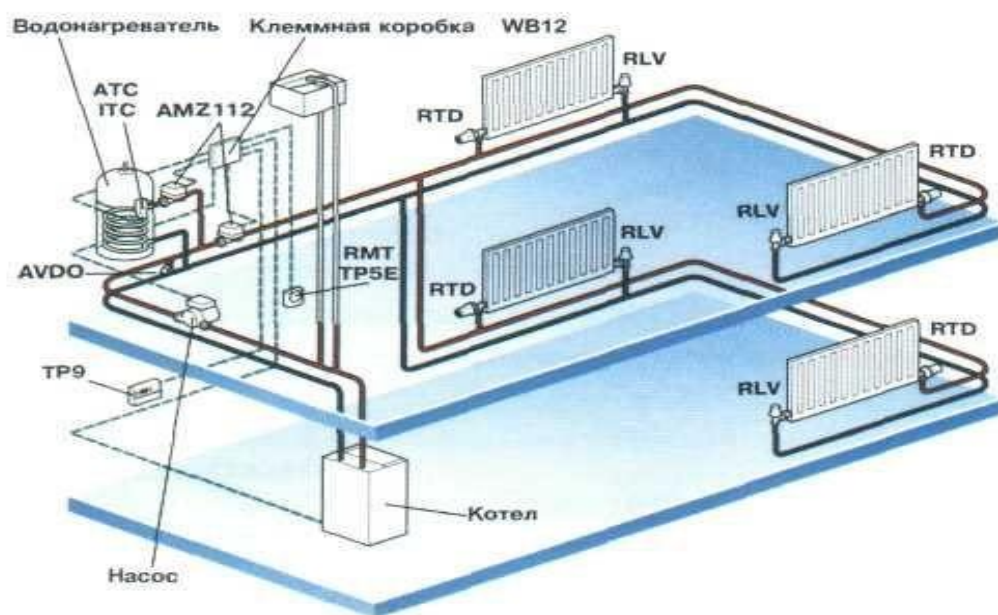


Рисунок 1.3. Схема автономных систем отопления и горячего водоснабжения

Наиболее распространенные схемы автономного (децентрализованного) теплоснабжения включает в себя: одноконтурный (рисунок 1.4) или двухконтурный (рисунок 1.5) котел, циркуляционные насосы для отопления и горячего водоснабжения, обратные клапаны, закрытые расширительные баки, предохранительные клапаны. При одноконтурном котле для приготовления нужд горячего водоснабжения применяется емкостной или пластинчатый теплообменник.

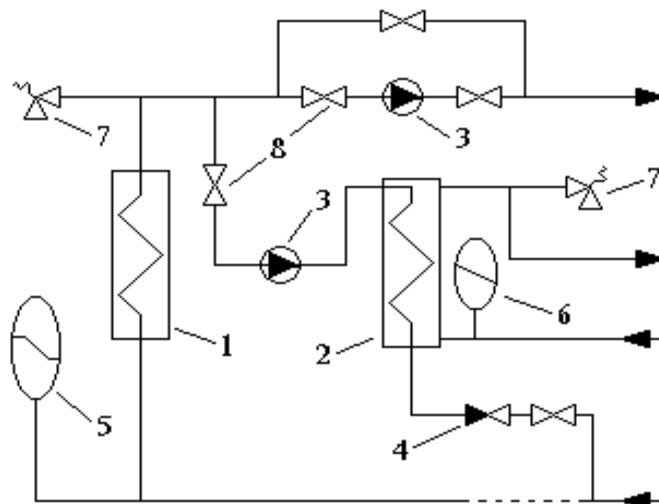


Рисунок 1.4. Схема автономного теплоснабжения квартир и индивидуальных домов одноконтурным котлом:

1- одноконтурный котел; 2- емкостной бойлер или пластинчатый теплообменник; 3- циркуляционные насосы для системы отопления и горячего водоснабжения(ГВ); 4- обратный клапан; 5- закрытый расширительный бак (экспанзомат) для системы отопления; 6- тоже для системы ГВ; 7- предохранительные клапаны.

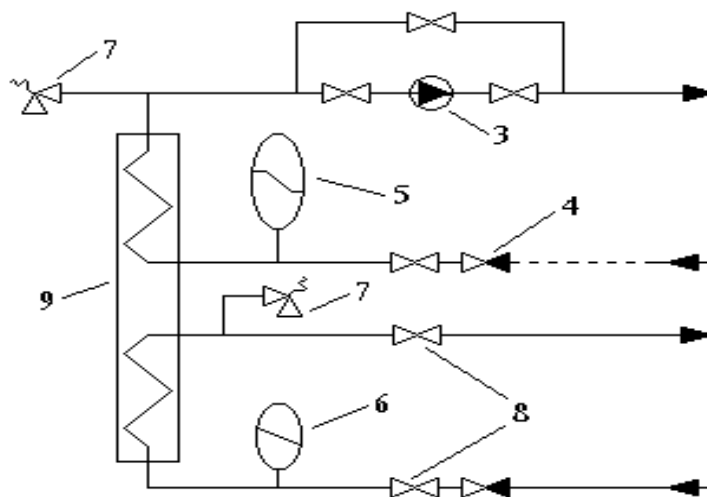


Рисунок 1.5. Схема автономного теплоснабжения квартир и индивидуальных домов двухконтурным котлом:

Обозначения те же что и на рисунке 1.4., за исключением 9- двухконтурный котел.

Требуемую температуру теплоносителя для отопления на заданном уровне обеспечивается с помощью автоматики котла, которая обычно входит в его комплектацию, либо осуществлять регулирование средней температуры воздуха в здании путем включения и отключения горелки котла по команде комнатного электрического термостата. Автоматизация котлов и узла приготовления теплоносителя для системы отопления не исключает необходимости установки на радиаторах автоматических терморегуляторов.

Для отопления зданий, расположенных в жилом районе или квартале, предусматривается строительство общей автономной котельной, которую целесообразно располагать в наиболее пониженном месте, желательно, в центре существующих и перспективных тепловых нагрузок на обособленном участке вне жилого квартала.

Если проектируемое здание с центральным отоплением строится ранее других объектов с центральным отоплением от автономной котельной, то в этом здании оборудуется встроенная временная или постоянная автономная котельная в зависимости от комплексного решения вопроса теплоснабжения только при соответствующем технико-экономическом и санитарном обосновании.

При выборе типов отопительных котлов для автономного теплоснабжения необходимо учитывать следующие факторы:

- применение современных малогабаритных котлов;
- возможность сжигания низкосортного местного твердого и жидкого или газового топлива;
- возможность установки дополнительных котлов в случае расширения котельной.

Промышленные потребители используют водяной пар, который поступает по паропроводам под давлением, отдав свое тепло в теплообменниках, образовавшийся конденсат возвращается к источнику теплоты под действием избыточного давления или с помощью конденсатных насосов. Циркуляцию теплоносителя обеспечивают насосы, установленные в котельной.

Для передачи тепловой энергии от автономной котельной к потребителям в жилые, общественные здания и на промышленные предприятия прокладываются квартальные тепловые сети, представляющие собой систему трубопроводов, соединяющих источник тепловой энергии с потребителями. Поступающая к потребителям тепловая энергия используется на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения коммунально-бытовых и производственных объектов, а также на технологические нужды промышленных предприятий.

Квартальные водяные тепловые сети выполняются двух- и четырехтрубными. Четырехтрубные тепловые сети от автономной котельной применяются при раздельном присоединении трубопроводов систем отопления и вентиляции, и трубопроводов системы горячего водоснабжения в ИТП. Такое разделение существенно облегчает регулирование отпуска теплоты в системы различного назначения, но вместе с тем приводит к значительному увеличению капитальных вложений в тепловые сети.

Для управления гидравлическим и тепловым режимами системы автономного теплоснабжения, ее автоматизируют, а количество подаваемой теплоты регулируют в соответствии с требованиями потребителей. Наибольшее количество теплоты расходуется на отопление зданий. Отопительная нагрузка изменяется с изменением наружной температуры. Для поддержания подачи соответствующего количества теплоты потребностям систем в автономной котельной применяют центральное регулирование. У местных потребителей применяют дополнительное автоматическое регулирование.

Проектирование автономной системы теплоснабжения осуществляется в соответствии со схемами теплоснабжения городских и сельских населенных мест. При решении вопроса об автономной системе теплоснабжения районов малоэтажной застройки городов, кроме требований санитарных и противопожарных норм, необходимо учитывать следующее:

- устройство централизованного теплоснабжения рентабельно для зданий не ниже двухэтажных. В жилых одноэтажных домах индивидуального типа удобны системы водяного отопления от автономного котла;
- первоначальные затраты на строительство квартальной автономной котельной будут минимальными при мощности котельной не ниже 3,5 МВт с установкой котлов теплопроизводительностью не менее 0,58 МВт.

Целесообразность строительства автономных котельных для жилых кварталов городов и поселков с прокладкой наружных тепловых сетей к потребителям должна быть обоснована

технико-экономическими расчетами и сравнением вариантов проектных решений. При этом учитывают следующие показатели:

- кубатуру зданий, капитальность и очередность строительства;
- расположение основных потребителей теплоты;
- плотность застройки, протяженность;
- архитектурно-планировочные требования;
- качество грунтов и рельеф местности;
- способ прокладки наружных тепловых сетей;
- возможность расположения котельной по отношению к жилому массиву с подветренной стороны ветров преимущественного направления;
- удобство доставки и хранения топлива, вывозки золы и шлака;
- близость источников энерго- и водоснабжения.

Проектирование, строительство автономных котельных, монтаж котлов, вспомогательного оборудования и коммуникационных трубопроводов должны отвечать правилам техники безопасности Госгортехнадзора.

Достоинствами автономного (децентрализованного) теплоснабжения являются:

- отсутствие необходимости отводов земли под тепловые сети и котельные;
- снижение потерь теплоты из-за отсутствия внешних тепловых сетей, снижение потерь сетевой воды, уменьшение затрат на водоподготовку;
- значительное снижение затрат на ремонт и обслуживание оборудования;
- полная автоматизация режимов потребления.

Автономные системы теплоснабжения любого вида позволяют исключить потери энергии при ее транспортировке (в результате снижается стоимость теплоты для конечного потребителя), повысить надежность систем отопления и горячего водоснабжения, вести жилищное строительство там, где нет развитых тепловых сетей.

При всех этих достоинствах автономные системы теплоснабжения имеют и негативные стороны. У мелких котельных, в том числе и «крышных», высота дымовых труб, как правило, значительно ниже, чем у крупных. При суммарном равенстве тепловой мощности величины выбросов не изменяются, однако резко ухудшаются условия рассеивания. Кроме того, небольшие котельные располагаются, как правило, вблизи жилой зоны.

От работы автономных котельных зависят надежность и экономичность автономных систем теплоснабжения в целом. В автономных системах теплоснабжения не рекомендуется использовать неподготовленную воду из водопровода в виду ее агрессивного воздействия на элементы котла, что вызывает необходимость в фильтрах и других устройствах водоподготовки.

Контрольные вопросы.

1. Характеристики автономных систем теплоснабжения.
2. Основные требования к проектированию автономных систем теплоснабжения.
3. Принцип устройства автономной системы отопления здания.
4. Принцип устройства автономной системы отопления и горячего водоснабжения.
5. Схемы котлов автономных систем теплоснабжения.

Лекция 2. Методы определения расчетных параметров автономных систем теплоснабжения.

Современная автономная система теплоснабжения представляет сложный комплекс функционально взаимосвязанного оборудования, включающего автономную котельную, тепловые сети и инженерные системы здания (горячее водоснабжение, отопление и вентиляция). В автономных котельных чугунные котлы могут работать как водогрейные

при температуре воды на выходе $85 \div 95^\circ$ и на входе в котел $65 \div 70^\circ$ или как паровые низкого давления $P_k \leq 0,7$ бар (кГ/см²).

Вертикальные цилиндрические котлы предназначены для получения пара высокого давления $P_k = 8$ бар (кГ/см²). Эти котлы устанавливаются в отдельно стоящих или сблокированных котельных, обычно обслуживающих технологические нужды коммунально-бытовых предприятий. Установка таких котлов в подвалах зданий и в пристройках к жилым зданиям запрещена.

При проектировании автономных систем теплоснабжения необходимые расчетные параметры определяются качеством воды, давлением и температурой теплоносителя.

Качество горячей воды в автономных системах теплоснабжения должны соответствовать СанПиН РК «Вода питьевая».

Температура воды в автономных системах теплоснабжения обусловливается санитарно-гигиеническими требованиями:

- за нижний предел принимается, так называемая «температура пастеризации», равная 60°C , при которой погибают большинство болезнетворных бактерий;
- верхний предел ограничивается 75°C во избежание получения ожогов потребителями.

Температура воды в точке водоразбора системы горячего водоснабжения принимается:

- не ниже 50°C присоединяемых к закрытым системам теплоснабжения;
- не ниже 60°C присоединяемых к открытым системам теплоснабжения.

Температура горячей воды в помещениях детских дошкольных учреждений нормами ограничивается не выше 37°C . На предприятиях общественного питания, когда потребителям нужна горячая вода более высокой температуры, следует предусматривать местные водонагреватели.

Температура воды в зависимости от вида системы теплоснабжения определяется:

- для закрытых систем на выходе из водонагревателя

$$t_h = 50 + (10 \div 15)^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

- для открытых систем после смесителя

$$t_h = 60 + (5 \div 10)^\circ\text{C} \quad (2.2)$$

В закрытых системах теплоснабжения возникает необходимость обработки нагреваемой водопроводной воды во избежание образования в системе горячего водоснабжения коррозии и накипи. При подогреве воды в автономных котельных для нагреваемой воды (до $t_r = 75^\circ\text{C}$) предусматриваются следующие требования:

- содержание растворенного кислорода, мг/л $\leq 0,14$
- содержание взвешенных веществ, мг/л ≤ 5 ;
- карбонатная жесткость, мг-экв/л $\leq 1,5$;
- pH $> 6,5$.

Необходимость в обработке водопроводной воды и вид обработки (противокоррозионная, противонакипная) определяется в зависимости от конкретных показателей ее качества для автономной котельной.

Для водяных тепловых сетей автономных систем теплоснабжения:

- рабочая температура принимается равной температуре воды в подающем трубопроводе при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления. Рабочая температура теплоносителя не должна превышать 120°C , в настоящее время параметры теплоносителя принимаются в пределах $95-70^\circ\text{C}$ или $85-65^\circ\text{C}$, а для промышленных предприятий до 115°C ;

- рабочее давление для подающего и обратного трубопроводов отопления принимают по наибольшему давлению при работе насосов с учетом рельефа местности (без учета потерь давления), но не менее 1,0 МПа;

- рабочее давление для подающего и циркуляционного трубопроводов горячего водоснабжения принимают по наибольшему давлению в подающем трубопроводе при работе насосов с учетом рельефа местности, а рабочую температуру - равной 75°C.

- рабочее давление и температура теплоносителя принимаются одинаковыми для всего трубопровода независимо от его протяженности до установок, меняющих параметры теплоносителя - водонагревательные и насосные установки, регуляторы давления и температуры и др.

Условное давление (P_y) - наибольшее давление при температуре среды 20°C, при котором допустима длительная работа арматуры и деталей трубопроводов.

Пробное давление ($P_{пр}$) - давление, при котором должно проводиться гидравлическое испытание арматуры и деталей трубопроводов на прочность и плотность водой при температуре не менее 5°C и не более 70 °C, если в нормативно-технической документации не указано конкретное значение этой температуры. Предельное отклонение пробного давления от заданного значения не должно превышать $\pm 5\%$.

Рабочее давление (P_p) — наибольшее давление, при котором обеспечивается заданный режим эксплуатации арматуры и деталей трубопроводов при данной рабочей температуре. Рабочее давление равно условному при температуре теплоносителя до 200°C для бронзовой, латунной и чугунной арматуры.

