

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра теплотехники и котельных установок

Определение мощности теплогенерирующей установки для систем
теплоснабжения. Выбор типа и мощности котельных агрегатов.

Методические указания к выполнению курсовой работы для
студентов
специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Москва 2009

Составители

проф., д-р техн. наук П.А. Хаванов,
проф., канд. техн. наук А.О. Мирам

Рецензент

доц., канд. техн. наук С.В. Чумакова

I. СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Система теплоснабжения (СТ) предназначена для обеспечения потребителей тепловой энергией. Она состоит из теплогенерирующей установки (ТГУ), служащей для выработки энергоносителя в виде водяного пара или горячей воды заданных параметров, тепловой сети (ТС) для доставки энергоносителя потребителю, абонентских вводов и местных систем потребителей тепла.

Потребителями тепловой энергии (абонентами системы теплоснабжения) являются:

- объекты жилищно-коммунального хозяйства, расходующие тепловую мощность в санитарно-технических системах зданий различного назначения (отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, горячее водоснабжение)
- промышленные предприятия, на которых энергоноситель расходуется на технологические нужды и в санитарно-технических системах промышленных и административных зданий в пределах предприятия.

1.1. Классификация систем теплоснабжения

Системы теплоснабжения классифицируются по:

- типу источника, производящего энергоноситель;
- виду энергоносителя;
- способу подготовки воды на горячее водоснабжение;
- количеству трубопроводов тепловой сети;
- способу обеспечения потребителей тепловой энергией.

По типу источника энергоносителя СТ разделяются на централизованные и децентрализованные.

Централизованное теплоснабжение осуществляется от ТЭЦ на базе комбинированной выработки тепловой и электрической энергии (теплофикация), крупных районных и других ТГУ мощностью 23,3 МВт и выше.

Децентрализованное теплоснабжение производится от ТГУ мощностью меньше 23,3 МВт, индивидуальных квартирных теплогенераторов и печей.

По виду энергоносителя СТ делятся на водяные и паровые.

Водяные СТ используются для теплоснабжения объектов жилищно-коммунального назначения (отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, горячее водоснабжение). При необходимости водяные СТ

используются для теплоснабжения промышленных предприятий, в частности, для подачи горячей воды на технологические нужды.

Паровые СТ распространены на промышленных предприятиях, где пар используется в качестве энергоносителя в технологических процессах.

По способу подачи воды на горячее водоснабжение СТ разделяются на закрытые и открытые.

В закрытых СТ воду из тепловых сетей используют только в качестве греющего энергоносителя в теплообменниках для подогрева водопроводной воды, поступающей в местную систему горячего водоснабжения.

В открытых СТ горячая вода подаётся потребителю непосредственно из тепловой сети.

По количеству трубопроводов различают двухтрубные и четырехтрубные СТ. Возможно применение однострунных и трехтрубных СТ.

СТ большой и средней мощности выполняются двухтрубными. Четырехтрубные СТ включают два подающих (прямых) трубопровода для подачи горячей воды, соответственно на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения и два обратных трубопровода от потребителя (из системы отопления, вентиляции и циркуляционного трубопровода горячего водоснабжения).

В зависимости от способа обеспечения потребителей тепловой энергией СТ делятся на одноступенчатые и двухступенчатые.

В одноступенчатых СТ потребители - абоненты присоединяются непосредственно к тепловым сетям с помощью абонентских вводов (местных тепловых пунктов), которыми оборудуется каждое здание. Абонентский ввод включает в себя подогреватель для горячего водоснабжения, элеваторы, насосы, арматуру и приборы автоматического регулирования расхода и параметров энергоносителя и т.д.

В двухступенчатых СТ энергоноситель от ТГУ подаётся в центральный тепловой пункт (Ц'ТП), в котором осуществляется подогрев водопроводной воды для нужд горячего водоснабжения и организуется подача горячей воды с необходимыми параметрами на отопление потребителей.

1.2 Принципиальные схемы систем теплоснабжения

На рис. 1 и 2 представлены схемы водяных двухтрубных систем теплоснабжения – закрытой и открытой. Головной частью систем являются водогрейные ТГУ, включающие водогрейный котел 1, насосы – рециркуляционный 2, сетевой 3 и подпиточный 4, водоподготовительную установку 5.

Основное отличие ТГУ для закрытых и открытых систем теплоснабжения заключается в производительности водоподготовительных установок и подпиточных насосов. В закрытых системах производится восполнение потерь воды в тепловых сетях, у потребителя и в ТГУ, а также расхода воды на собственные нужды ТГУ. В открытых системах к этим потерям и расходу воды на собственные нужды добавляется расход воды на горячее водоснабжение потребителя.

Для двухтрубных водяных систем теплоснабжения, в большинстве случаев, принимается центральное качественное регулирование отпуска тепловой энергии потребителю согласно отопительному (температурному) графику. В этом случае расход воды в подающем трубопроводе остается примерно постоянным, а изменяется только её температура. При расчетной температуре наружного воздуха температура воды в подающем трубопроводе принимается равной 423K (150°C). Температура воды в обратном трубопроводе в этом случае принимается равной 343K (70°C). При температуре наружного воздуха, отличной от расчетной, температура воды в подающем трубопроводе регулируется путем перепуска части воды из обратного трубопровода в подающий через перемычку, на которой устанавливается регулятор температуры 6 (см. рис. 1.2).

Температурный график и ход его построения представлен на рис. 3.

Продолжительность отопительного периода и расчетная температура наружного воздуха t_0 для заданного района (города) принимается в соответствии со СНиП II-A. 6-72 или указывается в задании на проектирование. Отопительный период заканчивается при температуре наружного воздуха 283K (10°C). Температура воздуха в помещении в зависимости от его назначения принимается равной 289-293K (16-20°C).

Отопительная нагрузка потребителя присоединяется к тепловой сети 10 или независимо через теплообменник 7, как это показано на рис. 2, или зависимо и непосредственно через элеватор 7 (см. рис. 1), в котором смешивается вода из подающего и обратного трубопроводов и таким образом устанавливается температура воды, идущей на отопление.

Присоединение отопительной нагрузки потребителя через элеватор может быть осуществлено как для закрытых, так и для открытых систем теплоснабжения.

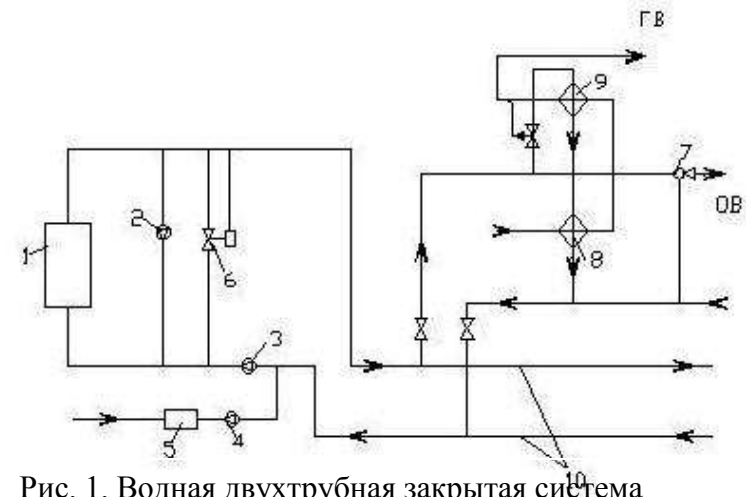


Рис. 1. Водная двухтрубная закрытая система

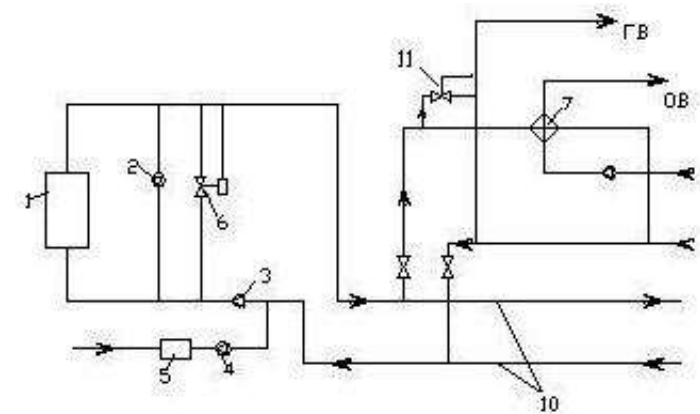


Рис. 2. Водная двухтрубная открытая система

Подача воды на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения осуществляется обязательно через водоводяные теплообменники 8 и 9 (см. рис. 1), в которых водопроводная вода подогревается до температуры не ниже 338К (65°С) и не выше 348К (75°С).

Вода на горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения отбирается непосредственно из тепловой сети. Температура горячей воды (338-348К) устанавливается в узле смещения 8 (см. рис. 2) путем подмеса воды из обратного трубопровода.

На рис. 4 показана принципиальная схема водяной четырехтрубной системы теплоснабжения.

Головной частью этой системы является паровая ТГУ, состоящая из парового котельного агрегата 1, сетевых пароводяных теплообменников 2 и 3, водоподготовительной установки 4, насосов – питательного 5, подпиточного 6, горячего водоснабжения 7 и сетевого 8.

Отопительная нагрузка потребителя 9 подается по выбранной схеме к сетевому пароводяному подогревателю 3, а горячее водоснабжение 10 осуществляется от пароводяного теплообменника 2.

Четырехтрубные системы теплоснабжения применяются от ТГУ мощностью до 38-58 МВт при небольшом радиусе расположения потребителей. В этих системах осуществляется раздельное регулирование нагрузки на отопление и горячее водоснабжение.

Подробно схемы присоединения потребителей к тепловым схемам рассматриваются в курсах "Теплоснабжение" и "Горячее водоснабжение".

2. ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИЕ УСТАНОВКИ.

ТГУ для систем теплоснабжения – комплекс технических устройств и агрегатов, предназначенных для выработки энергоносителя заданных параметров в виде водяного пара или горячей воды за счет сжигания топлива, подготовки энергоносителя с параметрами, соответствующими требованиям потребителя, а также подачи его в систему теплоснабжения.

