

## Тепловые схемы котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения

Выбор системы теплоснабжения (открытая или закрытая) производится на основе технико-экономических расчетов. Так как рассмотрение тепловых схем удобнее вести на практических примерах, ниже приведены принципиальные и развернутые схемы котельных с водогрейными котлами. Принципиальные тепловые схемы котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения, работающей на закрытую систему теплоснабжения, показана на рис. 5.7.

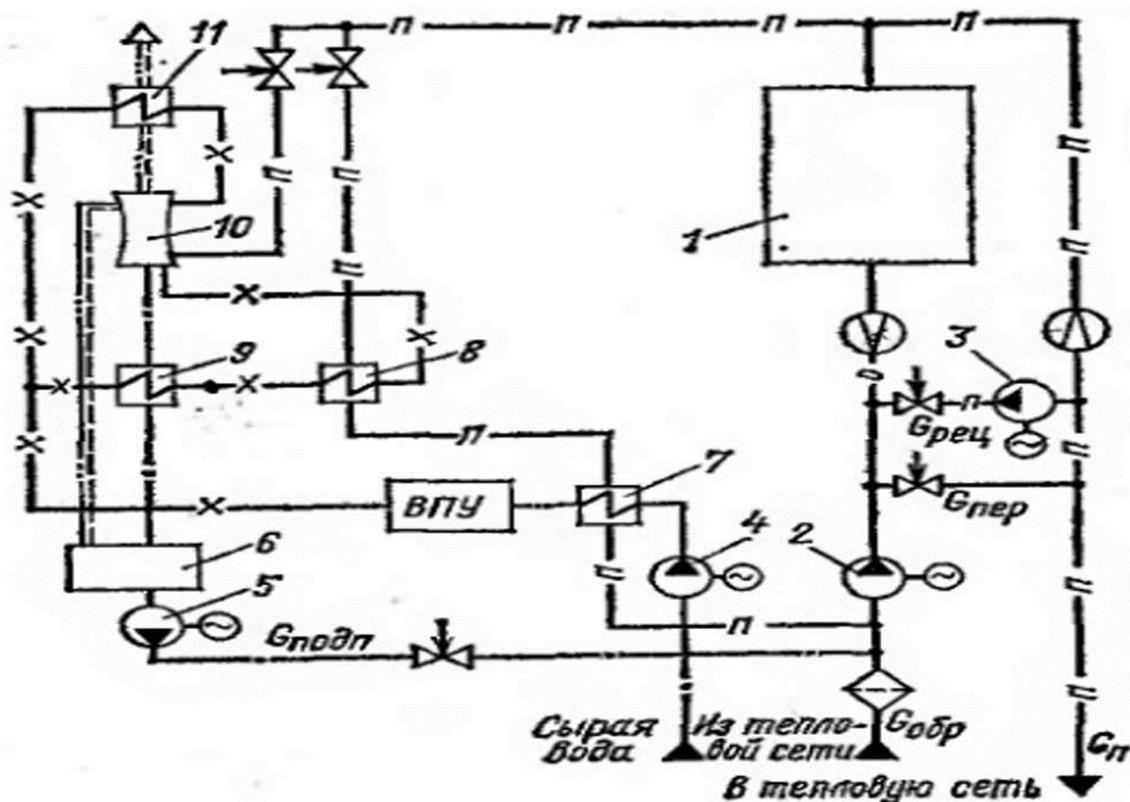


Рис. 5.7. Принципиальные тепловые схемы котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения.

1 - котел водогрейный; 2 - насос сетевой; 3 - насос рециркуляционный; 4 - насос сырой воды; 5 - насос подпиточной воды; 6 - бак подпиточной воды; 7 - подогреватель сырой воды; 8 - подогреватель химии чески очищенной воды; 9 - охладитель подпиточной воды; 10 - деаэрактор; 11 - охладитель выпара.

Вода из обратной линии тепловых сетей с небольшим напором (20 - 40 м вод. ст.) поступает к сетевым насосам 2. Туда же подводится вода от подпиточных насосов 5, компенсирующая утечки воды в тепловых сетях. К насосам 1 и 2 подается и горячая сетевая вода, теплота которой частично использована в теплообменниках для подогрева химически очищенной 8 и сырой воды 7.