Существуют различные методики определения расчетных тепловых нагрузок при проектировании автономных систем теплоснабжения:

- первая - расчет потерь теплоты отдельными наружными ограждениями помещений и зданием в целом, это наиболее подробный метод расчета;
- вторая - расчет потерь теплоты зданиями по укрупненным показателям;
- третья - расчет тепловых потоков для жилых районов городов и других населенных пунктов по укрупненным показателям в зависимости от численности населения (m) и величины общей площади застройки (A). Эта методика применяется при отсутствии типовых проектов зданий и сооружений.

Для определения потерь теплоты отдельными наружными ограждениями помещений и зданием в целом необходимо иметь следующие исходные данные:

- место постройки здания (название города или населенного пункта);
- расположение здания относительно сторон света и розы ветров;
- планы этажей и характерные разрезы по зданию со всеми строительными размерами;
- конструкции всех наружных ограждений, с их теплотехническим расчетом;
- назначение каждого помещения.

Потери теплоты *наружными ограждениями* зданий определяются

$$Q = A \cdot K \cdot (t_{int} - t_{ext}) \cdot n \cdot (1 + \sum \beta), Вт \quad (2.3)$$

где A - площадь наружных ограждений, через которую происходит потери теплоты, $м^2$;

K - коэффициент теплопередачи наружного ограждения, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$;

t_{int} - расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ C$;

t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха $^\circ C$;

n – поправочный коэффициент к расчетной разности температур;

β - коэффициент, учитывающий добавочные потери тепла.

Коэффициенты теплопередачи наружных ограждений (K) определяется расчетным путем в зависимости от конструкции и используемых в ней строительных материалов либо по значению градусо-суток отопительного периода (ГСОП).

Расчетные температуры принимаются по справочным данным и СНиПам:

- внутреннего воздуха (t_{int}) в зависимости от назначения помещений;

- наружного воздуха (t_{ext}) в зависимости от района расположения здания, как средняя температура воздуха наиболее холодных пятидневок в данном населенном пункте из 8-и зим за 50-летний период при обеспеченности 0,92.

Расчетная тепловая мощность системы отопления с целью создания комфортного теплового режима в помещениях должна на 10% превышать суммарные потери теплоты здания

$$Q_{от} = K \cdot Q_{зд}, Вт ; \quad (2.4)$$

где K – коэффициент запаса;

$Q_{зд}$ – потери теплоты зданием, Вт

Потери теплоты здания можно определить по укрупненным показателям приблизительным подсчетом, т.е. по укрупненным показателям

$$Q_{зд} = q_0 \cdot V \cdot (t_{int} - t_0^1) \cdot \alpha ; Вт \quad (2.5)$$

где q_0 – удельная тепловая характеристика здания, принимается в зависимости от объема здания, Вт/м³°C.

V – объем отапливаемой части здания по внешнему обмеру, м³;

t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха, °C;

α – поправочный коэффициент на расчетную температуру наружного воздуха t_o^1 , °C.

Для жилых зданий установочная тепловая мощность системы отопления определяется

$$Q_0 = 1,07 \cdot q_0 \cdot V \cdot (t_{int} - t_0^1) \cdot \alpha ; Вт \quad (2.6)$$

t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха, °C;

где 1,07 – коэффициент, учитывающий дополнительные тепловые потери, на 7%;

При проектировании автономных систем теплоснабжения для жилых кварталов городов или поселков расчетные *тепловые потоки* на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение зданий принимаются по соответствующим типовым проектам, а при их отсутствии допускается определять по укрупненным показателям в зависимости от численности населения (m) и общей площади застройки (A).

Максимальный тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий

$$Q'_0 = q_0 \cdot A \cdot (1 + K_1) Вт \quad (2.7)$$

где q_0 – укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м² общей площади, Вт;

K_1 – коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий, при отсутствии данных принимается 0,25.

Максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий

$$Q'_v = q_0 \cdot A \cdot K_1 \cdot K_2 , Вт \quad (2.8)$$

где K_2 – коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий, при отсутствии данных принимается для зданий, построенных до 1985г. – 0,4, а после 1985г. – 0,6.

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{hm} = q_h \times m, Bm \quad (2.9)$$

Где q_h - укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на одного человека Bm , принимается [2]

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение в неотапительный период

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \times \frac{55 - t_c^s}{55 - t_c} \times \beta, Bm \quad (2.10)$$

где t_c , - температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период, при отсутствии данных принимается соответственно равной $5^\circ C$;

t_c^s температура холодной (водопроводной) воды в неотапительный период, при отсутствии данных принимается соответственно равной $15^\circ C$;

β - коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному, при отсутствии данных принимается 0,8, для курортных и южных городов 1,5 для предприятий 1,0.

Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий в отопительный период

$$Q_{max} = 2,4 \times Q_{hm}, Bm \quad (2.11)$$

Суммарный расчетный тепловой поток

$$\Sigma Q' = Q_o' + Q_v' + Q_{hm}, Bm \quad (2.12)$$

Средние тепловые потоки за отопительный период определяютс

$$Q_{om} = Q_o' \times \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t_o'}, Bm, \quad (2.13)$$

на отопление

$$Q_{vm} = Q_v' \times \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t_o'}, Bm \quad (2.14)$$

на вентиляцию

где t_i - средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, $18^\circ C$;

t_{om} - средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

Для транспортирования тепловой энергии от автономной котельной прокладываются квартальные тепловые сети, представляющие собой систему трубопроводов, соединяющих источник теплоты с потребителями теплоты жилых и общественных здании. Тепловые сети автономных систем теплоснабжения, сооружаемые в районах строительства с расчетной температурой наружного воздуха до минус $40^\circ C$ должны применяться трубы из углеродистых сталей, а для районов с расчетной температурой ниже минус $40^\circ C$ - из низколегированных сталей марки Ст3, Ст10, Ст20..

Выбор труб производится по условному проходу (таблицы 2.1, 2.2), а категории трубопроводов в зависимости от давления и температуры теплоносителя. Под условным проходом понимается номинальный внутренний диаметр присоединяемого трубопровода в миллиметрах. Таблица 2.1.

Трубы стальные электросварные. Сортамент по ГОСТ 10704-91*.

Технические условия - ГОСТ 10705-80 гр. В. Параметры воды: $P_y \leq 1,6$ МПа, $t \leq 200^\circ\text{C}$.

Материал ст.20 (по ГОСТ 1050-74*)

Условный диаметр труб, D_y , мм	Наружный диаметр труб, D_n , мм	Толщина стенки трубы, S , мм	Масса 1 м трубы, кг	Условия поставки
1	2	3	4	5
15	18	2	0,789	Трубы термообработанные гр. В ГОСТ 10705-80 п.п 2.4, 2.16 (для всех диаметров труб)
20	25	2	1,13	
25	32	2	1,48	
32	38	2	1,78	
40	45	2	2,12	
50	57	3	4,00	Трубы термообработанные гр. В ГОСТ 10705-80 п.п 2.4, 2.16 (для всех диаметров труб)
65	76	3	5,4	
80	89	3	6,36	
100	108	3,5	9,02	
125	133	3,5	11,18	
150	159	4,5	17,15	
200	219	6(5)	31,52(26,39)	
250	273	6(5)	39,51(33,05)	
300	325	6	47,20	
350	377	6	54,90	
400	426	7(6)	72,33(62,15)	

Таблица 2.2.

Трубы стальные бесшовные для прямых участков трубопроводов.

Сортамент - по ГОСТ 8732-85*

Технические условия по ТУ 14-3-190-82 для труб D_{yc} 50-400 мм

Сортамент - по ГОСТ 8734-78*

Технические условия по ГОСТ 8733-74* гр. В для труб D_{yc} 15-40 мм

Параметры воды: $P_y \leq 1,6$ МПа, $t \leq 200^\circ\text{C}$. Материал ст.20(по ГОСТ 1050-74*)

Условный диаметр труб, D_y , мм	Наружный диаметр труб, D_n , мм	Толщина стенки трубы, S , мм	Масса 1 м трубы, кг	Условия поставки
15	18	2	0,79	ГОСТ 8733-74*
20	25	2	1,13	
25	32	2	1,48	
32	38	2	1,78	
40	45	2,5	2,62	
50	57	3	4,00	
65	76	3	5,40	
80	89	3,5	7,38	

Условный диаметр труб, D_y , мм	Наружный диаметр труб, D_n , мм	Толщина стенки трубы, S , мм	Масса 1 м трубы, кг	Условия поставки
100	108	4	10,26	ТУ 14-3-190-82
125	133	4	12,73	
150	159	5	18,99	
200	219	7(6)	36,6(31,52)	
250	273	8(7)	52,28(45,92)	
300	325	8	62,54	
350	377	9	81,68	
400	426	9	92,56	

Контрольные вопросы.

1. Основные требования к качеству горячей воды.
2. Нормируемая температура воды в точках водоразбора горячего водоснабжения.
3. Выбор параметров теплоносителя в автономных системах теплоснабжения.
4. Давление теплоносителя в автономных системах теплоснабжения.
5. Выбор параметров внутреннего и наружного воздуха для проектирования.
6. Основные методики расчета тепловых нагрузок.
7. Трубопроводы тепловых сетей.

Лекция 3. Схемы присоединения местных систем потребителей теплоты к тепловым сетям.

В открытой двухтрубной системе теплоснабжения вода на водоразбор в систему горячего водоснабжения (ГВ) поступает непосредственно из тепловых сетей (рисунок 3.2), при четырехтрубной квартальной тепловой сети имеются отдельные трубопроводы для присоединения системы ГВ (рисунок 3.3). Такая схема предусматривает центральное регулирование температуры горячей воды t_g в автономной котельной.

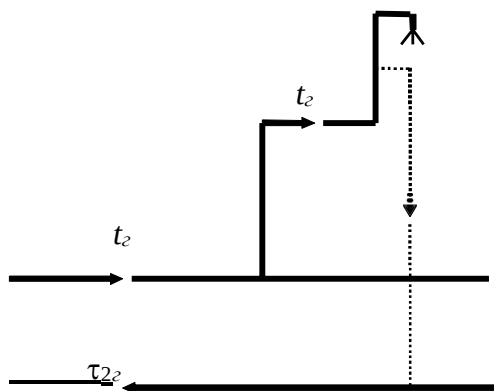


Рисунок 3.2. Непосредственное подключение системы ГВ к водяной тепловой сети

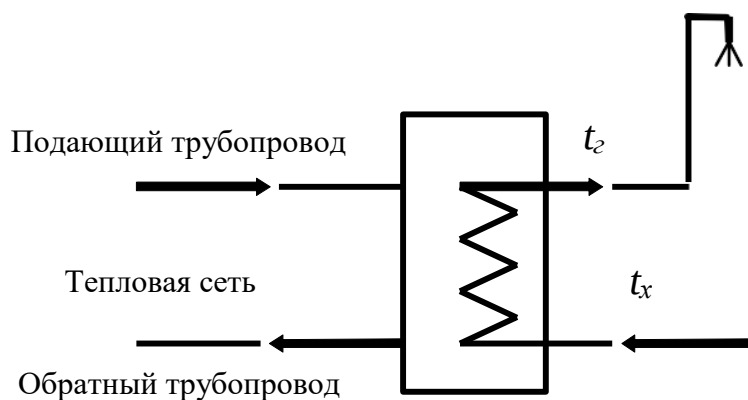


Рисунок 3.3. Подключение системы горячего водоснабжения к 4-х трубной тепловой сети

В закрытых системах вода на нужды горячего водоснабжения (ГВ) получается

нагревом холодной водопроводной воды в водонагревателях за счет теплоты от котла. Если в квартальной тепловой сети имеется отдельная пара трубопроводов для покрытия тепловой нагрузки ГВ, то схема подключения имеет вид (рисунок.3.3).

При смешанной тепловой нагрузке подключение системы ГВ осуществляется через смеситель, являющийся одновременно и регулятором температуры. Горячая вода получается смешением в необходимой пропорции прямой сетевой и обратной отопительной воды. Именно этой пропорцией и управляет регулятор, обеспечивая условие $t_2 = \text{const}$. Очевидно, что в наиболее холодный период года, когда $t_2 \geq 60^\circ\text{C}$, необходимая температура воды на водоразбор может быть обеспечена только за счет обратной воды из системы отопления.

При подаче теплоты совместно на отопление, вентиляцию и ГВ различают три возможные схемы подключения водоподогревателей (ВП) горячего водоснабжения:

- параллельную;
- двухступенчатую смешанную;
- двухступенчатую последовательную.

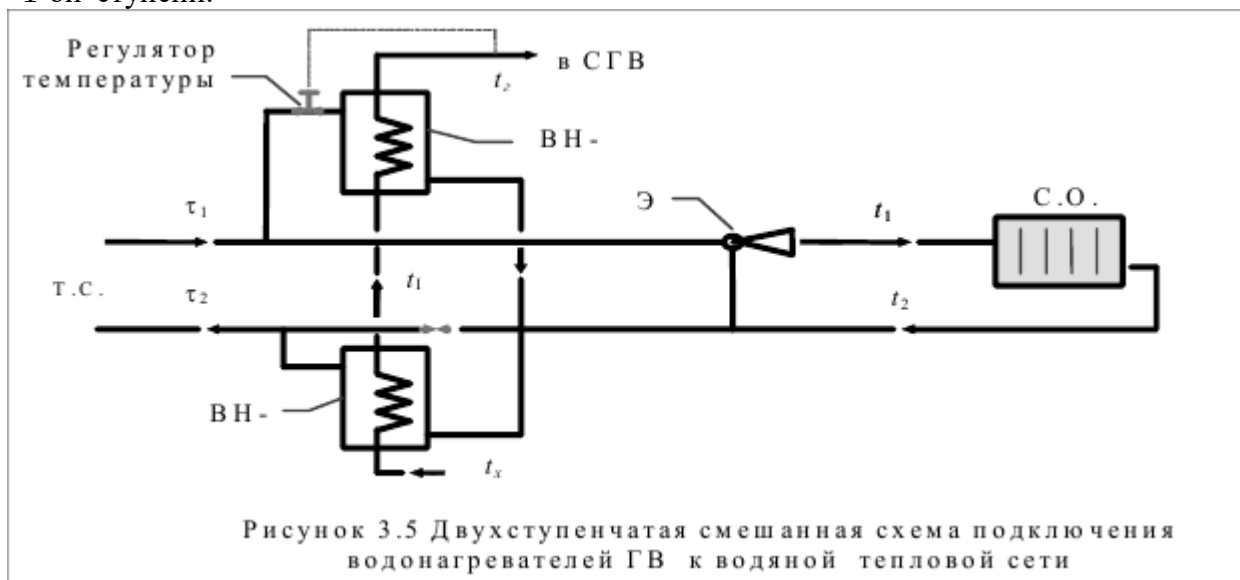
Выбор схемы подключения определяется относительной нагрузкой горячего водоснабжения (по отношению к расчетной отопительной нагрузке). Если эта величина составляет

$$0,2 \geq \frac{Q_{hr}^h}{Q_p^o} \geq 1,0,$$

то применяется параллельная схема (рисунок 3.4), когда поток сетевой воды на нужды ГВ параллелен потоку воды на отопление.

Если относительный расход тепла в диапазоне от 0,2 до 1, то применяются двухступенчатые схемы. Особенность двухступенчатых схем - использование теплоты обратной воды из системы отопления, что значительно повышает экономичность теплоснабжения.

При смешанной схеме (рисунок 3.5) холодная вода поступает сначала в водонагреватель первой ступени, подключенный последовательно после системы отопления. Затем догрев воды производится в водонагревателе второй ступени, подключенном параллельно. В расчетный зимний период, когда обратная вода из системы отопления имеет температуру $t_2^p = 70^\circ\text{C}$, этого достаточно, чтобы обеспечить нагрев воды для ГВ только в ВН 1-ой ступени.