2.1 Классификация теплогенерирующих установок

ТГУ разделяются на районные, квартальные, групповые, ТГУ предприятий. Районные ТГУ используются для теплоснабжения всех потребителей района жилой застройки или промышленного узла. Квартальные и групповые ТГУ предназначены для теплоснабжения одного или несколь-

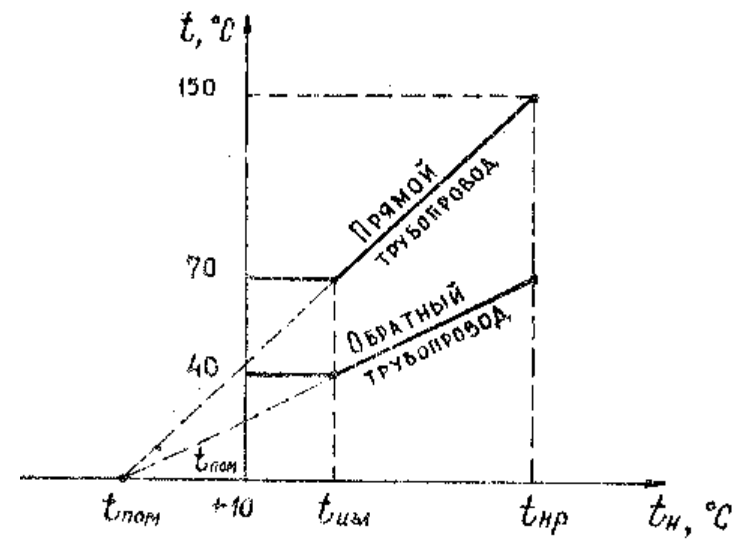


Рис.3 Отопительный температурный график тепловой сети

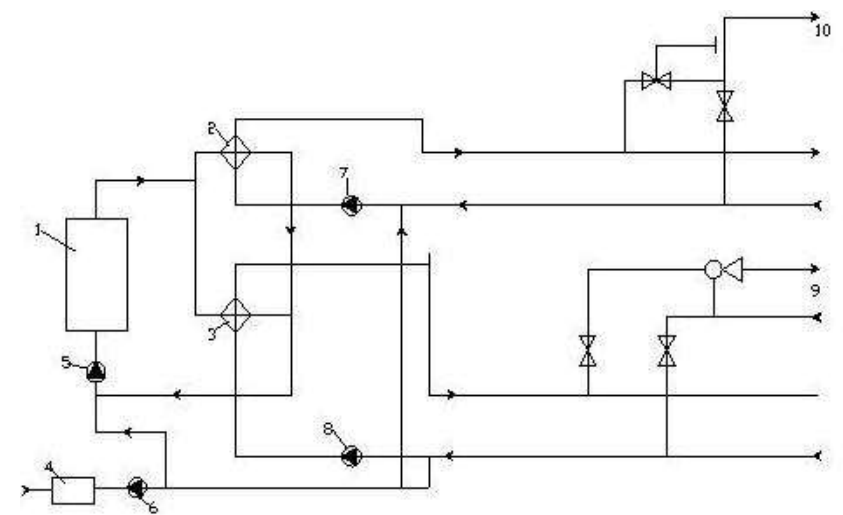


Рис. 4 Водяная четырехтрубная система теплоснабжения

ких кварталов, групп жилых домов, общественных зданий. ТГУ предприятий предназначены для теплоснабжения этого предприятия, группы предприятий и примыкающего его жилого фонда.

По характеру тепловых нагрузок потребители ТГУ подразделяются на следующие типы:

- производственные, предназначенные для теплоснабжения технологических потребителей;
- производственно-отопительные, служащие для теплоснабжения технологических потребителей, а также обеспечивающие тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение промышленных, общественных и жилых зданий и сооружений;
- отопительные, предназначенные только для обеспечения отопления, вентиляции и горячего водоснабжения потребителей. Отопительными ТГУ, как правило, являются квартальные и групповые ТГУ.

По технологическим признакам ТГУ классифицируются:

- по типу котельных агрегатов, которые являются основным оборудованием ТГУ (паровые, водогрейные, пароводогрейные);
- по виду энергоносителя и схемам его подачи потребителю (отпускающие – пар с возвратом или без возврата конденсата, горячую воду по закрытой или открытой схеме теплоснабжения, пар и горячую воду по перечисленным схемам в различных сочетаниях);
- по виду сжигаемого топлива.

По мощности ТГУ можно условно разделить на три группы: малой (до 23,3 МВт), средней (23,3-116 МВт) и большой (116-700 МВт) мощности. ТГУ мощностью 350 МВт и выше называются тепловыми станциями.

2.2 Принципиальные схемы теплогенерирующих установок.

Производственные ТГУ проектируются на базе технологических нагрузок в виде пара или пара и горячей воды. Конденсат с производства в определенном количестве возвращается в тепловую схему ТГУ.

При тепловой мощности системы теплоснабжения до 58 МВт производственные ТГУ проектируются с паровыми котельными

агрегатами низкого ($P = 1,4$ МПа) или среднего ($P = 2,4 - 4,0$ МПа) давления.

При больших нагрузках по горячей воде, необходимой для технологических нужд, ТГУ может включать как паровые, так и водогрейные котлы.

Производственно-отопительные ТГУ проектируются для обеспечения промышленных и отопительных нагрузок. Потребителю производится отпуск пара или пара и горячей воды на технологические нужды и горячей воды для покрытия отопительных нагрузок.

Производственно-отопительные ТГУ оснащаются, как правило, паровыми котлами и водогрейными установками. При больших нагрузках по горячей воде в состав ТГ могут включаться паровые котлы, вырабатывающие пар на технологические нужды, и водогрейные котлы, нагревающие воду для технологических нужд и для целей отопления и вентиляции. При установке паровых котлов приготовление горячей воды на технологические нужды производится в отдельной водонагревательной установке, работающей по температурному графику, заданному технологическим режимом. Горячая вода для отопительных целей

приготавливается также в отдельной водонагревательной установке, которая работает по отопительному температурному графику (см. рис. 3).

Производственно-отопительные ТГУ оснащаются паровыми котельными агрегатами низкого ($P = 1,4$ МПа) и среднего ($P = 2,4 - 4,0$ МПа) давления.

При необходимости в состав ТГУ могут включаться водогрейные котлы, работающие по самостоятельному контуру.

На рис. 5 представлена принципиальная схема производственно-отопительной ТГУ с паровыми котельными агрегатами.

Пар, вырабатываемый котельным агрегатом 1, через редукционную установку 2, в которой происходит снижение его давления, направляется на технологические нужды и в водонагревательную установку, состоящую из пароводяного теплообменника 3 и охладителя конденсата (водоводяного теплообменника) 4, а также на собственные нужды ТГУ.

Для предотвращения повышения концентрации солей в воде, циркулирующей в контуре парового котла, предусматривается "продувка" – вывод части котловой воды из контура котла. Это мероприятие необходимо для предотвращения образования накипи в котле, ухудшение качества пара и других нежелательных явлений, возникающих при недопустимом повышении концентрации солей в котловой воде. Продувочная вода (ПВ) выводится в расширитель непрерывной продувки

5, где при понижении давления она вскипает. Пар вторичного вскипания возвращается в схему, а вода из расширителя отводится через теплообменник 6 в канализацию. Теплообменник 6 предназначен для снижения потерь тепла с продувочной водой.

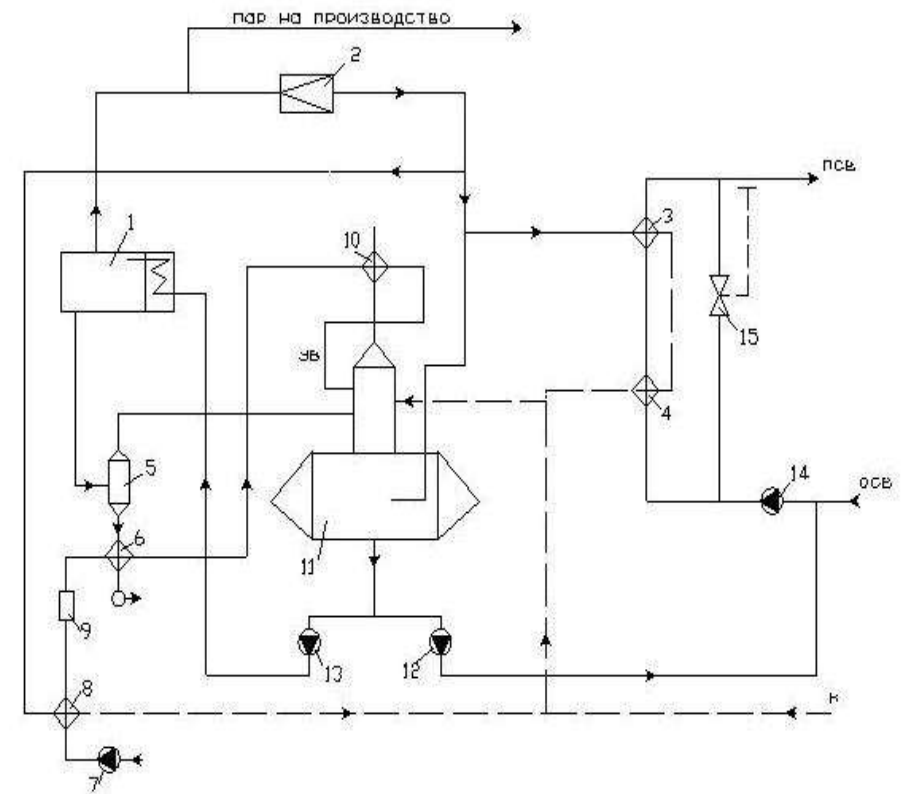


Рис. 5. Принципиальная схема отопительно-производственной теплогенерирующей установки

Для восполнения потерь конденсата на производстве, потери воды с "продувкой" и в тепловых сетях, внутренних потерь пара и др. в схему ТГУ подаётся определенное количество воды из водопровода. Исходная вода (ИС) насосом 7 подается через обогреваемый паром теплообменник 8, в котором она подогревается до 298K (25°C), в установку химической очистки воды 9. В этой установке происходит умягчение воды, т.е. удаление из неё солей жесткости, которые являются причиной образования накипи в котле и тепловых сетях.

Умягченная вода (УВ) через теплообменники 6 и 10 направляется в термический деаэратор 11, где из воды, нагреваемой в нем до кипения, удаляются растворенные газы (кислород и двуокись углерода), вызывающие внутреннюю коррозию труб котла. В деаэратор поступает конденсат (К) с производства и после теплообменников 4 и 8.