Для обеспечения температуры воды перед котлами, заданной по условиям предупреждения коррозии, в трубопровод за сетевым насосом 2 подают необходимое количество горячей воды, вышедшей из водогрейных котлов 1. Линию, по которой подают горячую воду, называют рециркуляционной. Вода подается рециркуляционным насосом 3, перекачивающим нагретую воду. При всех режимах работы тепловой сети, кроме максимально зимнего, часть воды из обратной линии после сетевых насосов 2, минуя котлы,

подают по линии перепуска в количестве  $G$  пер в подающую магистраль, где вода, смешиваясь с горячей водой из котлов, обеспечивает заданную расчетную температуру в подающей магистрали тепловых сетей. Добавка химически очищенной воды подогревается в теплообменниках 9, 8 11 деаэрируется в деаэраторе 10. Воду для подпитки тепловых сетей из баков 6 забирает подпиточный насос 5 и подает в обратную линию.

Даже в мощных водогрейных котельных, работающих на закрытые системы теплоснабжения, можно обойтись одним деаэратором подпиточной воды с невысокой производительностью. Уменьшается также мощность подпиточных насосов, оборудование водоподготовительной установки и снижаются требования к качеству подпиточной воды по сравнению с котельными для открытых систем. Недостатком закрытых систем является некоторое удорожание оборудования абонентских узлов горячего водоснабжения.

Для сокращения расхода воды на рециркуляцию ее температура на выходе из котлов поддерживается, как правило, выше температуры воды в подающей линии тепловых сетей. Только при расчетном максимально зимнем режиме температуры воды на выходе из котлов и в подающей линии тепловых сетей будут одинаковы. Для обеспечения расчетной температуры воды на входе в тепловые сети к выходящей из котлов воде подмешивается сетевая вода из обратного трубопровода. Для этого между трубопроводами обратной и подающей линии, после сетевых насосов, монтируют линию перепуска.

Наличие подмешивания и рециркуляции воды приводит к режимам работы стальных водогрейных котлов, отличающимся от режима тепловых сетей. Водогрейные котлы надежно работают лишь при условии поддержания постоянства количества воды, проходящей через них. Расход воды должен поддерживаться в заданных пределах независимо от колебаний тепловых нагрузок. Поэтому регулирование отпуска тепловой энергии в сеть необходимо осуществлять путем изменения температуры воды на выходе из котлов.

Для уменьшения интенсивности наружной коррозии труб поверхностей стальных водогрейных котлов необходимо, поддерживать температуру воды на входе в котлы выше температуры точки росы дымовых газов. Минимально допустимая температура воды на входе в котлы рекомендуется следующая:

при работе на природном газе - не ниже  $60^{\circ}\text{C}$ ; при работе на малосернистом мазуте - не ниже  $70^{\circ}\text{C}$ ; при работе на высокосернистом мазуте - не ниже  $110^{\circ}\text{C}$ .

В связи с тем, что температура воды в обратных линиях тепловых сетей почти всегда ниже  $60^{\circ}\text{C}$ , тепловые схемы котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения предусматривают, как отмечено ранее, рециркуляционные насосы и соответствующие трубопроводы. Для определения необходимой температуры воды за стальными водогрейными котлами должны быть известны режимы работы тепловых сетей, которые отличаются от графиков или режимных котлоагрегатов.

Во многих случаях водяные тепловые сети рассчитываются для работы по так называемому отопительному температурному графику типа, показанного на рис. 2.9. Расчет показывает, что максимальный часовой расход воды, поступающей в тепловые сети от котлов, получается при режиме, соответствующем точке излома графика температур воды в сетях, т. е. при температуре наружного воздуха, которой соответствует на низшей температура воды в подающей линии. Эту температуру поддерживают постоянной даже при дальнейшем повышении температуры наружного воздуха.

Исходя из изложенного, в расчет тепловой схемы котельной вводят пятый характерный режим, отвечающий точке излома графика температур воды в сетях. Такие графики строятся для каждого района с соответствующей последнему расчетной температурой

наружного воздуха по типу показанного на рис. 2.9. С помощью подобного графика легко находятся необходимые температуры в подающей и обратной магистралях тепловых сетей и необходимые температуры воды на выходе из котлов. Подобные графики для определения температур воды в тепловых сетях для различных расчетных температур наружного воздуха - от -13°C до -40°C разработаны Теплоэлектропроектом.