При последовательной схеме (рисунок 3.6) обе ступени подключены последовательно. При последовательной схеме нагрузка ГВ обеспечивается вообще без дополнительного расхода воды в тепловой сети на эти цели. Тепловая нагрузка ГВ обеспечивается некоторым повышением температуры сетевой воды. (τ_1).

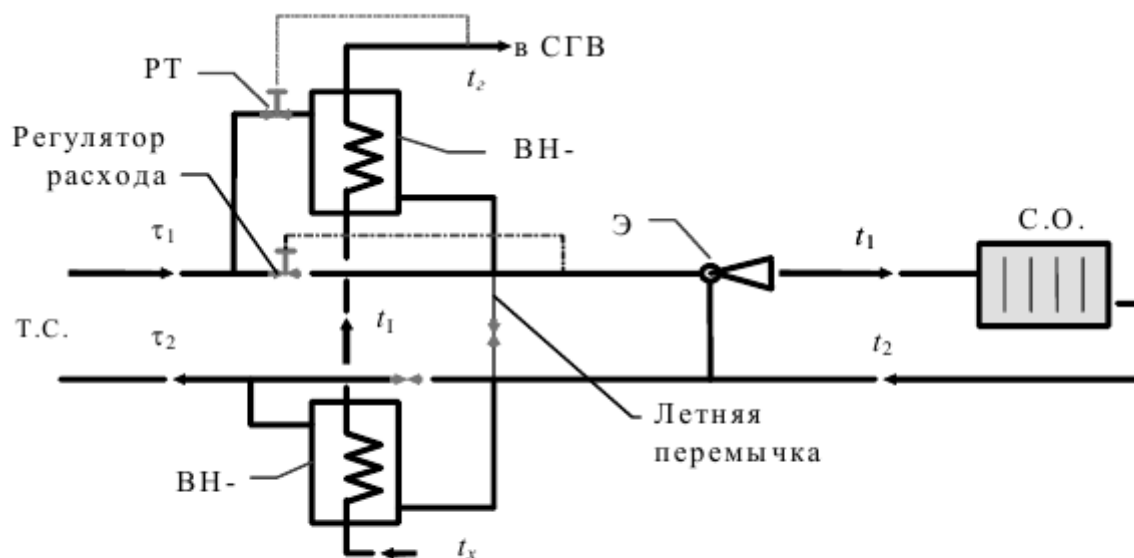


Рисунок 3.6. Двухступенчатая последовательная схема подключения водонагревателей ГВ к водяной тепловой сети

Существенным элементом автономных систем теплоснабжения являются установки, размещаемые в узлах присоединения к тепловым сетям местных систем потребителей теплоты. Присоединение потребителей к тепловым сетям осуществляется через местные тепловые пункты (МТП) или индивидуальных тепловые пункты (ИТП).

МТП обслуживают системы теплоиспользования отдельных зданий, а ИТП обслуживают системы потребителей. В МТП и ИТП производится изменение параметров теплоносителя - давлений, температуры, а иногда и расходов и регулирование отпуска теплоты на различных уровнях. От работы таких установок зависят надежность и экономичность автономной системы теплоснабжения. Выбор способа присоединения следует осуществлять на основании технико-экономического расчета.

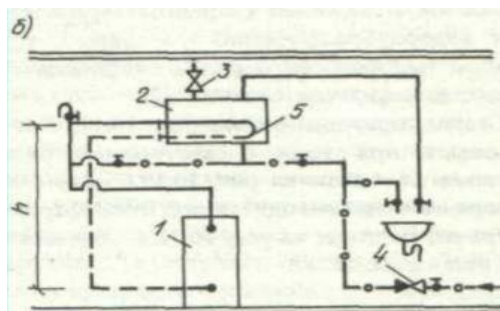
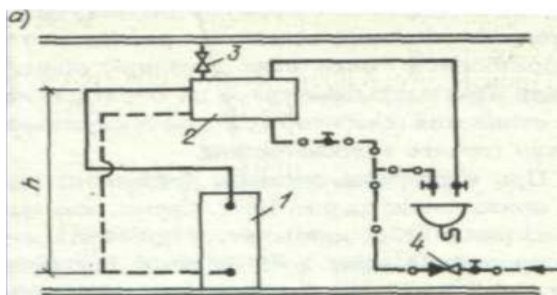


Рисунок 3.7. Принципиальные схемы местных систем ГВ

1- генератор теплоты; 2 - аккумулятор; 3 - предохранительный клапан $d = 20$ мм (25 мм); 4 - обратный клапан; 5 - змеевик.

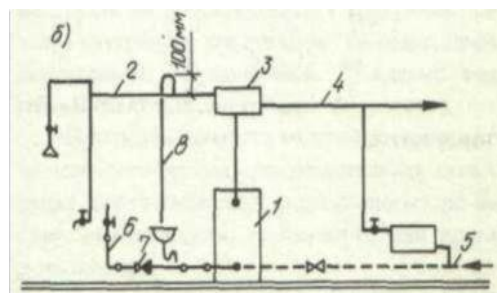
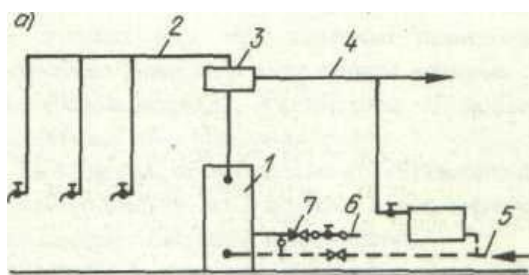


Рисунок 3.8. Схемы совмещенных систем ГВ и отопления с газовым водонагревателем
а) под давлением водопровода; б) - под давлением расширительного сосуда;

1- нагреватель АГВ; 2 - система ГВ; 3 - расширительный сосуд; 4 - система отопления; 5 - обратный трубопровод отопления; 6 - водопровод; 7 - обратный клапан; 8-воздушная трубка.

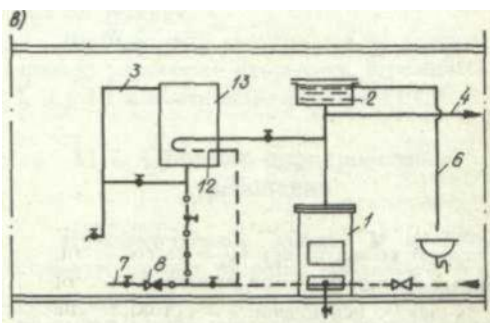
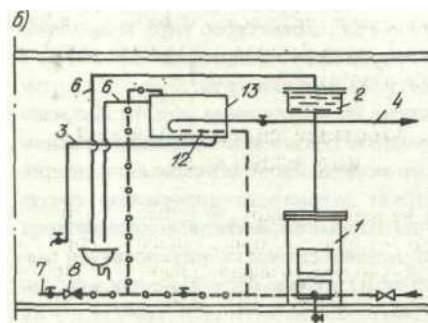
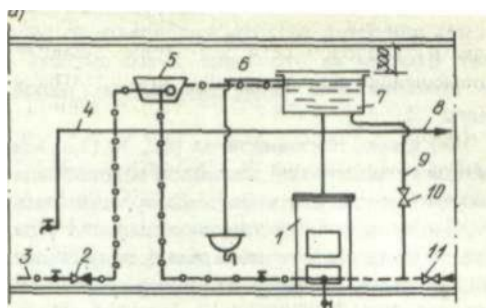


Рисунок 3.9. Схемы совмещенных систем ГВ и отопления с чугунными котлами.

1-котел; 2-обратный клапан; 3- водопровод; 4-система ГВ; 5-питательный бачок с шаровым клапаном; 6-переливная труба; расширитель; 8-система отопления; 9-циркуляционная перемычка; 10,11 -вентили; 12-змеевик; 13- бак-аккумулятор.

Основные правила установки и обвязки баков

Логична и экономически оправдана установка баков-аккумуляторов в системах ГВ с кратковременным сосредоточенным расходом воды. Это, как правило, системы бытового ГВ на промпредприятиях, где основная доля суточного расхода приходится на время окончания смен. В системах с непосредственным водоразбором не рекомендуется устраивать баки открытого типа. Исключение составляют случаи, когда необходим большой запас воды (бани, душевые, прачечные).

Наиболее сложна обвязка открытого бака. Сам бак устанавливается над поддоном (для сбора возможных переливов). В общем случае открытый бак оборудуется следующими трубопроводами: подающим; расходным; переливным; циркуляционным; спускным (для промывки, ремонта); отводным из поддона.

При соответствующем обосновании подающий и расходный трубопроводы разрешается объединять с установкой на расходном обратного клапана.

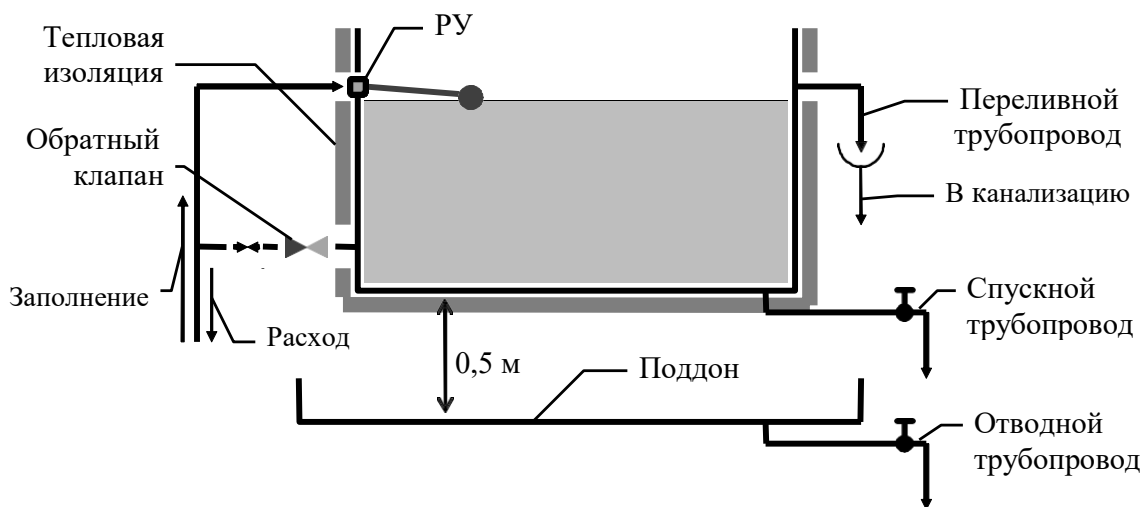


Рисунок 3.10. Общие принципы обвязки бака-аккумулятора

Для обеспечения возможности ремонта количество баков принимается не менее двух по 50% требуемого объема. Баки устанавливаются в освещаемом помещении с положительной температурой, высотой $\geq 2,2$ м с возможностью свободного доступа для осмотра всей поверхности. Для этого между баком и строительными конструкциями предусматривается проход не менее 0,7 м, а со стороны поплавкового клапана - не менее 1,0 м. От поддона до дна бака должно быть не менее 0,5 м, а от верха бака до перекрытия - не менее 0,6 м. Баки – аккумуляторы теплоизолируются.

Контрольные вопросы.

1. Схемы присоединения местных систем к двухтрубным тепловым сетям.
2. Схемы присоединения местной системы горячего водоснабжения к четырехтрубным тепловым сетям.
3. Назначение местных и индивидуальных тепловых пунктов.
4. Назначение и правила установки баков – аккумуляторов.
5. Схемы обвязки баков-аккумуляторов.

Лекция 4. Квартальные тепловые сети в автономных системах теплоснабжения.

Современные автономные системы теплоснабжения представляют собой сложный комплекс функционально взаимосвязанного оборудования, включающего котельную, тепловые сети и инженерные системы зданий. Для проектирования квартальных тепловых сетей необходимы следующие данные: топографические условия местности; характер планировки и застройки жилого района; размещение надземных и подземных инженерных коммуникаций; характеристика и свойства грунтов, глубина залегания грунтовых вод и др. Получение этих данных является задачей инженерных изысканий.

Структура автономных систем теплоснабжения включает в себя автономную котельную с водогрейными котлами, которые обслуживают квартальные тепловые сети, в значительной мере определяет надежность автономных систем теплоснабжения, ее маневренность, удобство эксплуатации и экономическую эффективность.

При проектировании автономных систем теплоснабжения новых районов на первом этапе требуется выбрать направление (трассу) тепловых сетей от источника тепла до потребителей. Трасса квартальной тепловой сети должна предусматриваться в отведенных для инженерных сетей технических полосах, параллельно красным линиям улиц, дорогам, вне проезжей части и полосы зеленых насаждений. Следует избегать прокладки трубопроводов вблизи трамвайных линий, электрифицированных железных дорог и отсасывающих кабелей постоянного тока, а также пересечения с ними во избежание необходимости устройств от блуждающих токов.

На рисунке 3.1 показана принципиальная схема радиальной тепловой сети от автономной котельной, от которой проложены квартальные теплопроводы к потребителям.

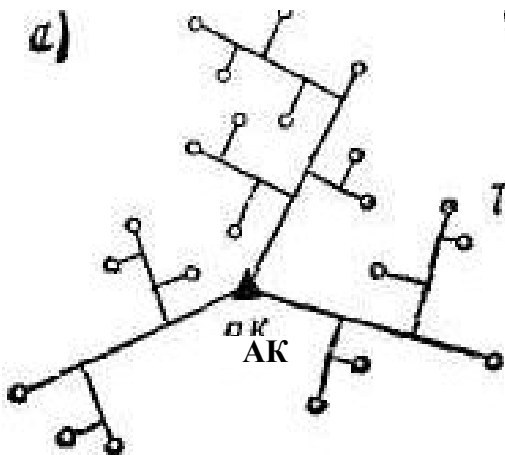


Рисунок 3.1. Схема радиальной квартальной тепловой сети.
АК – автономная котельная

При выборе трассы квартальных тепловых сетей исходят из следующих основных условий: надежности системы теплоснабжения, быстрой ликвидации возможных неполадок и аварий, безопасности работы обслуживающего персонала, наименьшей длины тепловой сети и минимального объема работ по ее сооружению. При этом учитывают возможность совместной прокладки теплопроводов с другими инженерными сетями, если это допускается по условиям надежности всех сетей и безопасности их обслуживания.

Выбор трассы производят на рабочем генплане по масштабу, на котором должны быть указаны все существующие надземные и подземные сооружения и объекты перспективного строительства. Трасса должна быть по возможности прямолинейной и пролегать в одной стороне проезда или застройки. Если невозможно избежать пересечения, то они должны выполняться под углом 90° и в исключительных случаях - под углом не менее 45° . Уклон трассы для водяных тепловых сетей принимается не менее 0,002.

Гидравлический расчет трубопроводов является одним из важнейших этапов проектирования и эксплуатации квартальных водяных тепловых сетей, следующий за определением расчетных тепловых нагрузок, выбором трассы и определением расчетных расходов сетевой воды. Гидравлический расчет выполняется отдельно по каждому участку квартальных тепловых сетей, на протяжении которого внутренние диаметры труб и расчетные расходы сетевой воды остаются неизменными.

В задачу гидравлического расчета входит: установление пропускной способности трубопроводов для обеспечения потребителей необходимым расходом теплоносителя; определение диаметров трубопроводов; определение потери давления (напора); увязка во всех точках системы давления при статическом и динамическом режимах.

Результатом правильно выполненного гидравлического расчета трубопроводов квартальных тепловых сетей являются:

1) определение по заданным расчетным расходам воды внутренних диаметров труб для каждого участка тепловой сети, причем этими диаметрами в сочетании с длинами трубопроводов и способом их прокладки в основном определяются капитальные вложения и расходы металла на сооружение сетей;

2) определение перепадов давления теплоносителя в пределах каждого участка при заданных расходах его, а также известных внутренних диаметрах и длинах труб на данном участке. Эти перепады давления являются исходными для последующего определения потребных напоров перекачивающих сетевых насосов, а в сочетании с данными о давлениях воды в сетях при неработающих насосах (статические режимы) - также для анализа гидравлических режимов сетей при работающих насосах (динамические режимы);

3) определение расходов теплоносителя на данном участке, соответствующих известным диаметрам труб и выбранным значениям перепадов давления, отнесенным к одному метру длины труб. Такие расчеты необходимы при рассмотрении аварийных режимов работы тепловых сетей, а также при разработке проектов их расширения и реконструкции.