Выделившиеся растворенные в воде газы с небольшим количеством пара, так называемый выпар, направляется в теплообменник 10, в котором пар конденсируется и отдает тепло умягченной воде, а кислород и двуокись углерода сбрасываются в атмосферу. Пар в количестве, необходимом для проведения процесса деаэрации умягченной воды, поступает из паропровода после редуccionной установки и из расширителя непрерывной продувки.

Умягченная и деаэрированная вода питательным насосом 12 подается в паровой котел, а насосом 13 – на восполнение потери воды в тепловых сетях и у потребителей.

Представленная на рис. 5 схема предназначена для двухтрубных закрытых водяных сетей теплоснабжения. для этой схемы характерно то, что вода из обратного трубопровода (ОСВ) сетевым насосом 14 подаётся в сетевые теплообменники 3 и 4, где она подогревается до заданной температуры, а затем направляется в подающий трубопровод (ПСВ). Температура воды, поступающей в тепловую сеть, автоматически устанавливается в соответствии с температурным графиком с помощью регулятора 15, установленного на перемычке между обратным и подающим трубопроводами. Этот регулятор пропускает часть обратной сетевой воды помимо сетевых теплообменников и подмешивает её к горячей воде, прошедшей теплообменники.

Для открытых двухтрубных систем теплоснабжения в схему ТГУ на рис 5. добавляется ещё самостоятельный деаэратор, который предназначен для деаэрации только подпиточной воды для тепловых сетей. В этом случае усложняется также и схема установки химической очистки исходной воды. Это вызвано тем, что вода для подпитки тепловых сетей открытых систем должна удовлетворять требованиям, предъявляемым

главным санитарно-эпидемиологическим управлением Минздрава СССР к воде для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

При необходимости нагревания воды для технологических нужд в схему ТГУ включается самостоятельная установка. Её структура аналогична отопительной водонагревательной установке, изображенной на рис.5.

Отопительные ТГУ проектируются на базе тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Температура воды в подающем трубопроводе изменяется в интервале 423-343К (150-100°C) для систем отопления и вентиляции и 338-348К (65-75°C) для систем горячего водоснабжения.

В отопительных ТГУ устанавливаются паровые котельные агрегаты низкого давления или водогрейные котлы. Паровые ТГУ в своем составе имеют водонагревательную установку для подготовки сетевой воды.

Принципиальная схема паровой ТГУ получается на базе схемы производственно-отопительной ТГУ (см.рис. 5) путем устранения из неё паропровода, подающего пар на производство и трубопровода, по которому возвращается конденсат с производства.

У четырехтрубных водяных систем теплоснабжения в состав паровой ТГУ включаются две водонагревательные установки, одна из которых предназначена для подогрева воды систем отопления и вентиляции, а другая – для подогрева воды системы горячего водоснабжения (см. рис.4)

На рис. 6 представлена схема отопительной водогрейной установки ТГУ для закрытой системы теплоснабжения. Обратная сетевая вода (ОСВ) сетевым насосом 1 подается в водогрейный котел 2. Нагретая в котле вода направляется в подающий трубопровод тепловой сети (ПСВ) и на собственные нужды ТГУ. Температура воды на входе в котел должна соответствовать требованиям заводов-изготовителей водогрейных котлов. Она должна быть выше значения, при котором может возникнуть интенсивная низкотемпературная коррозия труб котла из-за конденсации водяных паров из продуктов сгорания топлива. Так как температура обратной воды изменяется в зависимости от температуры наружного воздуха в интервале 343-313К (70-40°C) (см. рис.3), то для предотвращения низкотемпературной коррозии труб температура воды на входе в котел повышается путем подмешивания воды, уже нагретой в котле. Для этой цели устанавливается рециркуляционный насос 3 (см. рис.6).

Температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети должна меняться в соответствии с отопительным температурным графиком, что обеспечивается путем пропуска части обратной сетевой воды помимо

котла через перемычку, на которой установлен регулятор температуры 4 (см. рис. 6).

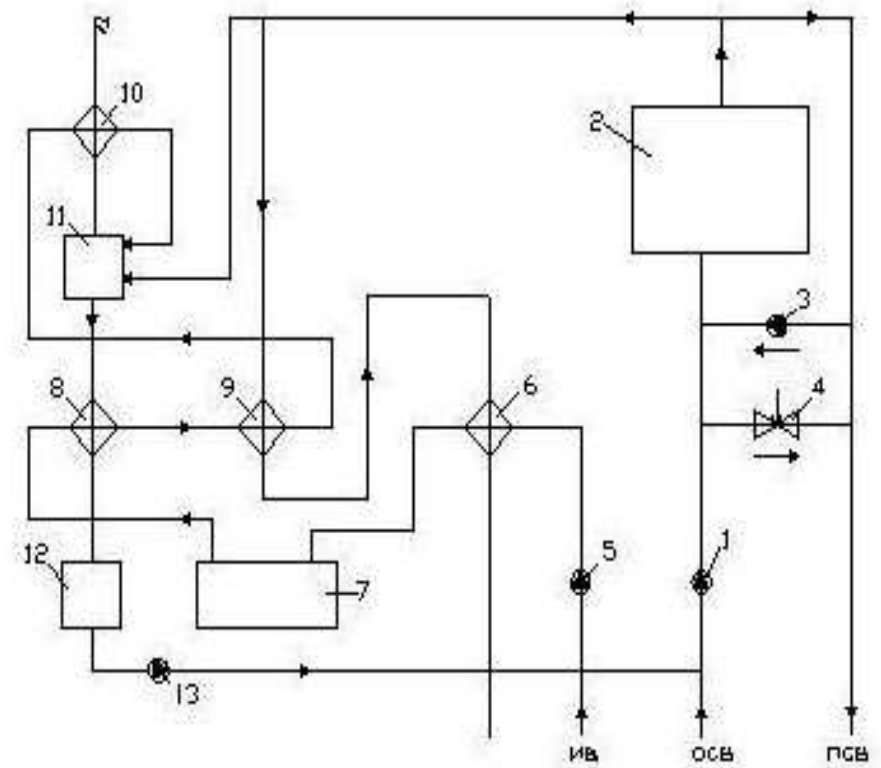


Рис. 6. Принципиальная схема водогрейной теплогенерирующей установки для закрытой системы теплоснабжения

Потери воды в ТКУ и тепловых сетях, а также расход воды на горячее водоснабжение (в открытых системах теплоснабжения) компенсируется подачей исходной воды из водопровода. Насосом 5 водопроводная вода через теплообменник 6, где она подогревается до 398K (25°C), подается на установку химической очистки воды 7. Умягченная вода через теплообменники 8, 9 и 10 подается в деаэратор 11. Деаэрированная вода собирается в баке 12, откуда подпиточным насосом 13 направляется для подпитки тепловых сетей. Греющая вода после теплообменников 9 и 6 поступает в бак деаэрированной воды (см. рис. 6).

В данной схеме используется вакуумная деаэрация воды. Установка, создающая разрежение в деаэраторе (около 0,3 бар) на схеме не показана.

Для открытой системы теплоснабжения в схему водогрейной ТГУ включаются дополнительные элементы: баки-аккумуляторы для создания запаса воды для горячего водоснабжения в часы максимального расходования воды потребителем, перекачивающие насосы и насосы для подачи горячей воды потребителю и др.

2.3 Определение рабочей тепловой мощности теплогенерирующей установки.

Рабочая тепловая мощность ТГУ – сумма максимальной мощности, отпускаемой в тепловую сеть потребителям по всем видам энергоносителя (пару и горячей воде), и мощности, расходуемой установкой для выработки энергоносителя, т.е. мощности на собственные нужды, и потерь мощности.

В общем случае

$$Q_{\text{ТГУ}} = Q_{\text{ОВ}} + Q_{\text{Тех}} + Q_{\text{ГВ}} + Q_{\text{СН}} + \Delta Q \quad (1)$$

Сумма $Q_{\text{ОВ}} + Q_{\text{Тех}} + Q_{\text{ГВ}}$ называется тепловой мощностью ТГУ. Она определяется в зависимости от типа системы теплоснабжения и типа ТГУ. Обычно $Q_{\text{ОВ}}$, $Q_{\text{Тех}}$ и $Q_{\text{ГВ}}$ задаются в исходных данных на проектирование ТГУ.

Тепловая мощность отопительной ТГУ для закрытой системы теплоснабжения определяется как

$$Q_{\text{к}} = Q_{\text{ОВ}} + Q_{\text{ГВ}}^{\text{MAX}} \quad (2)$$

Если отопительная ТГУ присоединяется к открытой системе теплоснабжения, то её тепловая мощность определяется по формуле

$$Q_k = Q_{ov} + Q_{гв} \quad (3)$$

В формулах (1) – (3) обозначено:

Q_k – тепловая мощность ТГУ, МВт;

Q_{ov} – тепловая мощность на отопление и вентиляцию при максимально-зимнем режиме, МВт;

$Q_{тех}$ – тепловая мощность на технологические нужды, МВт;

$Q_{гв}$ – среднечасовая за отопительный период тепловая мощность на горячее водоснабжение, МВт;

$Q_{гв}^{max}$ – максимально-часовая мощность на горячее водоснабжения, МВт.

Тепловая мощность производственно отопительной ТГУ складывается из мощностей на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и мощности на технологические нужды, т.е.

$$Q_k = Q_{ov} + Q_{гв} + Q_{тех}$$

Расчетная тепловая мощность $Q_{гв}$ зависит от типа системы теплоснабжения (открытой или закрытой), формулы (2) и (3).

Тепловая мощность, расходуемая ТГУ на собственные нужды, зависит от типа системы теплоснабжения, типа ТГУ и вида топлива, сжигаемого в топках котельных агрегатов. она расходуется на подогрев воды перед установкой для её химической очистки, деаэрацию воды, подогрев мазута (для ТГУ, работающей на этом виде топлива).

Ниже приводятся ориентировочно формулы для определения рабочей мощности ТГУ различных типов.

Для отопительных ТГУ с водогрейными котлами рабочая мощность определяется по формуле

$$Q_k^B = A \cdot Q_{ov} + B \cdot Q_{гв}.$$

Значения коэффициентов А и Б приведены в табл.1

Таблица 1

Величина коэффициентов А и Б

Система теплоснабжения	Топливо	А	Б
Закрытая	Мазут	1,0526	1,0526
	Твердое и газ	1,018	1,018
Открытая ($Q_{гв} = 0,2 \cdot Q_k^B$)	Мазут	1,0519	1,182
	Твердое и газ	1,0172	1,182

Для производственно-отопительных ТГУ с паровыми котлами низкого давления ($P = 1,4$ МПа) и отпуском тепловой мощности по закрытой схеме на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение в размере 20% от тепловой мощности ТГУ рабочая производительность определяется по формуле

$$D_k = A \cdot D_n - B \cdot t_k \cdot G_k = D_n(A - B \cdot t_k \cdot \mu),$$

где D_n – расход пара на технологические нужды, кг/с;

G_k – возврат конденсата от потребителя, кг/с;

μ – доля возврата конденсата (по заданию);

t_k – температура возвращаемого конденсата, °С.