Температуры воды в подающей и в обратной магистралях, °C, тепловой сети могут быть определены по формулам:

$$t_1^* = t_{вн} + \frac{\theta + 2\tau_2 - 2t_{вн}}{2} \times \left[ \frac{t_{вн} - t'_н}{t_{вн} - t_н} \right]^{0.76} + \frac{2\Delta\tau - \theta}{2} \left[ \frac{t_{вн} - t'_н}{t_{вн} - t_н} \right]; \quad (5.40)$$

$$t_2^* = t_{вн} + \frac{\theta + 2\tau_2 - 2t_{вн}}{2} \times \left[ \frac{t_{вн} - t'_н}{t_{вн} - t_н} \right]^{0.76} - \frac{\theta}{2} \left[ \frac{t_{вн} - t'_н}{t_{вн} - t_н} \right], \quad (5.41)$$

где  $t_{вн}$  - температура воздуха внутри отапливаемых помещений, °C;  $t_н$  - расчетная температура наружного воздуха для отопления, °C;  $t'_н$  - изменяющаяся во времени температура наружного воздуха, °C;  $t_1^*$  - температура воды в подающем трубопроводе при  $t_н$ , °C;  $t_2^*$  - температура воды в обратном трубопроводе при  $t_н$ , °C;  $t_н$  - температура воды в подающем трубопроводе при  $t'_н$ , °C;  $\Delta t$  - расчетный перепад температур,  $\Delta t = \pi_1 - \pi_2$ , °C;  $\theta = \pi_3 - \pi_2$  - расчетный перепад температур в местной системе, °C;  $\pi_3 = \pi_1 + a\pi_2 / 1 + a$  - расчетная температура воды, поступающей в отопительный прибор, °C;  $\pi_2$  - температура воды, идущей в обратный трубопровод от прибора при  $t'_н$ , °C;  $a$  - коэффициент смещения, равный отношению количества обратной воды, подсасываемой элеватором, к количеству сетевой воды.

Сложность расчетных формул (5.40) и (5.41) для определения температуры воды в тепловых сетях подтверждает целесообразность использования графиков типа показанного на рис. 2.9, построенного для района с расчетной температурой наружного воздуха - 26 °C. Из графика видно, что при температурах наружного воздуха 3°C и выше вплоть до конца отопительного сезона температура воды в подающем трубопроводе тепловых сетей постоянна и равна 70 °C.

Исходными данными для расчетов тепловых схем котельных со стальными водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения, как указывалось выше, служат расходы теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение с учетом тепловых потерь в котельной, сетях и расхода теплоты на собственные нужды котельной.

Соотношение отопительно-вентиляционных нагрузок и нагрузок горячего водоснабжения уточняется в зависимости от местных условий работы потребителей. Практика эксплуатации отопительных котельных показывает, что среднечасовой за сутки расход теплоты на горячее водоснабжение составляет около 20 % полной теплопроизводительности котельной. Тепловые потери в наружных тепловых сетях рекомендуется принимать в размере до 3 % общего расхода теплоты. Максимальные часовые расчетные расходы тепловой энергии на собственные нужды котельной с водогрейными котлами при закрытой системе теплоснабжения можно принять по рекомендации [9] в размере до 3 % установленной теплопроизводительности всех котлов.

Суммарный часовой расход воды в подающей линии тепловых сетей на выходе из котельной определяется, исходя из температурного режима работы тепловых сетей, и, кроме того, зависит от утечки воды через не плотности. Утечка из тепловых сетей для закрытых систем теплоснабжения не должна превышать 0,25 % объема воды в трубах тепловых сетей.

Допускается ориентировочно принимать удельный объем воды в местных системах отопления зданий на 1 Гкал/ч суммарного расчетного расхода теплоты для жилых районов 30 м<sup>3</sup> и для промышленных предприятий - 15 м<sup>3</sup>.

С учетом удельного объема воды в трубопроводах тепловых сетей и подогревательных установках общий объем воды в закрытой системе ориентировочно можно принимать равным для жилых районов 45 - 50 м<sup>3</sup>, для промышленных предприятий - 25 - 35 м<sup>3</sup> на 1 Гкал/ч суммарного расчетного расхода теплоты.