Основными исходными данными гидравлического расчета трубопроводов квартальных водяных тепловых сетей являются расчетные расходы воды на отдельных участках. Расчетные расходы сетевой воды учитывают вид системы теплоснабжения, способ регулирования отпуска теплоты и схемы присоединения системы горячего водоснабжения к квартальным тепловым сетям. Суммарные расчетные расходы сетевой воды определяются путем суммирования расчетных расходов воды на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение отдельных зданий.

Расходы сетевой воды определяются для отопительного и неотапительного периодов работы квартальных тепловых сетей. В открытых системах теплоснабжения также определяется расход сетевой воды в режиме максимального водоразбора из трубопроводов квартальных тепловых сетей.

Суммарные расходы сетевой воды в двухтрубных водяных квартальных тепловых сетях в открытых и закрытых системах теплоснабжения при центральном качественном регулировании отпуска теплоты для отопительного периода определяются

$$G_d = G_o' + G_v' + k_3 \times G_{ihm}, \text{ кг/с} \quad (4.1)$$

где G_o , G_n , G_v - расчетные расходы воды на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, кг/с;

k_3 - коэффициент, учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение, принимается по СНиП. При регулировании по нагрузке отопления значение коэффициента k_3 принимаются равной 1, в остальных случаях по таблице 4.1

Таблица 4.1.

Система теплоснабжения	Тепловой поток, МВт	Коэффициент k_3
открытая	Менее 100	1,2
закрытая	Менее 100	0,8

Расчетные расходы воды определяются :

на отопление —
$$G'_o = \frac{Q'_o \times 10^3}{c \times (\tau'_{01} - \tau'_{02})}, \text{ кг/с} \quad (4.2)$$

на вентиляцию —
$$G'_v = \frac{Q'_v \times 10^3}{c \times (\tau'_1 - \tau'_{2v})}, \text{ кг/с} \quad (4.3)$$

На горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения :

средний —
$$G_{1hm} = \frac{Q_{hm} \times 10^3}{c \times (t_h - t_c)}, \text{ кг/с} \quad (4.4)$$

максимальный —
$$G_{1h \max} = \frac{Q_{h \max} \times 10^3}{c \times (t_h - t_c)}, \text{ кг/с} \quad (4.5)$$

На горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения :

а) при параллельной системе присоединения водоподогревателей :

средний —
$$G_{hm} = \frac{Q_{hm} \times 10^3}{c \cdot (\tau''_{o1} - \tau''_3)}, \text{ кг/с} \quad (4.6)$$

максимальный —
$$G_{h \max} = \frac{Q_{h \max} \times 10^3}{c \cdot (\tau''_{o1} - \tau''_3)}, \text{ кг/с} \quad (4.7)$$

б) при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей :

средний —
$$G_{hm} = \frac{Q_{hm} \times 10^3}{c \cdot (\tau''_{o1} - \tau''_{02})} \cdot \left(\frac{55 - t''}{55 - t_c} + 0,2 \right), \text{ кг/с} \quad (4.8)$$

максимальный —
$$G_{h \max} = \frac{0,55 \times Q_{h \max} \times 10^3}{c \cdot (\tau''_{o1} - \tau''_3)}, \text{ кг/с} \quad (4.9)$$

где Q'_o, Q'_v - максимальные тепловые потоки на отопление и вентиляцию, мВт;

Q_{hm} -средний тепловой поток на горячее водоснабжение в отопительный период, мВт;

Q_{hmax} - максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение в отопительный период, мВт.

C - удельная теплоемкость воды принимается - 4,19кДж/(кг °С);

$\tau_{01}, \tau_1, \tau_2, \tau_{02}$ -температуры воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха t'_o ;

t_{01} , - температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур воды t , °С;

τ_{02} - температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети после системы отопления в точке излома графика температур воды t''_n , °С;

t_3 - температура воды после параллельно включенного водоподогревателя в точке излома графика температур воды t''_n , °С, принимается 30°С;

$t_h=60^\circ\text{C}$ -температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения потребителей; t_c , t^s_c -температуры холодной (водопроводной) воды в отопительный и неотопительный периоды, при отсутствии данных принимаются равными $t_c=5^\circ\text{C}$, $t^s=15^\circ\text{C}$.

Расчетный расход сетевой воды в неотопительный период в подающем трубопроводе двухтрубных тепловых сетях закрытой системы теплоснабжения определяется

$$G_{ds} = \frac{Q_{h \max}}{c \cdot (\tau''_{o1} - \tau''_3)} \cdot \beta, \text{ кг/с} \quad (4.10)$$

Расчетный расход сетевой воды в неотопительный период в подающем трубопроводе двухтрубных тепловых сетях открытой системы теплоснабжения определяется

$$G_d = \beta \times G_{ih \max}, \text{ кг/с} \quad (4.11)$$

где G_{ihm} -максимальный расход воды на горячее водоснабжение;

β -поправочный коэффициент.

Для открытых систем теплоснабжения при температуре холодной (водопроводной) воды в неотопительный период

$$G_{lh \max} = \frac{2.4 \times Q_{hm} \times 10^3}{c \times (t_h - t^s_c)}, \text{ кг/с} \quad (4.12)$$

Расчетный расход сетевой воды в обратном трубопроводе тепловой сети в открытых системах теплоснабжения в неотопительный период принимается в размере 10% от расчетного расхода воды, определенного по формуле (4.11)

$$G_d^s = 0.1 \times \beta \times G_{ih \max}, \text{ кг/с} \quad (4.13)$$

Для потребителей $\frac{Q_{h \max}}{Q_{o \max}} > 1.0$ при отсутствии баков-аккумуляторов, а также с тепловым потоком 10 МВт и менее суммарный расчетный расход воды определяется

$$G_d = G'_i + G'_v + G_{hmax}, \text{ кг/с} \quad (4.14)$$

Гидравлический расчет разветвленных квартальных тепловых сетей выполняется по методике для подбора диаметров теплопроводов по значениям удельных потерь давления на трение. Гидравлический расчет сначала выполняют для трубопроводов основной магистрали. Для гидравлического расчета трубопроводов необходим определенный набор значений внутренних диаметров труб, соответствующий принятому сортаменту этих труб для водяных тепловых сетей.

Диаметры труб подбирают по среднему гидравлическому уклону, принимая удельные потери давления на трение до 80 Па/м, что дает решение, близкое к оптимальному. При определении диаметров труб принимают значение коэффициента эквивалентной шероховатости труб k_s , равное 0,0005 м, а скорость движения теплоносителя не более 3,5 м/с. Диаметры распределительных трубопроводов принимают не менее 50 мм,

После определения диаметров труб по участкам магистрали подсчитывают сумму коэффициентов местных сопротивлений, используя схему тепловой сети, данные по расположению задвижек, компенсаторов и других сопротивлений и значения коэффициентов местных сопротивлений ξ . Для каждого участка находят эквивалентную местным сопротивлениям длину при $\Sigma \xi = 1$ (таблица 4.2.) и рассчитывают эквивалентную длину $l_э$ для этого участка. После определения $l_э$ заканчивают расчет магистрали и определяют потери напора в ней.

Таблица 4.2.

Значения коэффициентов местных сопротивлений ξ для деталей трубопроводов, компенсаторов и арматуры

Характеристика местных сопротивлений	Значения ξ	Характеристика местных сопротивлений	Значения ξ
<i>Отводы</i>		<i>Тройники</i>	
Гнутые гладкие под углом 90° при		При разделении потоков	
$R_{гн}/d_{вн}=1$	1,0	для прямого прохода	1,0
$R_{гн}/d_{вн}=3$	0,5	для ответвления	1,5
$R_{гн}/d_{вн}=4$	0,3	При встречных потоках	3,0
Гнутые со складками под углом 90° при		При слиянии потоках	1,2-1,8
$R_{гн}/d_{вн}=3$	0,8	<i>Арматура</i>	
$R_{гн}/d_{вн}=4$	0,5	Задвижки	0,5
Сварные под углом 90° одношовные	0,85-1,3	Клапан с косым шпинделем	0,5
трехшовные	0,5	Клапан с вертикальным шпинделем	6,0
Сварные одношовные под углом		Обратные клапаны	3,0
60°	0,7	поворотные	
40°	0,3	Обратные клапаны	7
30°	0,2	подъемные	
		Сальниковые компенсаторы	0,3
		Грязевики	10

При выполнении гидравлического расчета ответвлений, используют оставшийся напор, так чтобы в конце каждого ответвления сохранялся необходимый располагаемый напор, а удельные потери давления на трение не превышали 300 Па/м. Диаметры ответвлений принимают не менее 25 мм. Эквивалентные длины и потери напора на участках ответвлений определяются аналогично их определению для основной магистрали. При движении теплоносителя по трубопроводам квартальной тепловой сети потери давления складываются из потерь давления по длине (линейные) и потерь давления в местных сопротивлениях. Потери давления на участке тепловой сети определяются

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}}, \text{ Па}, \quad (4.16)$$

где $\Delta P_{\text{л}}$ - линейные потери давления, представляющие собой потери давления на прямолинейных участках, Па;

$\Delta P_{\text{м}}$ - потери давления в местных сопротивлениях (в арматуре и оборудовании тепловой сети), Па.

Линейные потери давления на участке тепловой сети определяются

$$\Delta P_{\text{л}} = R_{\text{л}} \cdot L, \text{ Па}, \quad (4.17)$$

где $R_{\text{л}}$ - удельные потери давления на одном погонном метре трубопровода, Па/м;

L - длина участка трубопровода, м.

Для удобства расчета водяных тепловых сетей удельные линейные потери давления ($R_{\text{л}}$) можно определить по таблицам. При гидравлическом расчете водяных тепловых сетей значение абсолютной эквивалентной шероховатости принимается $K_e=0.0005$ м.

Потери давления в местных сопротивлениях тепловой сети определяются:

$$\Delta P_{\text{м}} = \sum \zeta \frac{\rho \times V^2}{2} \quad (4.18)$$

Где сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке тепловой сети (таблица 4.2)

ρ -плотность воды, 958,4 кг/м³;

V -скорость воды, м/с.

При разработке квартальных тепловых сетей, когда неизвестен характер и количество местных сопротивлений по участкам, можно пользоваться эквивалентной длиной местных сопротивлений в долях от линейной длины. Потери давления в местных сопротивлениях тепловой сети определяются

$$\Delta P_{\text{м}} = \alpha \cdot \Delta P_{\text{л}} = \alpha \cdot R_{\text{л}} \cdot L = R_{\text{л}} \cdot L_e, \text{ Па}, \quad (4.19)$$

где L_e -эквивалентная длина местных сопротивлений, м;

L -длина участка трубопровода, м;

α -коэффициент, учитывающий долю потерь давления в местных сопротивлениях, зависит от диаметра трубопровода, типа компенсатора и вида теплоносителя в тепловых сетях, принимается по таблице 4.3.

Таблица 4.3.

Значения коэффициента α

Тип компенсатора	Диаметр условного прохода трубопровода	Коэффициента α для водяных тепловых сетей
Разветвленные тепловые сети		
П-образные с гнутыми отводами	До 150	0,3
	175-200	0,4
	250-300	0,6
П-образные со сварными или крутоизогнутыми отводами	175-250	0,6
	300-350	0,8
	400-500	0,9
Сальниковые	До 400	0,3

Потери давления на участке тепловой сети определяются :

$$\Delta P = R_{\text{л}} (1 + \alpha) = R_{\text{л}} \times L_{\text{пр}} , \text{ Па} \quad (4.20)$$

Где $L_{\text{пр}} = L + L_{\text{е}}$ – приведенная длина участка ,м.

Потери напора на участке тепловой сети определяются :

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{g} , \text{ м.вод.ст.} \quad (4.21)$$

где g – ускорение свободного падения ,равно $9,81 \text{ м/сек}^2$.

Зная потери напора в подающих и обратных трубопроводах, а также необходимого располагаемого напора в конце магистрали, который назначается с учетом гидравлической устойчивости системы, определяют необходимый располагаемый напор на выходе из автономной котельной.

Правильно выполненный гидравлический расчет тепловых сетей позволяет решить следующие вопросы: выяснение условий работы автономной системы теплоснабжения при различных гидравлических режимах; выбор схемы присоединения тепловых потребителей к квартальной тепловой сети; установление характеристик насосов и другого оборудования автономной котельной; определение стоимости квартальных тепловых сетей.

Контрольные вопросы.

1. Схема тепловых сетей с иерархическим построением.
2. Задачи гидравлического расчета квартальных трубопроводов тепловых сетей.
3. Расход сетевой воды в отопительный период для открытой системы теплоснабжения.
4. Расход сетевой воды в отопительный период для закрытой системы теплоснабжения.
5. Расход сетевой воды в неотопительный период для открытой системы теплоснабжения.
6. Расход сетевой воды в неотопительный период для закрытой системы теплоснабжения.

Лекция 5. Децентрализованные системы горячего водоснабжения.

Горячее водоснабжение необходимо для обеспечения коммунально-бытовых нужд потребителей. По назначению потребителей различают системы горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий. Горячее водоснабжение – это один из видов круглогодичных тепловых нагрузок, потребление горячей воды в зданиях неравномерно в течение единицы времени (часа, суток), хотя поступление горячей воды к водоразборным приборам непрерывное.

Системы горячего водоснабжения состоят из источника для приготовления горячей воды, трубопроводов, по которым вода поступает к водоразборным приборам потребителей и приборов для регулирования параметров и контроля расхода теплоносителя.

По месту расположения источника для приготовления горячей воды системы горячего водоснабжения бывают централизованные и децентрализованные. В централизованных системах горячая вода поступает к большой группе потребителей из внешних тепловых сетей от квартальных автономных котельных.

Децентрализованные системы горячего водоснабжения обеспечиваются горячей водой от местных источников - устройств, размещённых в непосредственной близости от водоразборных приборов. Децентрализованные или местные системы горячего водоснабжения применяются при отсутствии централизованного теплоснабжения. В таких системах источником горячей воды в жилых и общественных зданиях является газовые электрические водонагреватели или водогрейные колонки на твердом или газообразном топливе.

В автономных системах теплоснабжения подготовка горячей воды осуществляется в котельной или в местных тепловых пунктах (МТП), из которых вода поступает в местные системы горячего водоснабжения. По месту аккумуляции горячей воды различают системы с индивидуальным аккумулярованием МТП и с центральным аккумулярованием у источника теплоты - автономных котельных.

Приготовление горячей воды для системы горячего водоснабжения в автономной котельной имеет следующие преимущества:

- уменьшение общего числа теплотехнического оборудования (подогревателей, циркуляционных насосов, регуляторов температуры и др.);
- возможность централизованной обработки местной водопроводной воды с целью предупреждения коррозии систем горячего водоснабжения; сокращение эксплуатационных затрат.

Однако приготовление горячей воды в автономной котельной имеет и существенные недостатки:

- сложность равномерного распределения горячей воды между отдельными зданиями;
- сложность наладки системы горячего водоснабжения; существенное снижение температуры горячей воды у наиболее удаленных потребителей.

С учетом указанных выше причин, выбор подготовки горячей воды в автономной котельной в каждом конкретном случае должен подтверждаться технико-экономическим расчетом.

Схемы местных систем горячего водоснабжения зависят от назначения и размеров здания, характера изменения тепловой нагрузки и ряда других факторов. По способу прокладки трубопроводов от места расположения МТП в здании до водоразборных приборов различают местные системы горячего водоснабжения с верхней и нижней разводкой, тупиковые и с циркуляцией горячей воды. По способу циркуляции горячей воды системы горячего водоснабжения подразделяются на системы с естественной и принудительной циркуляцией.