Значения коэффициентов А и Б приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значение коэффициентов А и Б
при закрытой системе теплоснабжения

Система теплоснабжения	Топливо	А	Б
Закрытая	Мазут	1,273	0,00168
	Твердое и газ	1,217	0,00168

При нагрузке на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение более 20% от тепловой мощности ТГУ рабочая паропроизводительность производственно-отопительной ТГУ может быть определена по формуле

$$D_k = A \cdot Q_{ов} + B \cdot Q_{гв} + D_n(B - 0,00134 \cdot \mu \cdot t_k),$$

Значения коэффициентов А, Б и В приведены в табл. 3

Таблица 2

Значения коэффициентов А, Б и В

Система теплоснабжения	Топливо	А	Б	В
Закрытая	Мазут	0,4375	0,4375	1,0184
	Твердое и газ	0,4231	0,4231	0,9736
Открытая	Мазут	0,4372	0,4912	1,0184
	Твердое и газ	0,4227	0,4912	0,9736

Число работающих котельных агрегатов по режимам отопительного периода изменяется в соответствии с тепловой мощностью ТГУ, необходимой для покрытия тепловой мощности на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды.

Тепловая мощность на горячее водоснабжение и технологические нужды (если нет сезонного изменения $Q_{тех}$) в течение года остается

приблизительно постоянной. Тепловая мощность на отопление и вентиляцию расходуется только в течение отопительного периода и является переменной величиной.

2.4 Выбор мощности котельных агрегатов теплогенерирующих установок.

Экономичность работы котельного агрегата зависит от его нагрузки (Q_1 или D). Максимальная экономичность его работы достигается при номинальной (проектной) нагрузке. Поэтому необходимо выбирать их мощность и количество таким образом, чтобы в различных режимах отопительного периода работающие котельные агрегаты имели нагрузки, приближающиеся к номинальным.

Число котельных агрегатов, находящихся в рабочем состоянии, определяется по относительной величине допустимого снижения тепловой мощности ТГУ в режиме наиболее холодного месяца отопительного периода при выходе из строя одного из котельных агрегатов

$$\alpha = Q_{н.х.м.}/Q_{м.р.},$$

где $Q_{н.х.м.}$ – допустимое снижение тепловой мощности ТГУ, равное тепловой мощности ТГУ в режиме наиболее холодного месяца, МВт;

$Q_{м.р.}$ – максимальная (расчетная) тепловая мощность ТГУ, МВт.

Максимальная (расчетная) рабочая тепловая мощность равна $Q_{м.р.}$.

Тогда число котельных агрегатов, устанавливаемых на ТГУ, определяется из равенства $(z - 1) Q_{к.} = Q_{н.х.м.}$

т.е.
$$z = \frac{1}{1 - \alpha},$$

где z – количество котельных агрегатов;

$Q_{к.}$ – единичная тепловая мощность котельного агрегата, МВт.

Резервные котельные агрегаты устанавливаются только при особых требованиях к надежности теплоснабжения потребителей.

В паровых и водогрейных ТГУ, как правило, устанавливаются 3-4 котельных агрегата, что соответствует $\alpha = 0,67$ и $\alpha = 0,75$. К установке следует принимать отопительные котельные агрегаты одинаковой тепловой мощности.

3. Паровые котельные агрегаты теплогенерирующих установок.

Паровой котельный агрегат является основным элементом паровой ТГУ и предназначен для выработки водяного пара.

В производственных и производственно-отопительных ТГУ устанавливаются паровые котлоагрегаты среднего или низкого давления, в

отопительных ТГУ – котлоагрегаты, вырабатывающие пар только низкого давления.

Основными характеристиками паровых котлоагрегатов, которыми руководствуются при выборе их типа, мощности и числа, являются производительность и параметры (давление и температура) вырабатываемого пара.

При выборе котлов рассматривают номинальную и минимальную производительность, номинальные параметры пара.

Номинальная производительность – количество вырабатываемого пара в единицу времени, принятое при проектировании котлоагрегата, которое обеспечивается в длительной эксплуатации при сжигании основного топлива при номинальных параметрах пара и питательной воды.

Номинальные параметры пара – номинальное давление и температура пара, принятые при проектировании котельного агрегата, при номинальной производительности.

Минимальная производительность – наименьшая паропроизводительность, при которой котельный агрегат может длительно работать без нарушения режимов циркуляции воды в трубах и горения топлива.

Паровые котельные агрегаты по производительности разделяются на три группы: малой мощности – до 6,9 кг/с (25 т/ч), средней – 9,7-20,8 кг/с (35-70 т/ч), большой – 27,8-44,4 кг/с (100-160 т/ч).

По давлению вырабатываемого пара котлоагрегаты объединяются в группы с давлением пара 1,4-2,4 МПа – низкого давления, 4,0 МПа – среднего давления.

Номинальные значения производительности паровых котельных агрегатов и параметров вырабатываемого пара приведены в табл. 4

Таблица 4

Номинальные значения основных параметров паровых котлоагрегатов

Типоразмер, кг/с	Производительность, т/ч	Абсолютное давление пара, МПа	Состояние или температура пара, К (°С)	Температура питательной воды, К (°С)
1	2	3	4	5
Е – 4 – 14 Е-6,5-14 Е-10-14 Е-16-14 Е-25-14	1,1 (4) 1,8 (6,5) 2,8 (10) 4,4 (16) 6,9 (25)	1,4	Насыщенный или перегретый 498 (225)	373 (100)

E-35-14	9,7 (35,0)			
E-50-14	13,9 (50)		Перегретый	
E-75-14	20,8 (75)		498 (225)	
1	2	3	4	5
E-100-14	28,0 (100)			
E-10-24	2,8 (10)		Насыщенный	
E-25-24	6,9 (25)	2,4	или перегретый	373 (100)
E-35-24	9,7 (35)		523 (250)	
E-50-24	13,9 (50)		Перегретый	373 (100)
E-100-24	28,0 (100)	2,4	523 (250)	
E-160-24	44,4 (160)			
E-25-40	6,9 (25)		Перегретый	
E-35-40	9,7 (35)	4,0		428 (145)
E-50-40	3,9 (50)		713 (440)	
E-75-40	20,8 (75)			

К паровым котельным агрегатам низкого давления и малой мощности относятся котлоагрегаты типа ДКВР, КЕ и ДЕ. Общими конструктивными признаками этих водотрубных котлоагрегатов являются: естественная циркуляция воды, наличие двух барабанов (верхнего и нижнего), вертикальное расположение труб, в которых происходит движение воды и парообразование.

Котельные агрегаты типа ДКВР оборудуются топками для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива. Твердое топливо сжигается в неподвижном слое на подвижной и неподвижной колосниковой решетке. Загрузка топлива и шлакоудаление осуществляется механически. По рекомендации завода-изготовителя котлоагрегаты ДКВР могут эксплуатироваться при повышенной сверхноминальной производительности. Эти рекомендации приведены в табл. 5.

Таблица 5

Максимальная производительность котлоагрегатов
ДКВР, кг/с (т/ч)

Тип котлоагрегатов	Номинальная производительность	Топливо	
		твердое	жидкое или газообразное
ДКВР-4-13 ^х	1,1(4,0)	1,3 (4,6)	1,67 (6,0)
ДКВР-6,5-13 ^х	1,8 (6,5)	2,1 (7,5)	2,7 (9,7)
ДКВР-10-13 ^х	2,8 (10,0)	3,2 (11,5)	4,2 (15,0)
ДКВР-20-13 ^х	5,6 (21,0)	5,8 (21,0)	7,8 (28,0)

х/ Избыточное давление 1,3 МПа.

Минимальная производительность котлоагрегатов ДКВР для избыточного давления 1,3 МПа допускается не ниже 25% от номинальной при работе на твердом топливе.

При работе на жидком или газообразном топливе минимальная производительность должна быть не ниже 30% номинальной.

Паровые котельные агрегаты типа КЕ и ДЕ являются новыми специализированными котлоагрегатами низкого давления производительностью от 0,69 до 6,9 кг/с (2,5-25 т/ч).

Котлоагрегаты типа КЕ предназначены для сжигания твердого топлива в неподвижном слое на подвижной колосниковой решетке. Загрузка топлива и удаление шлака механизированы.

Котлоагрегаты типа ДЕ предназначены для сжигания жидкого или газообразного топлива.

Номинальная производительность котлоагрегатов типа КЕ и ДЕ приведена в табл. 6.

Таблица 6

Номинальная производительность котлоагрегатов

КЕ и ДЕ, кг/с (т/ч)

Тип котлоагрегата	Заводская маркировка	Абсолютное давление, МПа	Состояние пара	Номинальная производительность
КЕ	КЕ-2,5-14С КЕ-4-14С КЕ-6,5-14С КЕ-10-14С КЕ-25-14С	1,4	Насыщенный	0,69 (2,5) 1,1 (4,0) 1,8 (6,5) 2,8 (10) 6,9 (25)
ДЕ	ДЕ-4-14 ГМ ДЕ-6,5-14 ГМ ДЕ-10-14 ГМ ДЕ-16-14 ГМ ДЕ-25-14 ГМ	1,4	Насыщенный	1,1 (4,0) 1,8 (6,5) 2,8 (10) 4,4 (16) 6,9 (25)

Котлоагрегаты КЕ-2,5-14С, КЕ-4-14С предназначены для выработки только насыщенного пара с абсолютным давлением 1,4 МПа.

Остальные типоразмеры котлоагрегатов КЕ предназначены для выработки насыщенного пара как при давлении 1,4 МПа, так и при

давлении 2,4 МПа, а также перегретого пара с температурой 498К (225°С) при Р=1,4 МПа и 523К (250°С) при Р=2,4 МПа.

Котлоагрегаты ДЕ всех типоразмеров могут вырабатывать перегретый пар с температурой 498К (225°С) при Р=1,4 МПа, а при Р=2,4 МПа (за исключением ДЕ-4 ГМ и ДЕ-6,5 ГМ) – перегретый пар с температурой 523К (250°С).

Подробнее с конструкцией парогенераторов и их техническими характеристиками можно ознакомиться в методических указаниях, выпущенных кафедрой.

4. ВОДОГРЕЙНЫЕ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЫ.

4.1 Общая характеристика

В отопительных ТГУ, как правило, устанавливаются водогрейные котлы, предназначенные для выработки высокотемпературной воды.

Основной характеристикой водогрейного котла является его тепловая мощность, т.е. мощность, передаваемая воде при сжигании топлива, определяется в МВт или Гкал/ч.

Номинальная тепловая мощность – наибольшая мощность, принятая при проектировании, которую водогрейный котлоагрегат должен обеспечить при сжигании основного топлива при номинальной температуре воды.

При разработке конструкции водогрейных котлоагрегатов за основу принят температурный график работы систем теплоснабжения 423-343К (150-70°С).

Стальные водогрейные теплогенераторы имеют следующую маркировку:

- КВ-ГМ (КВ – котел водогрейный, ГМ – газомазутный);
- КВ-ТС (котел водогрейный, Т – твердое топливо, С – слоевой способ сжигания);
- КВ-ТК (котел водогрейный, Т – твердое топливо, К – камерный способ сжигания);
- цифрами после буквенных обозначений указывают мощность теплогенератора.

Водогрейные котельные агрегаты подразделяются по тепловой мощности на три группы: до 11,6 МВт (10 Гкал/ч) – котлоагрегаты малой мощности; 23,2 и 34,8 МВт (20 и 30 Гкал/ч) – средней; 58, 116, и 209 МВт (50, 100 и 180 Гкал/ч) – большой.

Водогрейные котлоагрегаты выпускаются специализированными для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива.

Водогрейные котлоагрегаты типа КВ-ТС предназначены для сжигания твердого топлива в неподвижном слое на движущейся колосниковой решетке. Процессы загрузки топлива и удаления шлака механизированы. Котлоагрегаты типа КВ-ТС дополнительно оборудуются воздухоподогревателями, в которых нагревается воздух, необходимый для горения топлива.

В топках котлоагрегатов КВ-ТС не рекомендуется сжигать высокозольные, высоко влажные бурые угли, угли с теплотой сгорания меньше 11,7 МДж/кг (2800 ккал/кг), горючие сланцы, торф и твердое топливо с высоким содержанием серы. При сжигании высоко влажных бурых углей рекомендуется установка воздухоподогревателя.

Водогрейные котлоагрегаты со слоевым сжиганием твердого топлива рассчитаны на тепловую мощность 4,65; 7,6; 11,6; 23,2 и 34,8 МВт (4,0; 6,5; 10,0; 20 и 30 Гкал/ч).

Водогрейные котлоагрегаты типа КВ-ГМ предназначены для сжигания жидкого (мазута) и газообразного топлива и рассчитаны на тепловую мощность 4,65; 7,6; 11,6; 23,2; 34,8; 58,0; 116,0 и 209 МВт (4,0; 6,5; 10,0; 20,0; 30; 50; 100 и 180 Гкал/ч).

4.2 Водогрейные газомазутные теплогенераторы КВ-ГМ.

Водогрейные теплогенераторы предназначены для выработки горячей воды, их основными характеристиками являются: теплопроизводительность Q ; давление P ; температура входящей $t'_в$ и выходящей $t''_в$ воды.

Основными особенностями работы водогрейных теплогенераторов являются включение их непосредственно в тепловую сеть и требования обеспечения постоянного расхода сетевой воды через теплогенератор во всех режимах работы. Нагрузка теплогенераторов регулируется изменением температуры входящей и выходящей воды, которая осуществляется путем изменения форсировки топки.

Водогрейные теплогенераторы представляют собой агрегат, включающий в себя топочную камеру, водонагревательные поверхности, а также следующие элементы и узлы: каркас, обмуровку, гарнитуру, трубопроводы в пределах теплогенератора с запорной и регулирующей арматурой, лестницы и площадки.

Конструкции стальных водогрейных теплогенераторов подразделяются по компоновке поверхностей на три основные группы: П-образные; горизонтальные и Т-образные. Схемы расположения топки 1 и конвективных поверхностей нагрева 2 в каждом из указанных типов теплогенераторов представлены на рис.7.

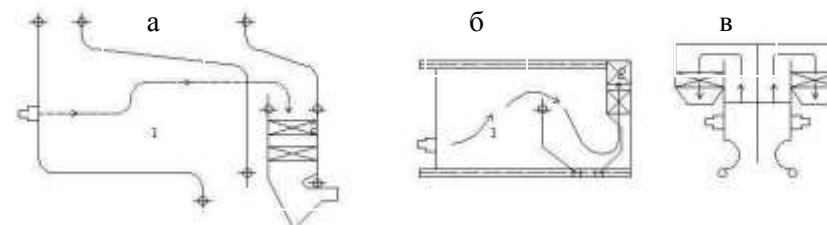


Рис. 7. Схема компоновок теплогенераторов: а – П - образная; б – горизонтальная; в – Т-образная

Многоходовая компоновка поверхностей нагрева с дополнительным газоходом выполнена для осаждения несгоревших частиц топлива, выносимых дымовыми газами из топочной камеры.

Водогрейные теплогенераторы КВ-ГМ выполняются безбарбанными с прямоточным движением воды.

Топочная камера этих теплогенераторов серии КВ-ГМ полностью экранирована. Конвективные поверхности нагрева расположены в шахте с полностью экранированными стенами.

В целях унификации теплогенераторы этой серии собираются из одинаковых деталей, имеют одинаковую ширину (в зависимости от группы, в которую они входят), одинаковые шаги и диаметры труб: экранов 60×3 мм, конвективного пучка - 28×3 мм и т.д.

Теплогенераторы этого типа (кроме КВ-ГМ-180) оборудуются ротационными газомазутными горелками (РГМГ) соответствующей теплопроизводительности.

Для удаления наружных отложений теплогенераторы оборудуются системами дробевой очистки конвективных поверхностей и обдувки радиационных поверхностей нагрева.

Обмуровка теплогенераторов натрубная, облегченная, каркас облегченный (ненесущий).

Работа теплогенератора регулируется с помощью системы автоматики.

Компоновка теплогенераторов КВ-ГМ-4 и КВ-ГМ-6,5

Теплогенераторы данного типоразмера имеют единый профиль, П-образную компоновку сомкнутого типа и независимо от теплопроизводительности - одинаковую высоту 3840 мм (от пола обслуживания до оси верхнего коллектора) и ширину, в свету между осями

боковых экранов равную 2040 мм. Продольный разрез теплогенераторов производительностью 4,6 и 7,5 МВт изображен на рис. 8.

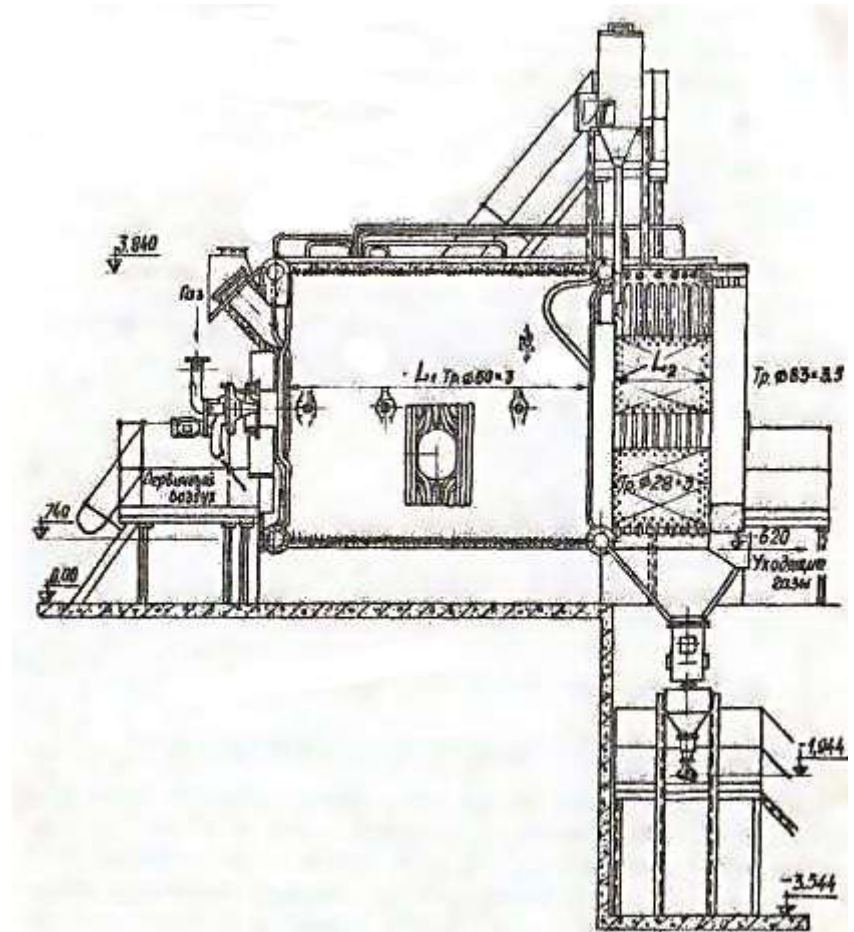


Рис.8. Продольный разрез водогрейного котла типов KB-ГМ-4 и KB-ГМ-6,5

Продукты сгорания в этих теплогенераторах из топки попадают в специальные окна с фестом, образованные разводкой труб заднего экрана (см. рис.8). За окном находится поворотная камера в конвективный пучок, через которые дымовые газы проходят сверху вниз.

Топочная камера полностью экранирована и имеет горизонтальную компоновку, в зависимости от теплопроизводительности глубина топки увеличивается. Для теплогенераторов КВ-ГМ-4 глубина топки (между осями фронтального и заднего экранов) $L_1 = 2496$ мм, для теплогенератора КВ-ГМ-6,5 – $L_1 = 3520$ мм.

Глубина конвективной шахты между осями крайних труб конвективного пучка для теплогенератора КВ-ГМ-4 $L_2 = 608$ мм, а для теплогенератора КВ-ГМ-6,5 - $L_2 = 1056$ мм.

На рис. 9 представлен чертеж с габаритами теплогенераторов этой серии, размеры в скобках отводятся к типу КВ-ГМ-6,5, а технико-экономические характеристики приведены в приложении.