В небольших малоэтажных жилых домах с периодическим водоснабжением, в банно-прачечных хозяйствах с постоянным водоразбором используется наиболее простые и

дешевые тупиковые схемы с верхней разводкой трубопроводов и баком - аккумулятором (рисунок 5.1).

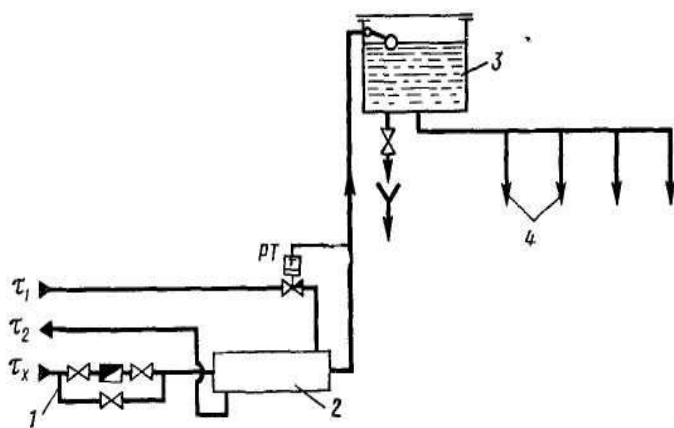


Рисунок 5.1.Тупиковая схема горячего водоснабжения с верхней разводкой и баком-аккумулятором.
1 - водопроводная вода;
1 - секционный водонагреватель;
3 - верхний бак-аккумулятор с поплавковым краном;
4 - водоразборные приборы;
РТ - регулятор температуры.

Горячее водоснабжение, осуществляемое от квартальных водяных тепловых сетей бывает двух видов: с непосредственным водоразбором в открытых системах теплоснабжения и. нагрев водопроводной воды в водонагревателях в закрытых системах теплоснабжения. В зданиях с разводящими трубопроводами большой длины, применяют схемы с принудительной циркуляцией с помощью насосов водонагревателем

циркуляцией с и (рисунок 5.2).

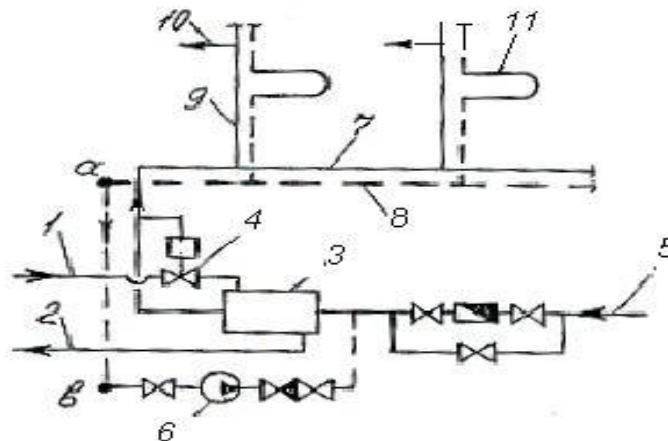


Рисунок 5.2. Схема горячего водоснабжения с нижней разводкой и принудительной циркуляцией.
1,2-трубопроводы тепловой сети; 3-водонагреватель;4-регулятор температуры; 5-водопроводная вода; 6-циркуляционный насос; 7-подающая линия; 8-циркуляционная линия; 9-разборный стояк; 10- к водоразборным приборам; 11- полотенцесушитель

В схемах горячего водоснабжения с непосредственным водоразбором из тепловых сетей устанавливаются смесители (рисунок 5.3). Смесители в этих схемах предназначены для понижения температуры сетевой воды, поступающей из подающего трубопровода тепловой сети, за счет подмешивания более холодной воды из обратного трубопровода тепловой сети.

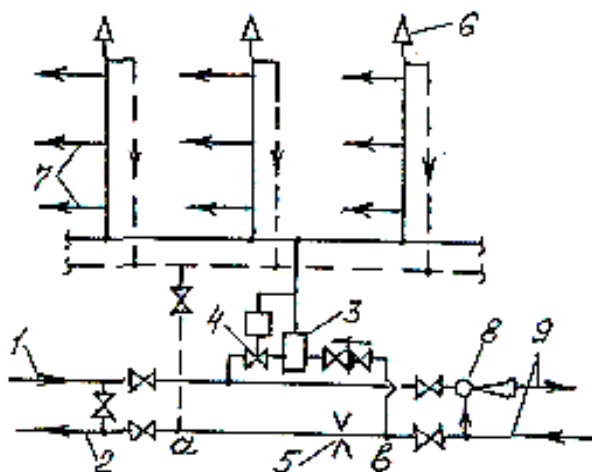


Рисунок 5.3. Схема горячего водоснабжения с непосредственным водоразбором из тепловых сетей и нижней разводкой.
1,2-трубопроводы тепловой сети; 3-водонагреватель; 4-регулятор температуры; 5-дроссель-шайба; 6-воздухоотводчик; 7-к водоразборным приборам; 8-элеватор; 9- к системе отопления.

Выравнивание потребления воды в системах горячего водоснабжения можно решить, установив *баки-аккумуляторы*, назначение которых - устранение или сглаживание эксплуатационного противоречия между неравномерным режимом потребления горячей воды и равномерным режимом подачи теплоты на горячее водоснабжение.

Баки - аккумуляторы различают:

- А) по конструкции - открытые и закрытые;
- Б) по месту расположения - верхние и нижние.

В закрытых баках сохраняется напор водопровода, а в открытых он полностью теряется. Но открытый бак более безопасен, так как не является сосудом под давлением.

Системы горячего водоснабжения с нижней разводкой и аккумулярованием могут иметь только нижнее расположение баков-аккумуляторов (рисунок 5.4).

Нижние баки находятся под статическим давлением воды самой высокой точки водоразбора, поэтому в них деаэрация воды не происходит. Запас тепла в баках создается при уменьшении или прекращении водоразбора, когда производительность насоса и подогревателя превышает нагрузку горячего водоснабжения. В такие периоды поступление холодной воды из водопровода в замкнутую систему уменьшается или полностью прекращается, а непрерывная работа подогревателя используется на повышение тепловой энергии в системе.

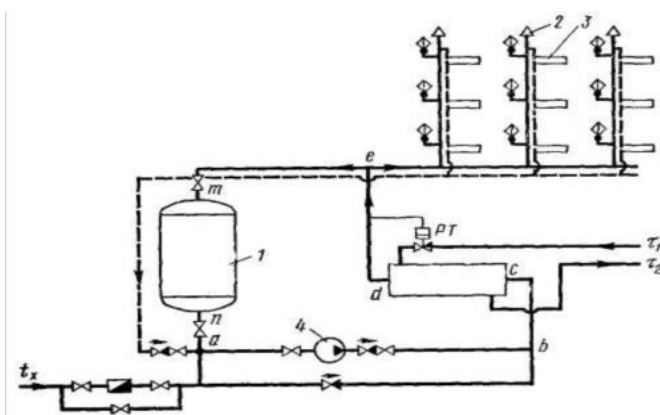


Рисунок 5.4. Схема горячего водоснабжения с нижним баком-аккумулятором.
1 - бак-аккумулятор; 2 - воздухоотводчик; 3 - полотенцесушитель; 4 - зарядочный насос.

Нижние баки находятся под статическим давлением воды самой высокой точки водоразбора, поэтому в них деаэрация воды не происходит. Запас тепла в баках создается при уменьшении или прекращении водоразбора, когда производительность насоса и подогревателя превышает нагрузку горячего водоснабжения. В такие периоды поступление холодной воды из водопровода в замкнутую систему уменьшается или полностью прекращается, а непрерывная работа подогревателя используется на

повышение тепловой энергии в системе.

Процесс постепенного заполнения аккумулятора горячей водой называется зарядкой. Когда разбор горячей воды становится равным производительности зарядочного насоса и подогревателя, зарядка аккумулятора прекращается, и ввиду падения давления в циркуляционном трубопроводе обратный клапан закрывается, прекращая циркуляцию воды.

По режиму работы различают баки - аккумуляторы: с переменной температурой и постоянным объемом ($t^h \neq const; V = const$) и с постоянной температурой и переменным объемом ($t^h = const; V \neq const$). Кроме того, бак может быть только аккумулятором (рисунок 5.5), а может одновременно служить емкостным водонагревателем (рисунок 5.6).

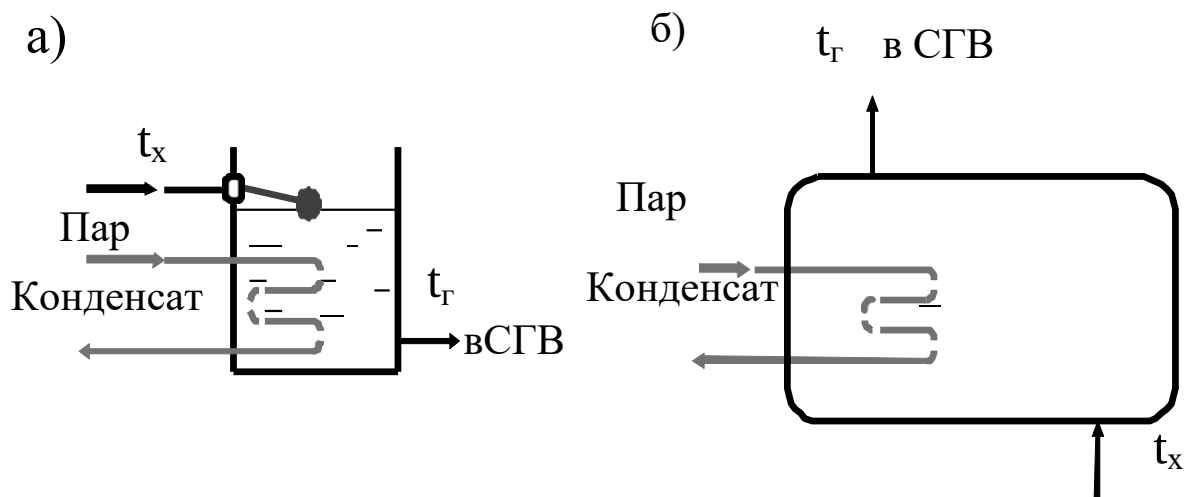


Рисунок 5.6. Емкостные водонагреватели, выполняющие одновременно роль баков-аккумуляторов: а) открытый; б) закрытый.

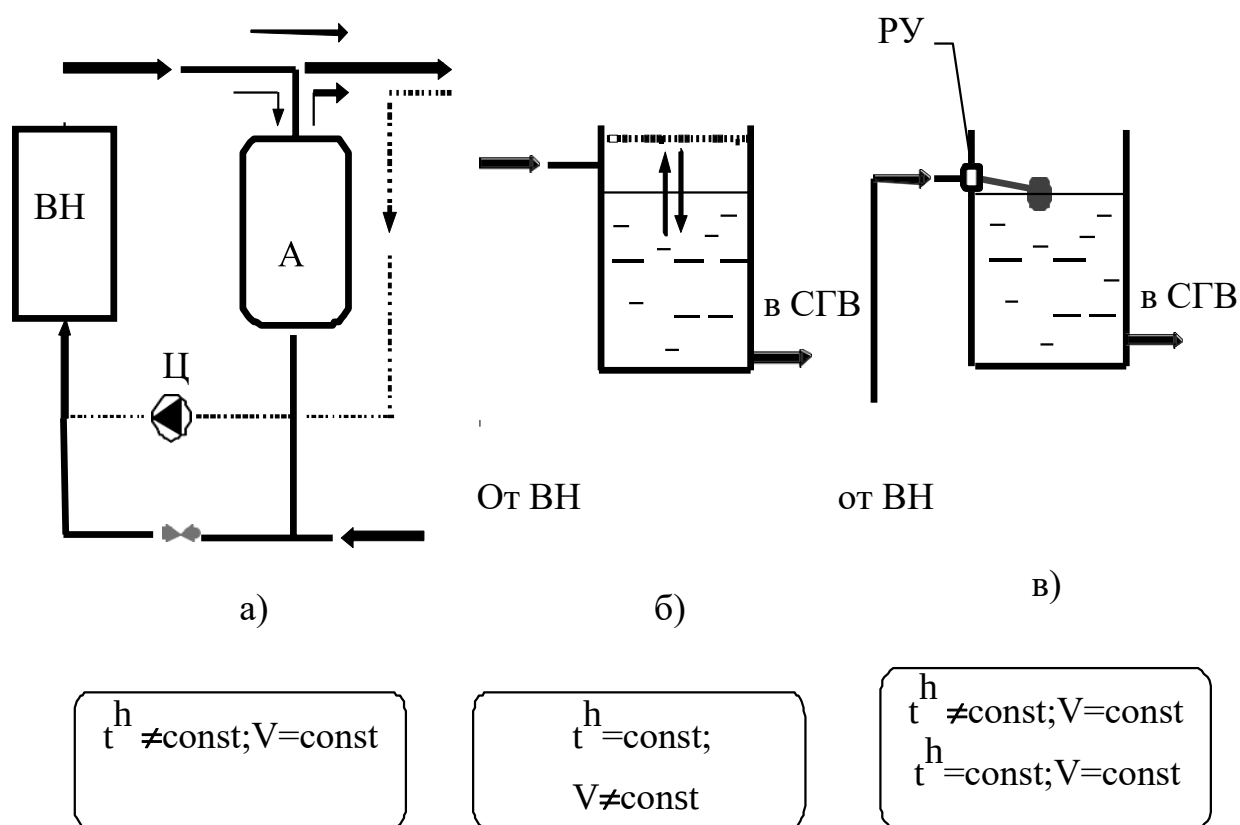


Рисунок 5.5. Варианты организации режимов работы баков-аккумуляторов: а) нижнего закрытого; б) открытого без регулятора уровня; в) открытого с регулятором уровня

Суточный график показывают неравномерность потребления горячей воды потребителями, и представляет собой гистограмму (столбчатую диаграмму), может строиться, как в тепловых единицах, так и непосредственно в м³ (рисунок 5.7.)

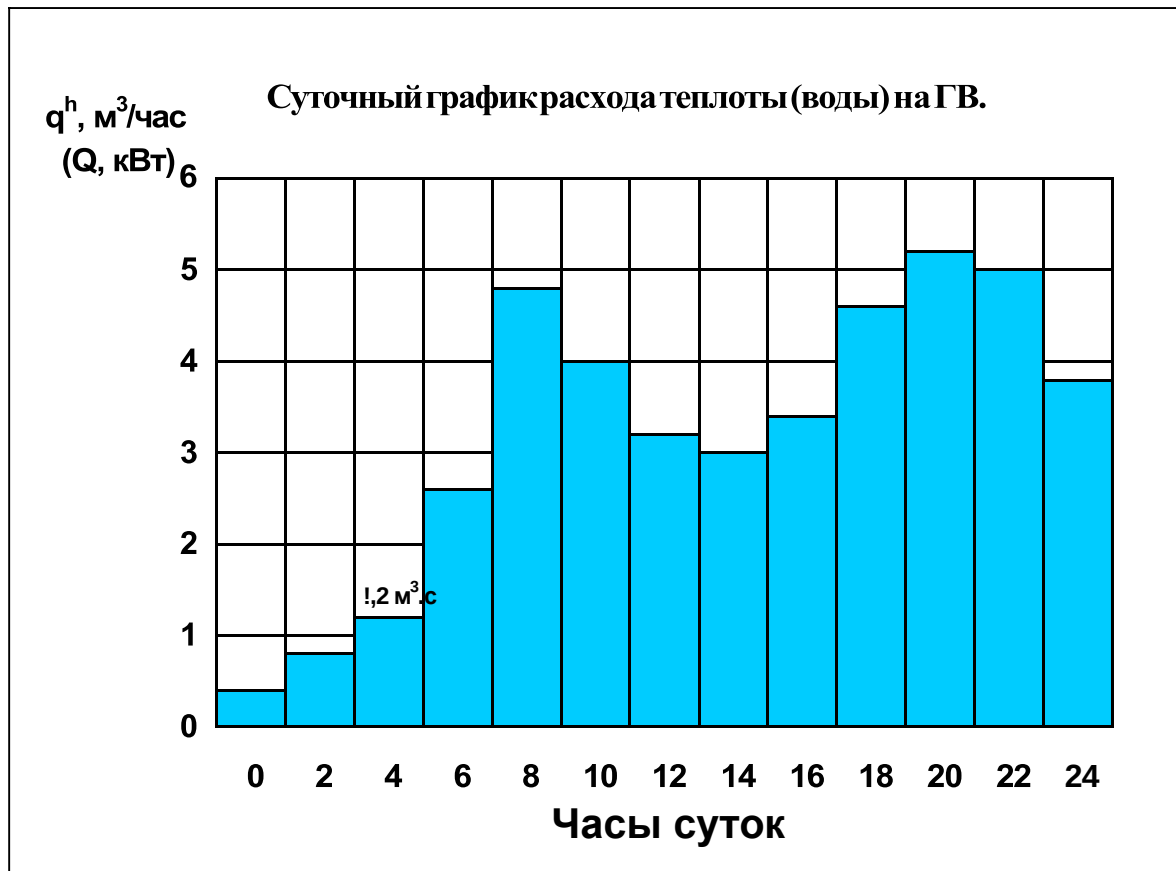


Рисунок 5.7. Суточный график потребления теплоты или горячей воды.