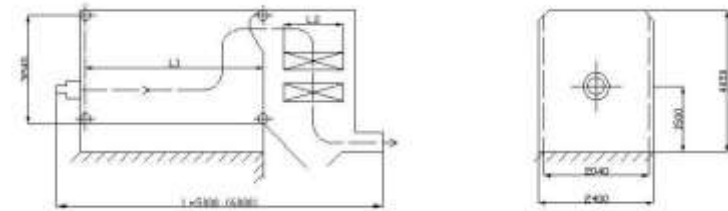


Рис. 9 Габариты теплогенераторов КВ-ГМ-4 и КВ-ГМ-6,5

Компоновка теплогенераторов КВ-ГМ-10, КВ-ГМ-20 и КВ-ГМ-30.

Теплогенераторы данной группы также имеют П-образную компоновку сомкнутого типа, единый профиль и поперечное сечение топки. Различаются между собой лишь глубиной топочной камеры L_1 и конвективной шахты L_2 , а также общей длиной L . конструкция теплогенераторов этой группы представлена на рис. 10, 11. Размеры в скобках – для котла КВ-ГМ-20.

Из топки продукты сгорания поступают в отпусной газопровод, выполненный из труб заднего экрана. Затем, совершив поворот на 180° и пройдя фестон, дымовые газы направляются вверх по конвективной шахте (см. рис. 10, 11).

На рис. 12 представлена схемы теплогенераторов этой серии и даны его габариты (размеры в скобках относятся к типам КВ-ГМ-20 и КВ-ГМ-30), а в приложениях приведены технико-экономические показатели.

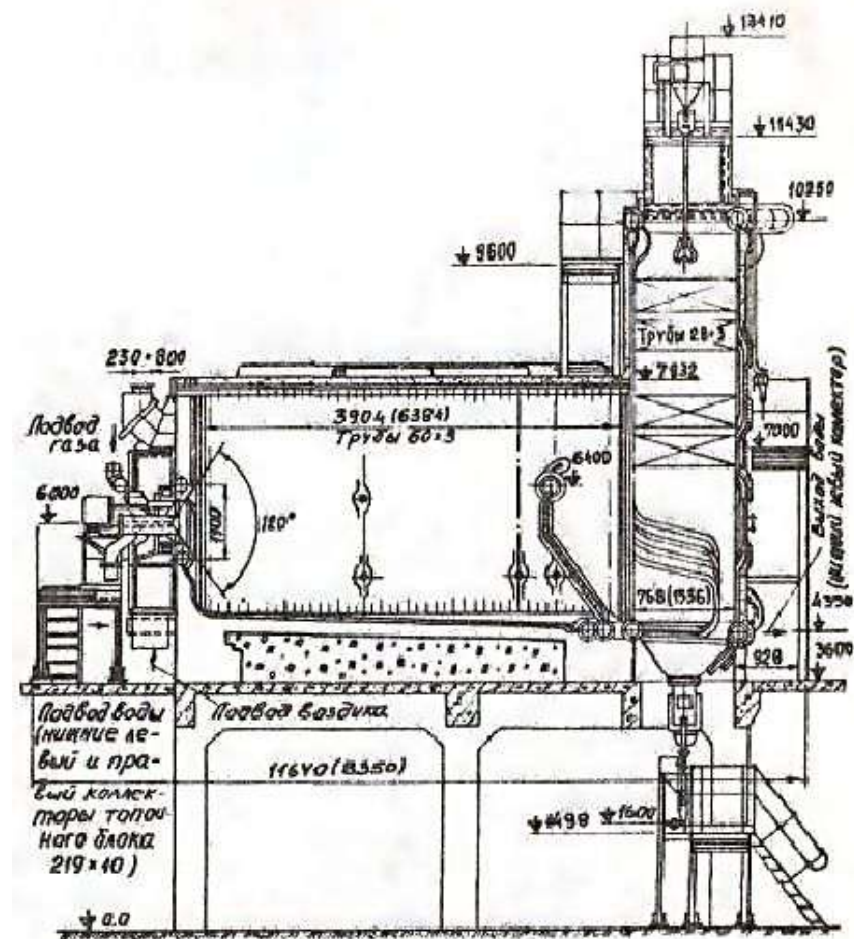


Рис. 10. Продольный разрез водогрейного котла типов KB-ГМ-10 и KB-ГМ-20

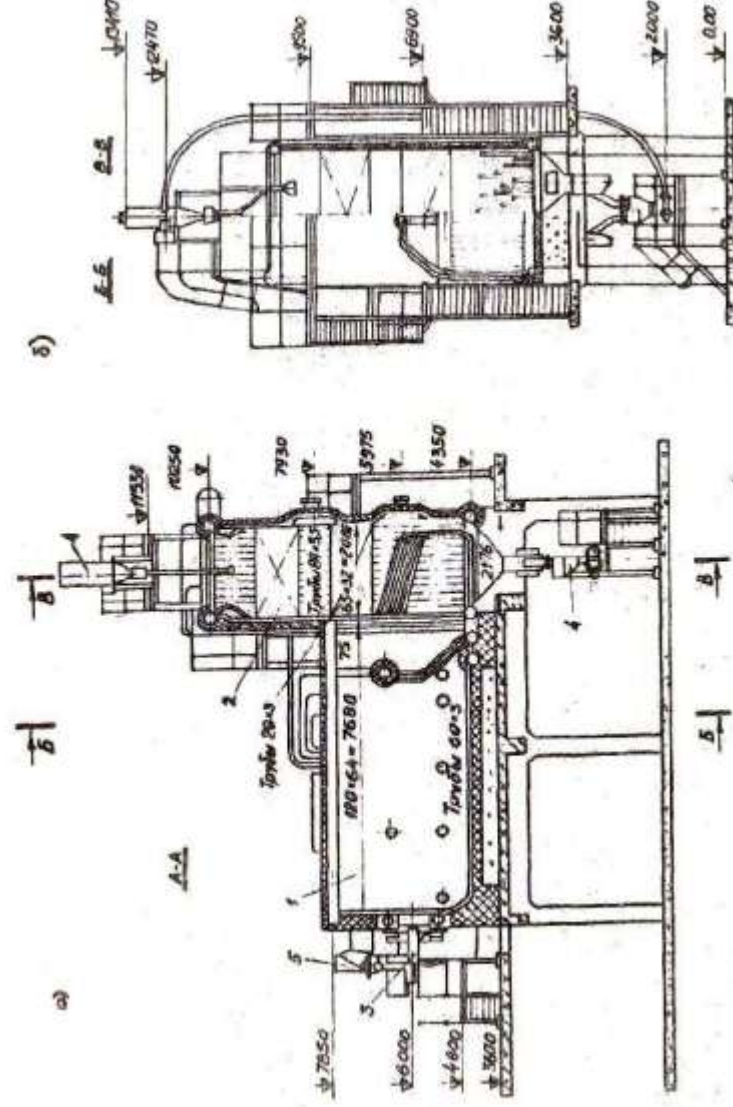


Рис. 11. Общий вид газомазутного водогрейного котла типа KB-ГМ-30: а – поперечный разрез; б – продольный разрез; 1 – топочная камера; 2 – конвективная шахта; 3 – газомазутная горелка; 4 – дробеочистка; 5 – взрывные клапаны

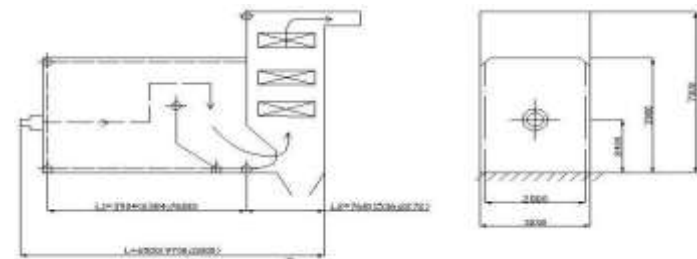


Рис.12 Габариты теплогенераторов типов КВ-ГМ-10; КВ-ГМ-20 и КВ-ГМ-30

Топочная камера теплогенератора полностью экранирована и имеет горизонтальную компоновку. В задней части топочной камеры имеется промежуточная экранированная стенка, образующая камеру догорания, экраны промежуточной стенки выполнены двухрядными. Конвективная поверхность нагрева этих теплогенераторов расположена в вертикальной шахте с подъемным движением газов. Стены конвективной шахты полностью экранированы.

Теплогенераторы этой серии оборудованы одной ротационной газомазутной горелкой соответствующей производительности, которая устанавливается на фронтальной стенке теплогенератора. Каждая горелка снабжена автономным вентилятором первичного воздуха.

Компоновка Теплогенераторов КВ-ГМ-50 и КВ-ГМ-100

Теплогенераторы КВ-ГМ-50 и КВ-ГМ-100 имеют П-образную компоновку сомкнутого типа и могут быть использованы как в основном, так и в пиковом режиме, т.е. для подогрева сетевой воды соответственно от 70 до 150° и от 110 и до 150°С.

Конструкция этих теплогенераторов представлена на рис. 13 (размеры в скобках для котлоагрегата КВ-ГМ-50). Котлы рассчитаны на работу только с дымососами и допускают изменение нагрузки в пределах от 20 до 100%. Конструкция теплогенераторов допускает перестройку гидравлической схемы с двухпоточной (основной) на четырехпоточную (пиковую). Переход с двухпоточной схемы на четырехпоточную выполняется установкой в нужных местах заглушек на трубопроводах.

Имея единый профиль и поперечное сечение топки, теплогенераторы данной группы различаются лишь глубинами топочной камеры L_1 и конвективной шахты L_2 . На рис. 14 представлена схема теплогенераторов

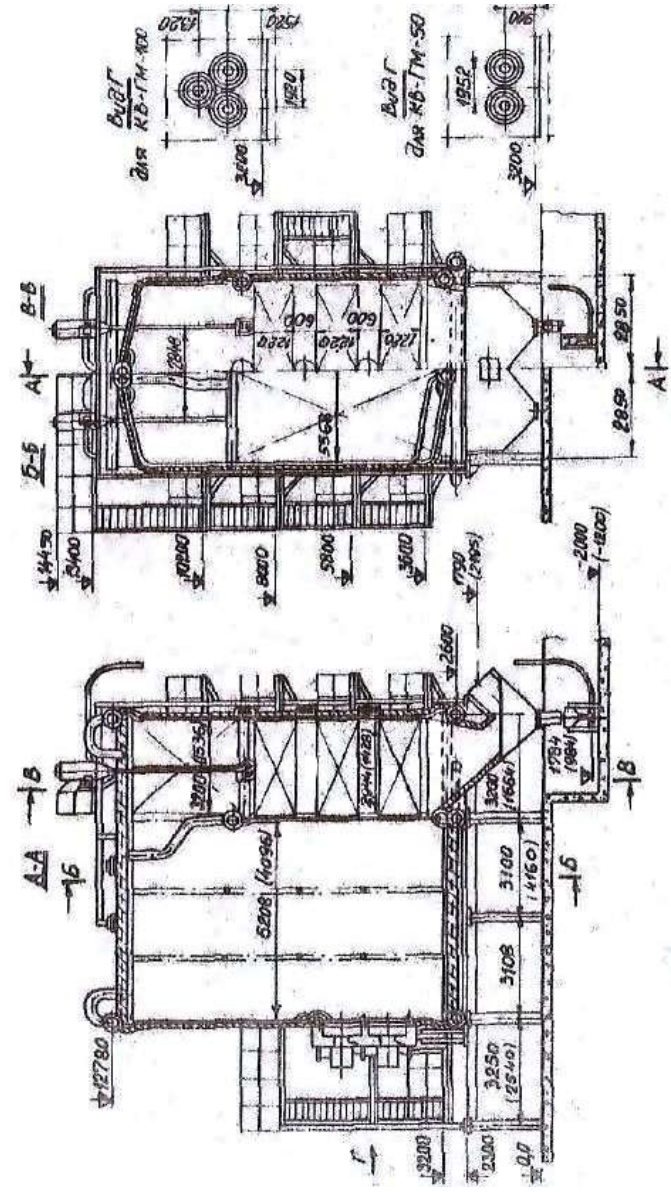


Рис. 11. Теплогенераторы КВ-ГМ-50 и КВ-ГМ-100

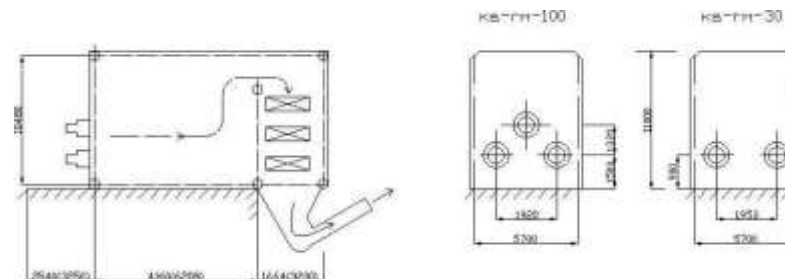


Рис. 14. Габариты теплогенераторов типа KB-ГМ-100 и KB-ГМ-50

KB-ГМ-50 и KB-ГМ-100 (размеры в скобках относятся к типу KB-ГМ-100), а технико-экономические показатели приведены в приложении.

Продукты сгорания из полностью экранированной топки поступают в специальные окна с фестом, образованным разводкой труб заднего экрана (см. рис. 14). За окнами через поворотную камеру продукты сгорания проходят конвективные пучки сверху вниз.

Конвективная поверхность нагрева теплогенераторов состоит из трех пакетов, которые набираются из U – образных змеевиков. Змеевики расположены параллельно фронту котла. Боковые стены конвективной шахты также экранированы и являются одновременно стояками конвективной шахты.

Теплогенератор KB-ГМ-50 снабжается двумя ротационными горелками РГМГ-20, а KB-ГМ-100 - тремя горелками РГМГ-30.

Компоновка теплогенератора KB-ГМ-180.

Теплогенератор KB-ГМ-180 выполнен по Т-образной схеме (рис. 15), снабжен двумя конвективными шахтами, в которых размещаются по два конвективных пакета.

В отличие от теплогенераторов, рассмотренных ранее, горелочные устройства устанавливаются не на фронтальной, а на боковых стенках. На каждой боковой стенке топki под конвективными шахтами размещаются три горелочных устройства, имеющих встречное расположение факелов. Для более глубокого регулирования теплопроизводительности теплогенератора без отключения отдельных горелок последние снабжаются мощными паромеханическими форсунками с широким диапазоном регулирования. Техничко-экономические показатели теплогенераторов приведены в приложении.

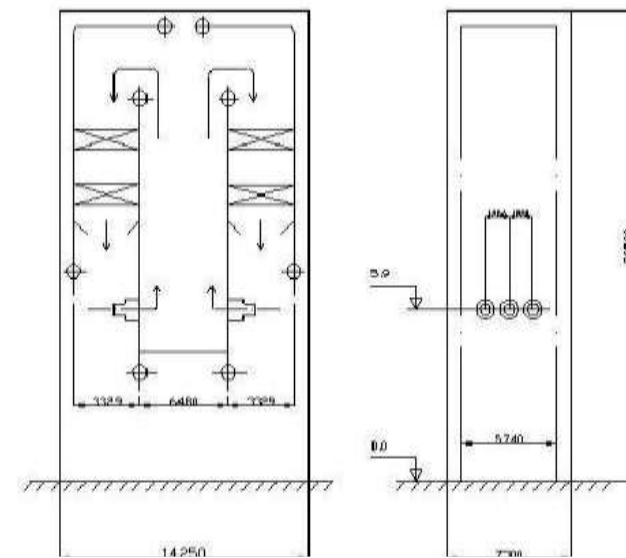


Рис.15. Габариты теплогенератора КВ-ГМ-180

Теплогенератор может быть выполнен газоплотным (для работы под наддувом) и негазоплотным.

Гидравлическая схема теплогенератора для работы в пиковом режиме на ТЭЦ – одноходовая. Для работы теплогенератора в основном режиме гидравлическая схема – двухходовая последовательная. Переход с одноходовой системы на двухходовую производится путем установки в нужных местах заглушек на коллекторах теплогенератора. Допускается полуоткрытая установка теплогенератора.

Топочная камера с полезным объемом 612 м^3 по фронту имеет размер 6480 мм и вдоль оси потока 5470 мм. Конвективные поверхности котла, расположенные с боков топочной камеры, имеют равные с ней размеры по глубине котла. По ширине конвективные шахты имеют размер 3329 мм.

Элементы конструкции теплогенераторов типа КВ-ГМ

Отличительными особенностями теплогенераторов КВ-ГМ являются их унификация, изготовление из одинаковых элементов и полное экранирование топочной камеры.

Конвективные блоки конструктивно оформлены одинаково и набираются из U-образных ширм.

Экранные и конвективные поверхности нагрева.

Топочная камера теплогенераторов КВ-ГМ-4 и КВ-ГМ-6,5 состоит из фронтального, двух боковых и заднего экранов. Топочная камера полностью экранирована трубами диаметром 60×3 мм. Трубы, образующие фронтальной и задней экраны, установлены с шагом $S = 85$ мм. Боковые, подовые и потолочные экраны образованы одинаковыми Г – образными трубами (рис. 15), которые установлены с шагом $S = 64$ мм. Конструктивное оформление камеры Г – образными трубами позволило ограничиться одним типоразмером труб, образующих топочную камеру, причем при экранировании с шагом, близким к их диаметру, не требуется разводки концов труб при присоединении их к коллекторам. Средние трубы фронтального экрана разведены: в верхней части для создания необходимого живого сечения перед предохранительным газовым клапаном, а в средней – для создания амбразуры горелочного устройства. Часть труб заднего экрана, установленных рядом, выгнута в сторону топочной камеры на участке между потолком теплогенератора и началом конвективного пучка. Выгнутые трубы сварены между собой при помощи вставок и образуют конструкцию, которая называется фестом. Такая конфигурация заднего экрана устраняет попадание дрови в топочную камеру при применении дробеочистительной установки.

Конвективная поверхность теплогенераторов состоит из двух пакетов. Каждый пакет набирается из U – образных ширм, выполненных из труб диаметром 28×3 мм (рис. 17). Ширмы пакетов расположены параллельно фронту котла и расставлены таким образом, что их трубы образуют шахматный пучок с шагами $S_1 = 32$ и $S_2 = 40$ мм. Стойки ширм выполнены из труб диаметром $83 \times 3,5$ мм и расположены на боковых стенках конвективной шахты с шагом $S = 128$ мм. Одновременно эти стойки выполняют роль экранов. Потолок конвективной шахты экранирован трубами диаметром $83 \times 3,5$ мм с переменным шагом.

Все трубы экранов, независимо от типа теплогенератора, сварены в верхние и нижние коллекторы диаметром 159×7 мм. Внутри коллекторов помещены глухие перегородки, посредством которых создается направление движения воды в экранных трубах со скоростью, обеспечивающей их надежную работу.

Теплогенераторы типов КВ-ГМ-10, КВ-ГМ-20 и КВ-ГМ-30 имеют полностью экранированные трубами диаметром 60×3 мм топочные камеры. На фронте и задней стенке теплогенератора трубы расположены с ша-