Интегральный график строится с использованием суточного графика, базирующегося на среднестатистических данных по расходу воды для данного типа потребителей. Линия потребления по интегральному графику (рисунок 5.8.) показывает потребление теплоты или воды нарастающим итогом к текущему моменту времени. Характеристикой текущего расхода теплоты является tg угла наклона линии потребления к горизонтали.

При построении в тепловых единицах и при работе в режиме:

- $t^h = \text{const}; V \neq \text{const}$

$$V_{\epsilon h} = \frac{A_{\max}}{(t^h - t^c) c_p \rho}, \text{ м}^3 \quad (5.1)$$

- $t^h \neq \text{const}; V = \text{const}$

$$V_{ak} = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{(t_{\max}^h - t_{\min}^h) c_p \rho}, \text{ м}^3 \quad (5.2)$$

- по СНиПу

$$V_{\epsilon h} = \varphi G_{c-\square} = 3600 \varphi \frac{TQ_r^h}{(55 - t^c) c_p \rho} = \varphi \frac{TQ_r^h}{1.16(55 - t^c)}, \text{ м}^3 \quad (5.3)$$

φ - относительная величина аккумулирующего объема, определяемая по формулам СНиПа или по [1, Прилож. 7,8] в зависимости от коэффициента часовой неравномерности потребления теплоты

$$K_{hr}^{ht} = \frac{Q_{hr}^h}{Q_T^h} \quad (5.4)$$

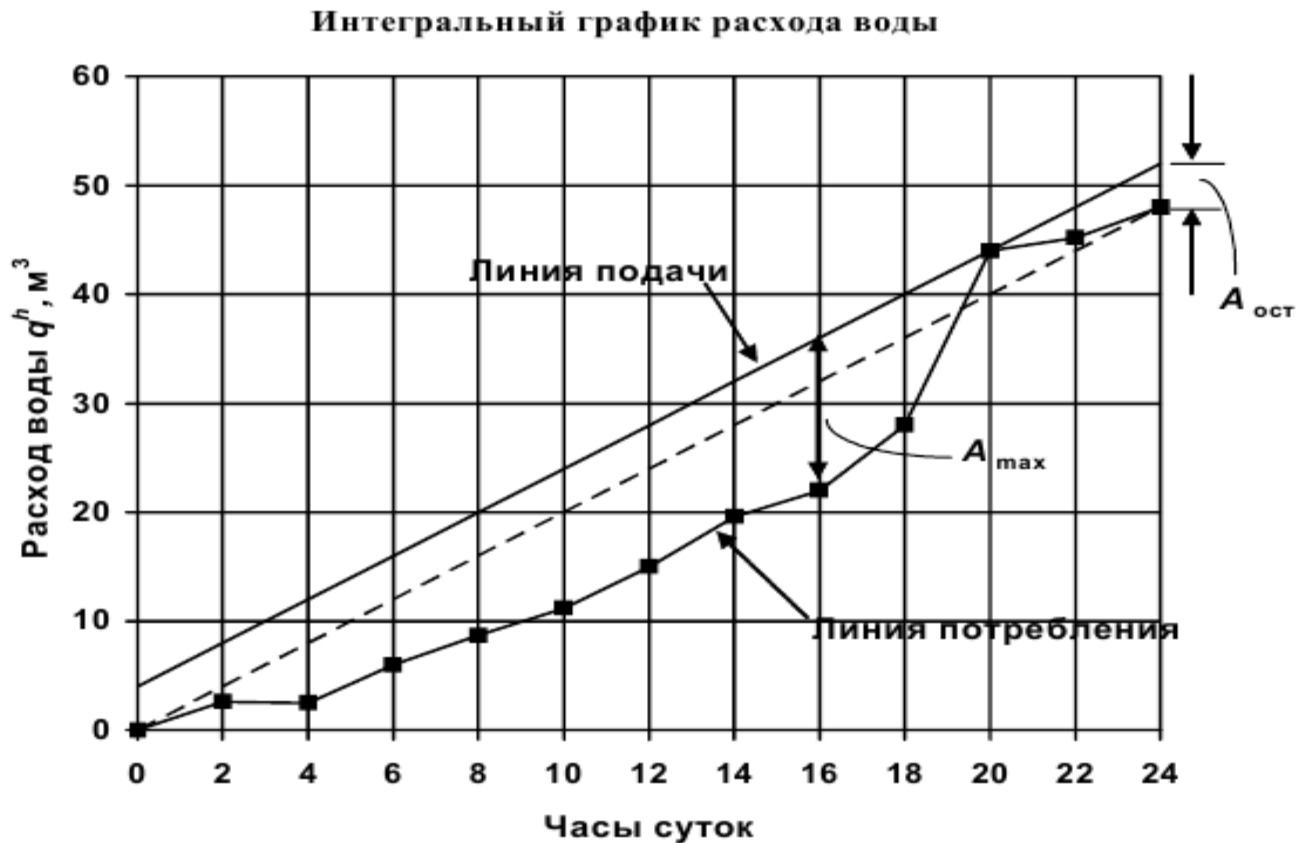


Рисунок 5.8. Интегральный график потребления теплоты или горячей воды.

Коэффициент часовой неравномерности подачи теплоты

$$K_{hr}^{ht,sp} = \frac{Q^{sp}}{Q_T^h}, \quad (5.5)$$

Где Q^{sp} - расчетная мощность водонагревателя системы ГВ

Контрольные вопросы.

1. Требования к децентрализованным системам горячего водоснабжения.
2. Назначение суточных графиков потребления теплоты.
3. Назначение интегральных графиков потребления теплоты
4. Назначение и емкость баков-аккумуляторов.

Лекция 6. Гидравлический расчет децентрализованных систем горячего водоснабжения.

Гидравлический расчет системы горячего водоснабжения производится для двух

режимов: максимального водоразбора и циркуляции. В режиме максимального водоразбора выбираются диаметры подающих трубопроводов и определяются потери давления в них.

В режиме циркуляции определяется: циркуляционный расход воды, позволяющий покрыть теплопотери подающих трубопроводов и тем самым поддерживать температуру воды на заданном уровне; выбираются диаметр циркуляционных трубопроводов; определяются потери давления в подающих и циркуляционных трубопроводах, необходимых для выбора циркуляционных насосов (для закрытых систем) или расчета циркуляционной диафрагмы (для открытых систем).

Целью гидравлического расчета трубопровода децентрализованных системы горячего водоснабжения является обеспечение во всех водоразборных приборах здания нормативного расхода горячей воды с заданной температурой.

Системы горячего водоснабжения обеспечивают подачу горячей воды, согласно, расчетному числу потребителей или установленных санитарно-технических приборов. В системе горячего водоснабжения рассматриваются расчетные расходы горячей воды:

q^h - максимальный секундный расход горячей воды, кг/с;

q_r^h - максимальный часовой расход горячей воды, кг/ч;

q_T^h - средний часовой расход горячей воды кг/ч;

Максимальный секундный расход горячей воды на участке сети определяется:

(6.1)

Где q_0^h - секундный расход горячей воды, л/с;
 α - коэффициент, определяемый в зависимости от общего числа приборов N на расчетном участке сети и вероятности их действия P^h

Вероятность действия приборов определяется:

(6.2)

Где $q_{hr,u}^h$ - норма расхода горячей воды в литрах на одного потребителя, кг/с;
 U - количество потребителей горячей воды, чел;
 N - общее количество водоразборных приборов в здании, шт.

Максимальный часовой расход горячей воды определяется:

(6.3)

Где $q_{0,hr}^h$ - часовой расход горячей воды одним санитарно-техническим прибором, л/ч;
 α_{hr} - коэффициент, зависящий от общего числа приборов N и вероятности их действия.
 Вероятность действия приборов P_{hr}^h для системы в целом определяется

$$P_{hr}^h = \frac{3600 P^h q_o^h}{q_{o,hr}^h} \quad (6.4)$$

Средний часовой расход горячей воды за период максимального водопотребления T , определяется

$$q_T^h = \frac{1}{1000 T} \sum_{i=1}^i q_{u,i}^h U_i, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (6.5)$$

Где q_u^h - норма расхода горячей воды в л/ч в сутки наибольшего водопотребления.

Тепловой поток Q_T^h, Q_{hr}^h кВт, за период (сутки, смена) максимального водопотребления на нужды горячего водоснабжения (с учетом теплопотерь) следует вычислять по формулам:

а) в течение среднего часа

$$Q_T^h = 1,16 q_T^h (55 - t^c) + Q_{ht}^h; \quad (6.6)$$

б) в течение часа максимального потребления

$$Q_{hr}^h = 1,16 q_{hr}^h (55 - t^c) + Q_{ht}^h. \quad (6.7)$$

Задачи гидравлического расчета трубопроводов системы горячего водоснабжения:

- выбор диаметров трубопровода;
- определение потерь давления при расчетных расходах воды;
- определение потерь давления в режиме циркуляции.

Гидравлический расчет системы горячего водоснабжения производится на расчетный расход горячей воды $q^{h,cir}$ с учетом циркуляционного расхода

Расчетный расход горячей воды определяется по формуле

$$q^{h,cir} = q^h (1 + K_{cir}), \text{ кг/с} \quad (6.8)$$

Где q^h - максимальный секундный расход горячей воды на расчетном участке сети, кг/с;

K^{cir} - коэффициент, принимаемый от смесителя в МТП и начальных участков системы до первого водоразборного стояка (таблица 6.1), а для остальных участков принимается равный нулю. Для определения расчетного расхода горячей воды $q^{h,cir}$ необходимо предварительно рассчитать на участках максимальный секундный и циркуляционный расходы воды.

Расчетный расход воды рассчитывается, начиная с самой удаленной точки водоразбора до МТП или автономной котельной.

Диаметры подающих трубопроводов выбираются по двум параметрам:

- по максимальным секундным расходам горячей воды на участке;
- скорости воды, которая принимается не более 1,5 м/сек.

Потери давления воды в подающих трубопроводах в режиме максимального водоразбора и циркуляции определяются на участках от наиболее удаленного водоразборного прибора до смесителя (для открытых систем) или водонагревателя

(для
закрытых систем) в местном тепловом пункте

$$\Delta P = i l K_i (1 + K_l) \quad (6.9)$$

где i - удельные потери давления, Па/м;

l - длина расчетного участка, м;

K_i - коэффициент, учитывающий потери давления от накипеобразования, для открытых систем теплоснабжения $K_i = 1$.

K_l - коэффициент, учитывающий потери давления в местных сопротивлениях, принимается:

- 0,1 – для трубопроводов водоразборных стояков без полотенцесушителей;
- 0,2 – для подающих (распределительных) трубопроводов;
- 0,5 – для трубопроводов водоразборных стояков с полотенцесушителями;
- 0,5 – для трубопроводов в пределах тепловых пунктов.

Таблица 6.1.

Значения коэффициента k_{cir} для систем горячего водоснабжения

$\frac{q^h}{q^{cir}}$	K_{cir}	$\frac{q^h}{q^{cir}}$	K_{cir}
1,2	0,57	1,7	0,36
1,3	0,48	1,8	0,33
1,4	0,43	1,9	0,25
1,5	0,40	2,0	0,12
1,6	0,38	2,1 и более	0,00

Для определения циркуляционных расходов горячей воды и теплового потока на горячее водоснабжения здания необходимо знать теплотери подающих трубопроводов.

Циркуляция воды в системе горячего водоснабжения служит для предотвращения остывания воды в разводящих трубопроводах при отсутствии водоразбора (например, в жилых зданиях в ночное время).

По уровню охвата циркуляцией системы горячего водоснабжения различают:

- системы без циркуляции;
- системы с циркуляцией только в магистральных трубопроводах;
- системы с циркуляцией как в распределительных магистралях, так и в стояках.

Циркуляционный расход на головном участке системы распределяется по участкам пропорционально их теплотериям подающих трубопроводов.

Теплотери подающих трубопроводов на каждом участке сети определяются

$$Q^{ht} = q^{ht} \cdot l_{уч} \cdot (1 - \eta) \quad (6.10)$$

где Q^{ht} – потери теплоты на участке, кВт ;

$l_{уч}$ – длина участка, м;

q^{ht} - удельные теплотери, принимаемые в зависимости от диаметра трубопровода;

$\Delta t = t_{ср} - t_{окр}$ разности температуры горячей воды и температуры окружающей среды, кВт/м;

η - коэффициент полезного действия изоляции, применяется для изолированных трубопроводов в пределах 0,6÷0,8.

Суммарные теплотери подающих трубопроводов всей системы определяются путем последовательного сложения теплотерий стояков и участков системы.

Суммарный циркуляционный расход воды, необходимый для восполнения потерь теплоты подающих трубопроводов системы определяется

$$q^{cir} = \beta \cdot \frac{\sum Q^{ht}}{c \cdot \Delta t}, \text{ л/с} \quad (6.11)$$

где q^{cir} - суммарный циркуляционный расход воды, кг/с;

$\sum Q^{ht}$ - суммарные теплотери подающих трубопроводов, кВт;

c - теплоемкость воды, равна 4.19 кДж/кг °С;

Δt - перепад температур воды в подающих трубопроводах на пути от водонагревателя до наиболее удаленного водоразборного прибора, равный 10°С;

β - коэффициент разрегулировки системы горячего водоснабжения, который зависит от схемы водоразборного узла.

В системах горячего водоснабжения с циркуляцией только по разводящим трубопроводам Q^{ht} определяется только в них и расчет выполняется при $\Delta t^h = 10$ °С; $\beta = 1$.

В системах с циркуляцией в разводящих трубопроводах и в стояках с неодинаковым сопротивлением Q^{ht} определяется по разводящим трубопроводам и стоякам и расчет выполняется при $\Delta t^h = 10$ °С; $\beta = 1$.

В системах с циркуляцией в разводящих трубопроводах и в стояках с одинаковым сопротивлением Q^{ht} определяется только по стоякам и расчет выполняется при $\Delta t^h = 8,5$ °С; $\beta = 1,3$.

Циркуляцию разрешается не предусматривать, если температура воды в точках водоразбора при регламентированном по времени водоразборе не будет снижаться ниже минимально допустимой.

Принцип распределения циркуляционного расхода можно на следующем условном примере (рисунок 6.1). Представим, что в очередном узле трубопровода необходимо распределить циркуляционный расход воды (распределение производится по направлению движения воды от МТП к наиболее удаленному стояку). Узел 6 образован подключением к магистрали циркуляционного полукольца очередного стояка с условным стояком № 3 (полукольцо - это сам стояк и его циркуляционная часть).

Если циркуляционный расход на участках 6-7 определенный при увязке предыдущего узла 7, q_{6-7}^{cir} , то искомый расход, направляемый дальше по участку 5-6 составит

$$q_{5-6}^{cir} = q_{6-7}^{cir} \frac{\sum Q_6^{ht}}{\sum Q_6^{ht} + Q_{cm, \text{№} 3}^{ht}} \quad (6.12)$$

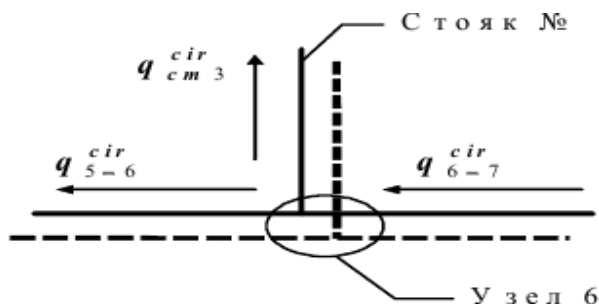


Рисунок 6.1.
Пример распределения
циркуляционных потоков в системе
горячего водоснабжения

Циркуляционный расход, направляемый в стояк № 3 равен

$$q_{ст. № 3}^{cir} = q_{6-7}^{cir} - q_{5-6}^{cir} \quad (6.13)$$

где $\sum Q_6^{ht}$ - сумма теплотерь подающих трубопроводов системы в от наиболее удаленной точки до узла 6;

$Q_{ст. № 3}^{ht}$ - теплотери стояка.

Для удобства использования такого метода сам расчет теплотерь рекомендуется вести с последовательным учетом потерь каждого стояка в точке его подключения. После распределения циркуляционных расходов по расчетным участкам выполняется гидравлическая увязка системы в режиме циркуляции.

Диаметры циркуляционных трубопроводов выбираются равными диаметрам подающих трубопроводов или на 1-2 калибра меньше подающих трубопроводов с учетом увязки потерь давления циркуляционных колец 10%.

Потери давления по участкам в циркуляционных трубопроводах рассчитывается по формуле (6.9). Потери давления в циркуляционных трубопроводах расчетной магистрали системы горячего водоснабжения необходимо знать для выбора циркуляционных насосов (для закрытых систем) или расчета циркуляционной диафрагмы (для открытых систем).

При невозможности увязки давлений в сети трубопроводов системы горячего водоснабжения путем соответствующего подбора диаметров труб следует предусматривать установку регуляторов температуры или диафрагм на циркуляционном трубопроводе системы.

Диаметр отверстий регулирующих диафрагм определяется

$$d_g = 20 \cdot \sqrt{\frac{q}{0.0316 \cdot \sqrt{H_{ep} + 350 \cdot \frac{q}{d^2}}}} \quad (6.14)$$

или d_g подбирается по номограмме 6 рекомендуемого приложения 4 СНиПа.

Диаметр диафрагмы не следует принимать менее 10 мм. Если по расчету диаметр диафрагм необходимо принимать менее 10 мм, то допускается вместо диафрагмы предусматривать установку кранов для регулирования давления.

Тепловую изоляцию необходимо предусматривать для подающих и циркуляционных трубопроводов системы, включая стояки, кроме подводов к водоразборным приборам. Толщина теплоизоляционного слоя конструкции должна быть не менее 10 мм, а теплопроводность теплоизоляционного материала не менее 0,05 Вт/(м×°С).

При проектировании системы горячего водоснабжения .следует предусматривать возможность компенсации температурных удлинений труб.

Контрольные вопросы.

1. Режимы максимального водоразбора и циркуляции горячей воды в системе.
2. Основы гидравлического расчёта трубопроводов горячего водоснабжения.
3. .Теплотери подающих трубопроводов горячего водоснабжения.
4. Методика расчета циркуляционных расходов горячей воды.
5. Методика определения расчетных расходов горячей воды.

Лекция 7. Оборудование котельной автономных систем теплоснабжения.

Автономные котельные предназначены для обеспечения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения жилых и общественных зданий и технологических нужд промышленных предприятий. Целесообразность строительства автономных котельных для поселков и жилых кварталов с прокладкой наружных тепловых сетей к потребителям должна быть обоснована технико-экономическими расчетами и сравнением вариантов проектных решений.

Автономные котельные, как правило, делаются сблокированными или отдельно стоящими, закрытого типа, независимо от местных климатических условий. При установке не более четырех котлов (если позволяют грунтовые условия и рельеф местности) автономные квартальные котельные, как исключение, допускается устраивать в подвале одного из отапливаемых зданий.

Встроенная в здание котельная должна быть расположена по возможности в центральной части подвала или цокольного этажа с окнами, обращенными внутрь квартала, и обособленным входом с улицы или из тамбура лестничной клетки. Выходные двери котельной должны открываться наружу. Встроенная котельная должна иметь несгораемое перекрытие. Кроме того, это перекрытие должно быть непроницаемым для газов и иметь хорошую звукоизоляцию.

В процессе разработки строительного проекта здания со встроенной котельной или здания отдельно стоящей котельной должны учитываться все специфические требования, предъявляемые к планировке котельной и размещению оборудования.

При выборе типов отопительных котлов для автономного теплоснабжения необходимо учитывать следующие факторы:

- применение современных малогабаритных котлов;
- возможность сжигания местного твердого и жидкого или газового топлива;
- возможность установки дополнительных котлов в случае расширения котельной.

Размеры помещений автономной котельной определяются габаритами размещаемого в них оборудования с соблюдением определенных требований, обеспечивающих удобство монтажа, эксплуатации и ремонта оборудования. Как правило, все котлы располагают фронтом по прямой линии параллельно наружной стене, в которой имеются окна.

В качестве примера на рисунке 7.1 приводится план компоновки автономной котельной с размещением оборудования и устройств указанием размеров.

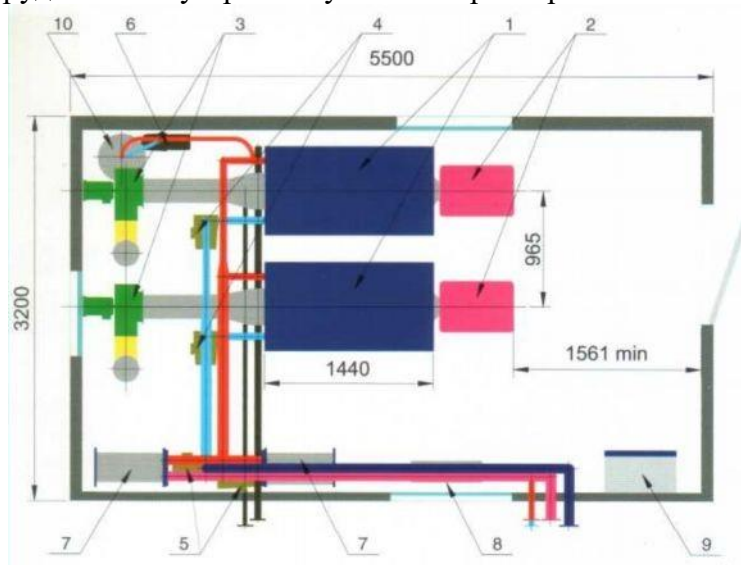


Рисунок 7.1. План автономной котельной:

- 1–котел KB2у-400; 2-горелка автоматическая «Lamborghini»; 3-вентилятор;
4-циркуляционный насос котлового контура; 5- циркуляционный насос сетевой;
6-насос подпиточный; 7-теплообменник пластинчатый; 8- теплообменник пластинчатый для горячего водоснабжения; 9-щит КИПиА; 10-расширительный бак.

В автономной котельных средней и большой мощности должны быть предусмотрены отдельные помещения для вспомогательного оборудования (насосов, вентиляторов и др.), служебно-бытовые помещения (гардеробная, туалетная, душевая). Число санитарных приборов в туалетной комнате (унитазов, умывальников) и душевых определяется по числу обслуживающего персонала автономной котельной.

Автономная котельная должна быть оборудована соответствующей вентиляцией. Удаление избыточного тепла и газа из котельной, встроенной в здание, обеспечивается дутьевыми вентиляторами, забирающими воздух из верхней зоны котельной и подающими его в топку котла. Для удаления избыточного тепла и газов из помещений отдельно стоящих котельных целесообразно устанавливать дефлекторы и крышные вентиляторы. Количество воздуха, забираемого из котельной дутьевыми вентиляторами, в холодный период не должно превышать 75% общего количества приточного воздуха, поступающего в котельную. Чистый воздух должен подаваться в котельную механической приточной вентиляцией или через оконные фрамуги.

При автономном теплоснабжении для присоединения систем отопления применяются распределительные узлы - гребенки (рисунки 7.2 и 7.3), размещаемые в специальных шкафах.



Рисунок 7.2. Распределительная гребенка

Конструкции и характеристики котлов

На рисунке 7.4 показана обвязка трубопроводов от индивидуального водогрейного котла, работа которого полностью автоматизирована и оборудована пультом управления.



Рисунок 7.4. Обвязка трубопроводов от индивидуального котла.

В автономных котельных чугунные котлы могут работать как водогрейные при температуре воды на выходе $85 \div 95^\circ$ и на входе в котел $65 \div 70^\circ$ или как паровые низкого давления $P_k \leq 0,7$ бар (кГ/см²).

Вертикальные цилиндрические котлы предназначены для получения пара высокого давления $P_k = 8$ бар (кГ/см²). Эти котлы устанавливаются в отдельно стоящих или сблокированных котельных, обычно обслуживающих технологические нужды коммунально-бытовых предприятий. Установка таких котлов в подвалах зданий и в пристройках к жилым зданиям запрещена.

Котлы серии КВ представляют собой сварную конструкцию, выполненные из высококачественной котловой стали (рисунок 7.5). В дымовых каналах находятся специальные завихрители-турбулизаторы, которые улучшают теплосъем при прохождении топочных газов через теплообменник. Котлы серии КВ могут быть использованы в системах отопления с естественной и искусственной циркуляцией теплоносителя.

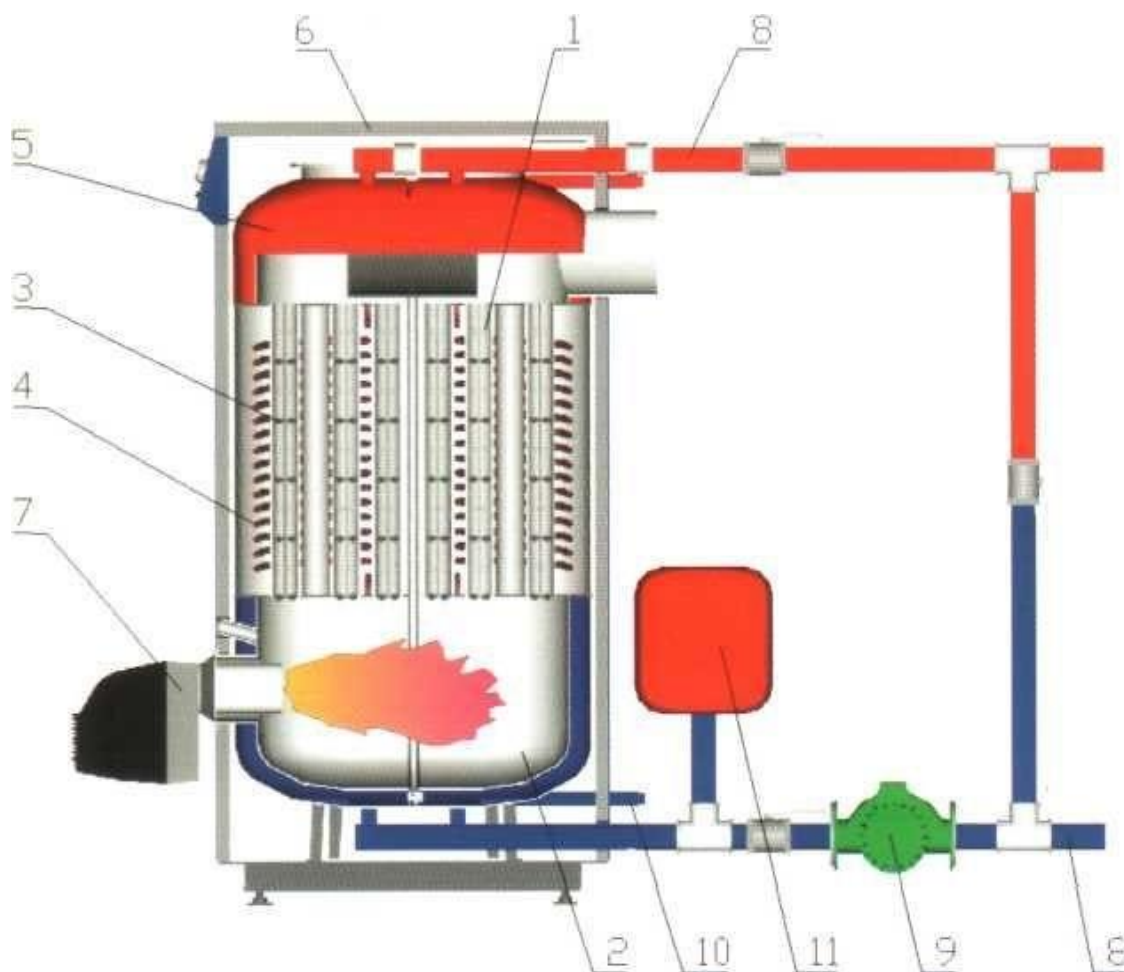


Рисунок 7.5. Конструкция водогрейного котла КВ: 1– высокоэффективный теплообменник ; 2- камера сгорания; 3- завихритель-турбулизатор; 4- теплообменник горячей; 5-водяная рубашка; 6-теплоизоляция; 7- газовая или жидкостная автоматическая горелка; 8- подача и возврат теплоносителя; 9- циркуляционный насос как для отопления; 10-ввод холодной воды и подача горячей воды; 11-расширительный бак.

Запуск и остановка котлов в автономной котельной осуществляется в автоматическом и ручном режимах:

- в автоматическом режиме - производится регулирование теплопроизводительности котлов для поддержания заданной температуры сетевой воды;

- в ручном режиме - поддержание температуры котловой воды производится регулировочным термостатом, расположенным на панели управления котлом.

Остановка котлов в автономной котельной производится при нарушении следующих технологических режимов:

- при понижении или превышении допустимых уровней давления воды;
- при повышении температуры в котле выше 102-105°C;
- при аварийном отключении циркуляционного насоса котлового контура;
- при аварийном отключении дымового вентилятора.

Информация о работе автономной котельной поступает на информационную ламповую панель диспетчера - наблюдателя и ЖКИ - панель контроллера, также постоянно ведется:

- контроль концентрации газов CH₄ и CO в помещении автономной котельной и отключение подачи газа в котельную при превышении концентраций выше предельно допустимых (ПДК);

- контроль возникновения пожара в помещении автономной котельной, включение звукового и светового сигнала на панели диспетчера – наблюдателя.

Ниже в таблицах 7.1 -7.4 приводятся характеристики водогрейных котельных установок различных типов и марок, производимые в Казахстане и России.

Таблица 7.1.

Характеристика котлов серии «Бура»

№ п/п	Тип и марка котлов	Тепловая мощность, МВт (Гкал/ч)	Расход топлива в сутки, кг	Отапли- ваемая площадь, м ²	Вес котла, кг	Цена (с учетом НДС),тенге
1	КВ-70	70	60,3	700	235	217800
2	КВ-80	80	69	800	255	233112
3	КВ-90	90	77,6	900	275	265638
4	КВ-100	100	86,3	1000	295	287496
5	КВ-120	120	99,4	1200	380	297396
6	КВ-130	130	112,2	1300	390	307296
7	КВ-140	140	126,6	1400	400	320232
8	КВ-160	160	141	1600	425	333168
9	КВ-180	180	155,3	1800	450	346104
10	КВ-200	200	175,4	2000	475	379500

Таблица 7.2.