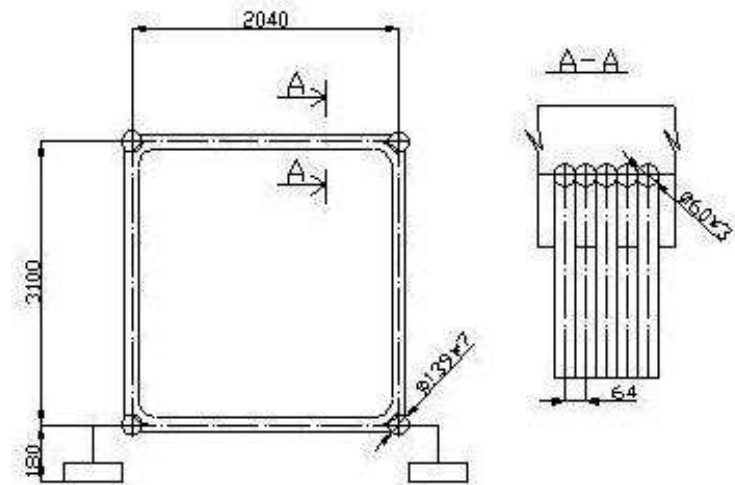


Рис. 16 Трубная система топочной камеры водогрейных котлов КВ-ГМ

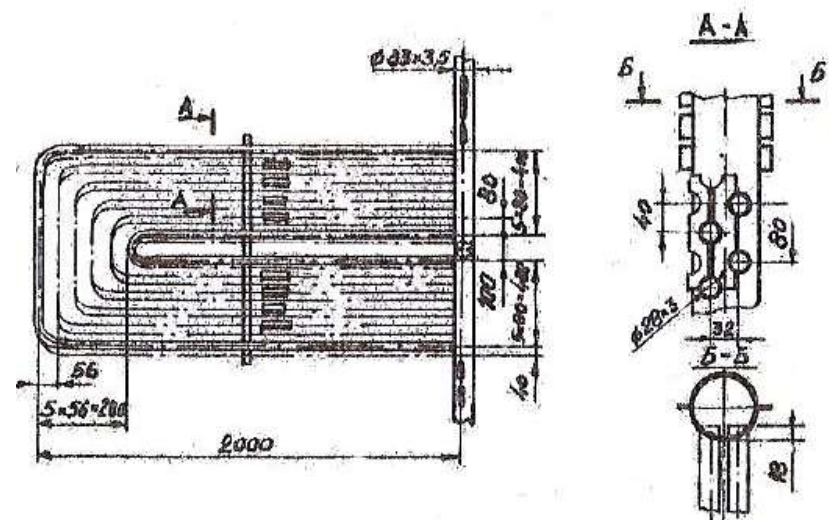


Рис.17. Ширмы конвективной поверхности нагрева водогрейных котлов КВ

гом $S = 85$ мм, а боковые и потолочные экраны, образованные U - образными трубами, установлены с шагом $S = 64$ мм. Экранные трубы привариваются непосредственно к верхним и нижним коллекторам диаметром 219×10 мм. Отличительной особенностью этих теплогенераторов является то, что в задней части топочной камеры имеется промежуточная экранированная стенка, образующая камере догорания. Экраны промежуточной стенки выполнены из труб диаметром 60×3 мм с шагами $S_1 = 128$ и $S_2 = 182$ мм, но эти трубы установлены в два ряда.

Конвективная поверхность нагрева этих теплогенераторов состоит из двух пакетов и расположена в вертикальной шахте с полностью экранированными стенками. Задняя и передняя стены выполнены из труб диаметром 60×3 мм с шагом $S = 64$ мм. Боковые стены экранированы трубами диаметром $83 \times 3,5$ мм с шагом $S = 128$ мм и являются коллекторами для конвективных пакетов, которые собираются из U - образных ширм из труб диаметром 28×3 мм. Ширмы расставлены таким образом, что трубы образуют шахматный пучок с шагами $S_1 = 32$ и $S_2 = 40$ мм. Передняя стенка шахты, являющаяся одновременно задней стенкой топки, выполнена цельносварной и отделяет топочную камеру от конвективной поверхности нагрева. В нижней части стены трубы с шагами $S_1 = 256$ и $S_2 = 180$ мм разведены в четырехрядный фестон. Все трубы, образующие переднюю, боковую и заднюю стены, вварены непосредственно в камеры диаметром 219×10 мм.

Унифицированная серия газомазутных теплогенераторов теплопроизводительностью 58 и 116 МВт включает в себя теплогенераторы КВ-ГМ-50 и КВ-ГМ-100. Топочная камера теплогенераторов отделена от конвективной шахты плотным экраном. трубы боковых экранов экранируют пол и потолок топочной камеры, образуя экраны U - образной формы (рис. 18).

Топочная камера теплогенератора, как и конвективная шахта, полностью экранирована. Экраны топочной и поворотной камер и задняя стенка

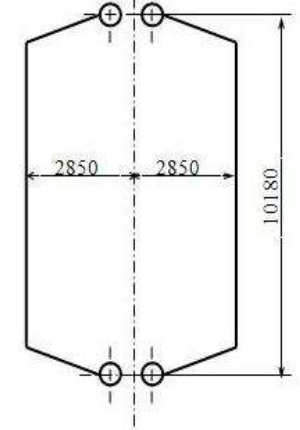


Рис. 18. Трубная система топочной камеры теплогенераторов КВ-ГМ-50 и КВ-ГМ-100

конвективной шахты выполнены из труб диаметром 60×3 мм с шагом $S = 64$ мм.

Конвективная поверхность нагрева теплогенератора состоит из трех пакетов. Каждый пакет набирается из U – образных ширм, выполненных из труб диаметром 28×3 мм. Ширмы расположены параллельно фронту котла и расставлены таким образом, что их трубы образуют шахматный пучок с шагами $S_1 = 32$ и $S_2 = 40$ мм.

Боковые стены конвективной шахты закрыты трубами диаметром 83×3,5 мм с шагом $S=128$ мм, которые являются одновременно экранами и стояками для U – образных ширм.

Все экранные трубы этих теплогенераторов ввариваются непосредственно в коллекторы диаметром 273×11 мм.

Отличительной особенностью теплогенератора КВ-ГМ-180 теплопроизводительностью 209 МВт является то, что он выполнен по Т-образной схеме, снабжен двумя конвективными шахтами, в которых размещаются по два конвективных пакета.

Трубная система теплогенератора состоит из экранных поверхностей нагрева и главных коллекторов.

В топочной камере располагаются экранные поверхности, выполненные из труб диаметром 60×3 мм с шагом $S = 64$ мм.

Конвективные пакеты расположены вдоль оси котла и выполнены из труб диаметром 28×3 мм, которые ввариваются в стояки диаметром 83×3,5 мм, расположенные с шагом $S = 128$ мм.

Все трубы экранов теплогенератора вварены в верхние и нижние коллекторы, в свою очередь, верхние коллекторы через систему трубопроводов подключаются к главным коллекторам (входному и выходному), изготовленным из труб диаметром 720×12 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузников Е.Ф. , Роддатис К.Ф. , Березный Э.Я. Производственные и отопительные котельные - М.: Энергия, 1984.
2. Водогрейные котлы теплопроизводительность 10, 20 и 30 Гкал/ч для работы на жидком, газообразном и твердом топливах: Информационные материалы. – Л.: ЦКТИ, 1970.
3. Жирнов Н.И. , Пермяков Б.А. Источники тепла в системах теплоснабжения – М.: МИСИ, 1974
4. Либерман Н.Б. , Няковский М.Г. Справочник по проектированию котельных установок систем централизованного теплоснабжения. – М.: Энергия, 1979.
5. Роддатис К.Ф. Котельные установки. – М.: Энергия, 1977.
6. Рекомендации по применению и эксплуатации водогрейных котлов теплопроизводительностью 4 и 6,5 Гкал/ч /Под ред. В.Д. Терентьева; Вып. 35. – Л.: ЦКТИ, 1970.
7. Соловьев Ю.П. Проектирование теплоснабжающих установок для промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1978.
8. СНиП–II–35 –76. Котельные установки. – М.: Стройиздат, 1977.
9. СНиП–II–35 –73. Тепловые сети. – М.: Стройиздат, 1974.

Основные технико-экономические характеристики водогрейных

Характеристики	Тип					
	КВ-ГМ-4		КВ-ГМ-6,5		КВ-ГМ-10	
	Газ	Мазут	Газ	Мазут	Газ	Мазут
Теплопроизводительность, МВт	4,6		7,5		11,6	
Расчетный расход воды (кг/с) в режимах:						
основном	13,75		22,2		34,3	
пиковом	-		-		-	
Расчетное давление воды за теплогенератором, МПа					0,75	
Гидравлическое сопротивление теплогенератора (кПа) в режимах:						
основном	118		118		150	
пиковом	-		-		-	
Расчетная температура воды на входе (°C) в режимах:						
основном						
пиковом	-		-		-	
Расчетная тем-ра воды на выходе (°C)						
Сопротивление газового тракта, Па						
собственно котла	221	256	229	261	418	460
воздушного короба(включая горелки)	-	-	-	-	1350	
Температура уходящих газов (°C) в режимах:						
основном	150	245	153	245	145	230
пиковом	-	-	-		-	
КПД котла (%) в режимах:						
основном	90,5	86,3	91,1	87,0	91,9	88,4
пиковом	-		-		-	
Расчетный расход топлива, м ³ /с (кг/с) в режимах:						
основном	0,143	0,139	0,23	0,22	0,34	0,35
пиковом	-		-		-	
Глубина топки, мм	2496		3520		3904	
Глубина конвективной шахты, мм	608		1056		768	
Объем топочной камеры, м ³	16,4		21,8		38,3	
Лучевоспринимающая поверхность, м ²	38,6		48,9		53,6	
Поверхность нагрева конвективной части, м ²	88,7		150,4		221,5	
Поверхность фестона, м ²	-		-		7,2	
Тепловое напряжение топочного объема, кВт/м ³	199	207	268	275	320	350

теплогенераторов серии КВ-ГМ									
теплогенератора									
КВ-ГМ-20		КВ-ГМ-30		КВ-ГМ-50		КВ-ГМ-100		КВ-ГМ-180	
Газ	Мазут	Газ	Мазут	Газ	Мазут	Газ	Мазут	Газ	Мазут
23,2		35		58		116		209	
68,6		103		172		343		614	
-		-		342		683		1229	
2,45									
216		186		133		165			
-		-		75		79		90	
-		-		110		110		110	
570 600		650 670		1000 950		1200		1350	
1800		2800		2400		3100		3440	
155 242		160 250		140 180		138 180		175 195	
- -		-		142 180		144 180		155 227	
91,9 86,3		91,2 87,7		92,6 91,1		92,7 91,3		91,5 91,0	
-		-		92,5 91,1		92,5 91,3		92,4 89,5	
0,7 0,68		0,97 1,02		1,74 1,6		3,48 3,2		6,36 5,8	
-		-		1,74 1,6		3,48 3,2		6,3 5,9	
6384		7680		4196		6208		6480	
1536		2080		1164		3200		3329	
51,2		77,6		251		388		612	
106,6		126,9		245		325		535	
406,5		592,6		1223		2385		4940	
10,23		14,2		-		-		-	
495 515		452 510		250 251		323 323		431 430	

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Системы теплоснабжения	1
1.1	Классификация систем теплоснабжения	1
1.2	Принципиальные схемы систем теплоснабжения	3
2.	Теплогенерирующие установки	5
2.1	Классификация теплогенерирующих установок	5
2.2	Принципиальные схемы теплогенерирующих установок	7
2.3	Определение рабочей тепловой мощности теплогенерирующей установки	13
2.4	Выбор мощности котельных агрегатов теплогенерирующих установок	16
3.	Паровые котельные агрегаты теплогенерирующих установок	16
4.	Водогрейные теплогенераторы	20
4.1	Общая характеристика	20
4.2	Водогрейные газомазутные теплогенераторы КВ-ГМ	21
	Литература	34
	Приложение	36