Характеристики котлов серии «Нар»

№ п/п	Тип и марка котлов	Тепловая мощность, МВт (Гкал/ч)	Расход топлива в сутки, кг	Отапли- ваемая площадь, м ²	Вес котла, кг	Цена (с учетом НДС),тенге
1	КВ-225	225	195,5	2250	505	412896
2	КВ-250	250	215,7	2500	580	446292
3	КВ-275	275	244,5	2750	615	479424
4	КВ-300	300	273,3	3000	650	512556
5	КВ-350	350	302	3500	720	545820
6	КВ-400	400	345,2	4000	790	588981
7	КВ-450	450	388,4	4500	810	631752
8	КВ-500	500	431,5	5000	810	675312
9	КВ-800	800	690,3	8000	1400	832656
10	КВ-1000	1000	862,9	10000	1800	953172

Таблица 7.3.

Характеристики водогрейных чугунных котлов серии УКМ

№ п/п	Наименование показателя	Значения показателей котлов		
		УКМ-0,5 ВГ(Ж)	УКМ-1,0ВГ(Ж)	УКМ-1,5ВГ(Ж)
1	Теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)	0,65 (0,56)	1,0(0,86)	1,58(1,36)
2	Количество котлов	2	3	4
3	Температура воды, °С: на входе, не менее	75-45	75-45	75-45
	на выходе, не более	90-60	90-60	90-60
4	Давление теплоносителя, МПа (кгс/см ²)	до 0,3 (3,0)	до 0,3 (3,0)	до 0,3 (3,0)
5	Топливо	Газ, дизельное, легкое печное, нефть, мазут	Газ, дизельное, легкое печное, нефть, мазут	Газ, дизельное, легкое печное, нефть, мазут,
6	Расчетный КПД, %	94%	94%	94%
7	Габаритные размеры, мм длина	5500(8000)	5500(8000)	5500(8000)
	ширина	3240	6480	6480
	высота	3250	3250	3250
8	Количество блок- модулей	1	2	3

Таблица 7.4.

Характеристики водогрейных чугунных котлов серии КЧМ

№ п/п	Наименование показателя	Значения показателей котлов				
		КЧМ	КЧМ-2	КЧМ-2У	КЧМ-2М	КЧМ-
1	Число секций	4	4-6	4-9	4-10	3-10
2	Тепловая мощность, МВт	11,6	10,5-17,5	19,7-45,4	20,5-55	16,2-55,8
3	Габариты, м: длина	0,39	0,59-0,75	0,38-0,83	0,44-0,98	0,35-1,1
	ширина	0,375	0,45	0,505	0,5	0,47
	высота	0,86	0,68	1,06	1,055	1,065
4	Масса, кг	144	150-192	288-507	290-550	221-551

Подбор и схемы включения повысительных и циркуляционных насосов

Назначение повысительного насоса - восполнять недостаточный располагаемый напор до величины не меньше требуемого. Распространенным случаем является недостаток располагаемого (минимального гарантированного) напора H_g в точке подключения по сравнению с определенным требуемым, необходимым для нормальной работы системы горячего водоснабжения (СГВ).

В закрытых системах теплоснабжения - при нагреве воды на нужды СГВ ввод холодного водопроводы в здание обычно общий для систем холодного и горячего водоснабжения. Если при этом требуемый напор для СГВ превышает аналогичную величину для холодного водоснабжения не более чем на 10 м, устанавливается общая повысительная насосная установка (рисунок 7.6а).

Из рисунка 7.6.б видно, что перемещение дополнительного повысительного насоса за точку присоединения циркуляционного трубопровода, т.е. в циркуляционное кольцо, дает

возможность использовать повысительный насос одновременно и как циркуляционный.

Такой насос (рис. 7.6.в) называется повысительно-циркуляционным. Он подбирается на расчетный циркуляционный расход воды на головном участке q^{cir} .

Насос подбирается на суммарный расчетный расход на холодное и горячее водоснабжение:

$$q_{треб}^h = q^h + q^c, \quad (7.1)$$

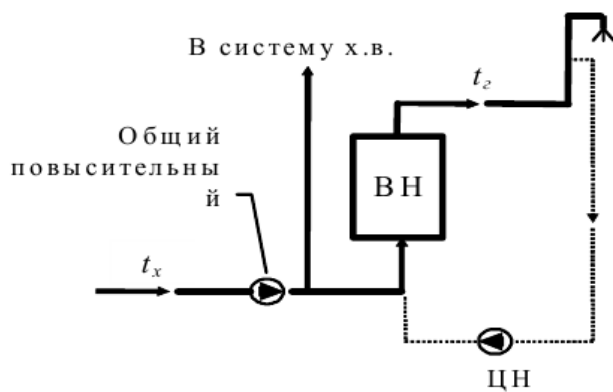
где q^c - расчетный расход холодного водопровода.

Требуемым напором насоса является больший из недостающих, то есть для СГВ:

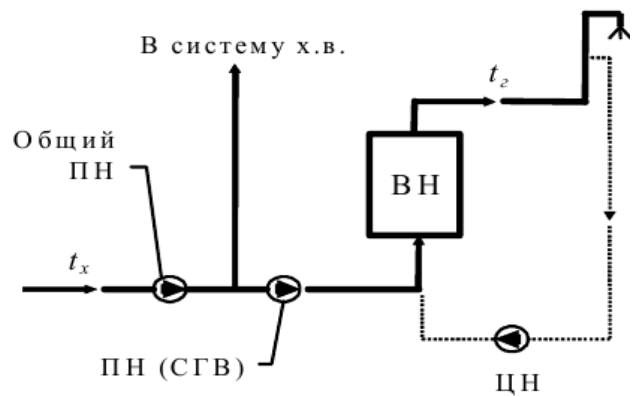
$$H_{треб}^h = H_{треб}^h - H_g \quad (7.2)$$

Если разница между требуемыми напорами систем горячего и холодного водоснабжения составляет более 10, то общий насос подбирается на тот же расход $q_{треб}^h$, но в качестве требуемого напора принимается недостаток напора для системы холодного водоснабжения

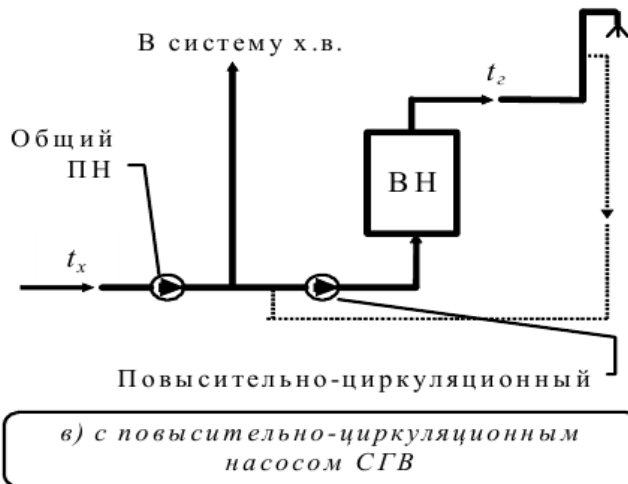
$$H_{треб}^{h(c)} = H_{треб}^c - H_g \quad (7.3)$$



а) с общей повысительной установкой



б) с общей повысительной установкой и дополнительным циркуляционным насосом СГВ



в) с повысительно-циркуляционным насосом СГВ

Рисунок 7.6.Схемы включения повысительных и циркуляционных насосов в закрытых системах теплоснабжения

Для нормальной работы СГВ устанавливается отдельный повысительный насос (рисунок 7.5.б). Он подбирается на расчетный расход горячего водоснабжения q_h и на оставшуюся величину недостатка напора:

$$H_{тр\epsilonб}^{nn(h)} = H_{тр\epsilonб}^h - H_g', \quad (7.4)$$

Циркуляционный насос подбирается на циркуляционный расход воды q^{cir} и напору, требуемому для обеспечения циркуляции в системе:

$$H_{тр\epsilonб}^{ци} = \sum H^{cir} + H_{cir}^{en} \quad (7.5)$$

Где $\sum H^{cir}$ - сумма потерь напора в трубопроводах циркуляционного контура в режиме чистой циркуляции

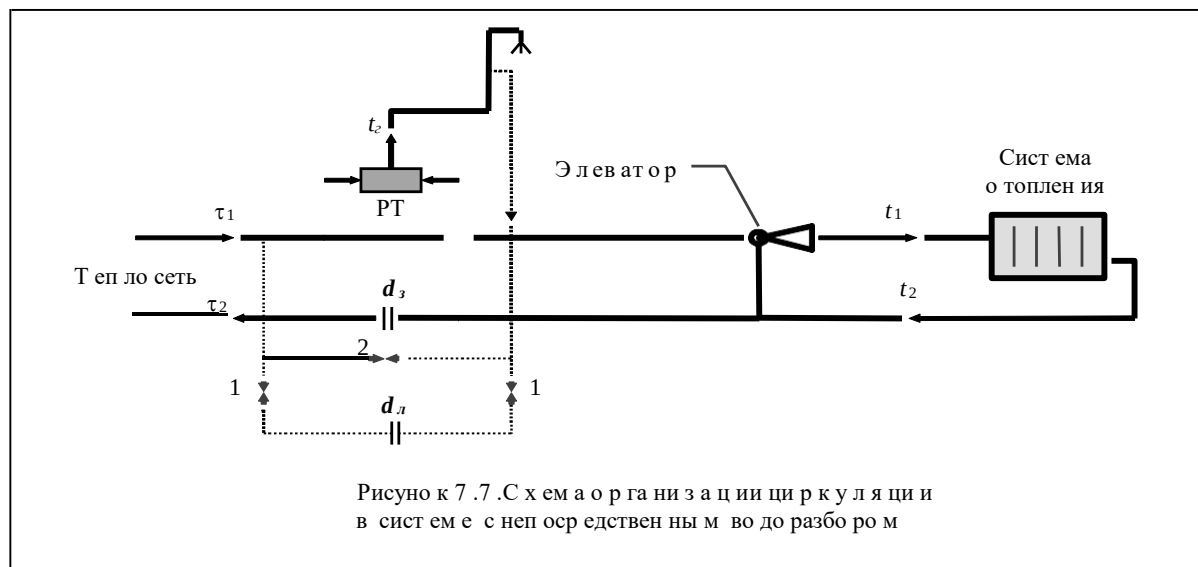
H_{cir}^{en} - потери напора в водонагревателе, пересчитанные на циркуляционный расход.

В открытых системах теплоснабжения - с непосредственным водоразбором из тепловой сети на нужды горячего циркуляция организуется установкой двух диафрагм (суживающие устройства). Это так называемые «зимняя» (d_3) и «летняя» (d_n) диафрагмы (рисунок 7.7).

Зимой вентили 1 закрыты, а вентиль 2 открыт. При этом весь расход системы отопления проходит через зимнюю диафрагму. Диафрагма рассчитывается на расход системы отопления q^o , а срабатываемый в ней напор H_d равен требуемому напору для

обеспечения циркуляции, то есть суммарным потерям напора в циркуляционном кольце

$$H_d = \sum H_{cir} \quad (7.6)$$



Летом система отопления не действует, поэтому вентиль 2 закрыт, а вентили 1 - открыты. Через диафрагму проходит только циркуляционный расход q^{cir} , который и является расчетным. Срабатывать в диафрагме должен весь избыточный располагаемый напор тепловой сети, т.е.

$$H_d = (H_{под} - H_{обр})_{т.с} - \sum H_{cir} \quad (7.7)$$

Диаметр диафрагмы может быть определен по выражению:

$$d_g = 20 \cdot \sqrt{\frac{q^{cir}}{0.316 \cdot \sqrt{H_d + 350 \cdot \frac{q^{cir}}{d_{вн}}}}} \quad (7.8)$$

где $d_{вн}$ - внутренний диаметр трубопровода, на котором устанавливается диафрагма.

В системах, разделенных на зоны по высоте, в верхних зонах разрешается предусматривать естественную циркуляцию. В системах с естественной циркуляцией располагаемый напор для организации циркуляции может быть определен по формулам Хлудова (рисунок 7.8)

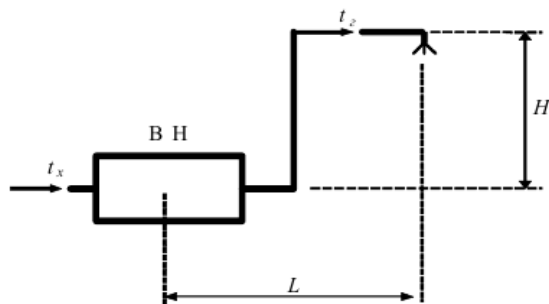


Рисунок 7.8.
Располагаемый напор при
естественной циркуляции

При верхней разводке

$$H_{cir}^{расп} = 0.4 \cdot (h + 0.08 \cdot L) \cdot (t_{max}^h - t_{min}^h), \text{ мм} \quad (7,9)$$

При нижней разводке

$$H_{cir}^{расп} = 0.25 \cdot (h + 0.03 \cdot L) \cdot (t_{max}^h - t_{min}^h), \text{ мм} \quad (7,10)$$

Контрольно-измерительные приборы.

В жилых и общественных зданиях предусматриваются размещение местных тепловых пунктов с установкой контрольно-измерительных приборов и специальных устройств для

систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения

В жилых и общественных зданиях предусматриваются размещение местных тепловых пунктов с установкой контрольно-измерительных приборов и специальных устройств для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

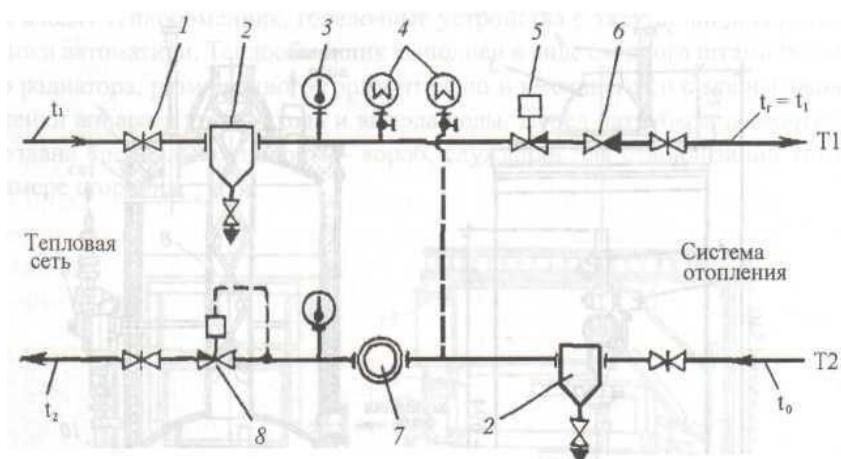


Рисунок 7.9. Схема местного теплового пункта при зависимом
присоединении системы отопления к квартальным тепловым сетям:
1 - задвижка; 2 - грязевик; 3 - термометр; 4 - манометр; 5 - регулятор расхода;
6 - обратный клапан; 7 - тепломер; 8 - регулятор давления

Требуемые параметры теплоносителя для систем на заданном уровне обеспечивается с помощью контрольно-измерительных приборов. Автоматизация котлов и узла приготовления

теплоносителя для системы отопления не исключает необходимости установки на радиаторах автоматических терморегуляторов – термостатических элементов или термоэлектрических приводов.

Контрольные вопросы.

1. Основные требования к промышленной системе вентиляции.
2. Выбор параметров внутреннего воздуха.
3. Выбор параметров наружного воздуха.
4. Выбор расчетных комфортных условий.
5. Характеристика категории работ.