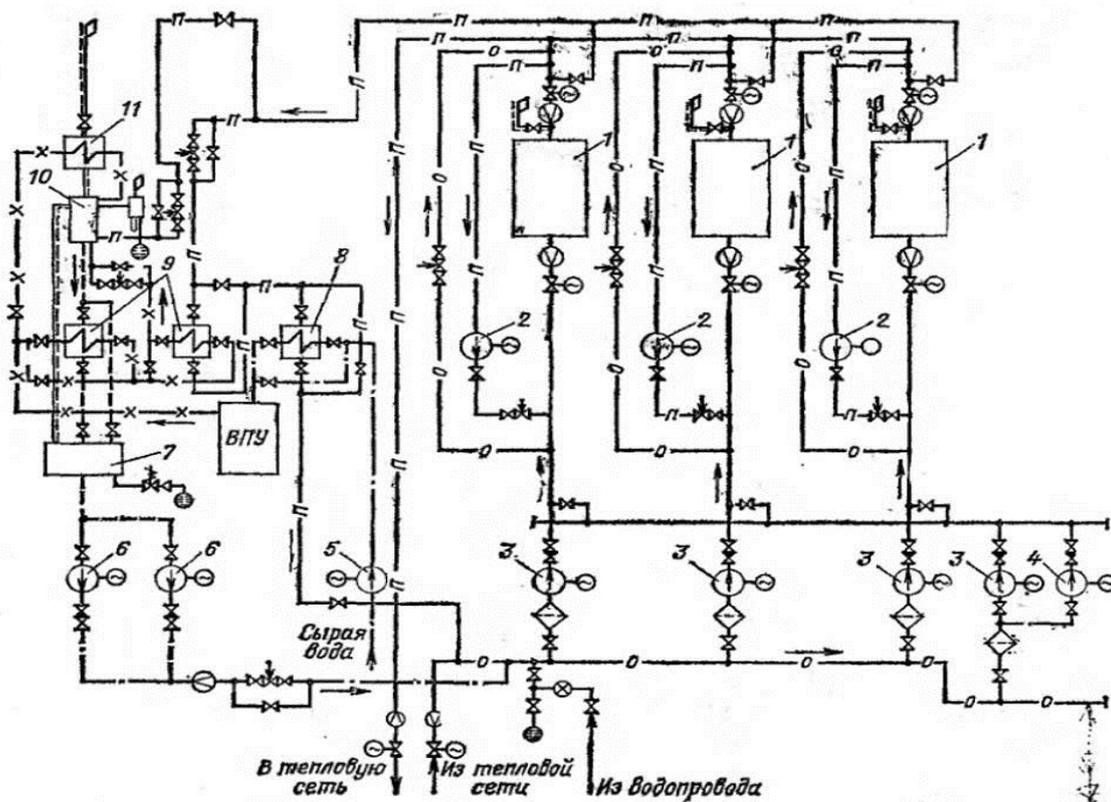


Рис. 5.8. Развернутые тепловые схемы котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения.

1 - котел водогрейный; 2 - насос рециркуляционный; 3 - насос сетевой; 4 - насос сетевой летний; 5 - насос сырой воды; 6 - насос конденсатный; 7 - бак конденсатный; 8 - подогреватель сырой воды; 9 - подогреватель химически очищенной воды; 10 - деаэрактор; 11 - охладитель вытара.

Иногда для предварительного определения количества утекающей из закрытой системы сетевой воды эту величину принимают в пределах до 2 % расхода воды в подающей линии. На основе расчета принципиальной тепловой схемы и после выбора единичных производительностей основного и вспомогательного оборудования котельной составляется полная развернутая тепловая схема. Для каждой технологической части котельной обычно составляются отдельные развернутые схемы, т. е. для оборудования собственно котельной, химводоочистки и мазутного хозяйства. Развернутая тепловая схема котельной с тремя

водогрейными котлами КВ -ТС - 20 для закрытой системы теплоснабжения показана на рис. 5.8.

В верхней правой части этой схемы размещены водогрейные котлы 1, а в левой - деаэраторы 10 ниже котлов размещены рециркуляционные ниже сетевые насосы, под деаэраторами - теплообменники (подогреватели) 9, бак деаэрированной воды 7, подпиточные насосы 6, насосы сырой воды 5, дренажные баки и продувочный колодец. При выполнении развернутых тепловых схем котельных с водогрейными котлами применяют обще станционную или агрегатную схему компоновки оборудования (рис. 5.9).

Общестанционные тепловые схемы котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения характеризуется присоединением сетевых 2 и рециркуляционных 3 насосов, при котором вода из обратной линии тепловых сетей может поступать к любому из сетевых насосов 2 и 4, подключенных к магистральному трубопроводу, питающему водой все котлы котельной. Рециркуляционные насосы 3 подают горячую воду из общей линии за котлами также в общую линию, питающую водой все водогрейные котлы.

При агрегатной схеме компоновки оборудования котельной, изображенной на рис. 5.10, для каждого котла 1 устанавливаются сетевые 2 и рециркулярные насосы 3.

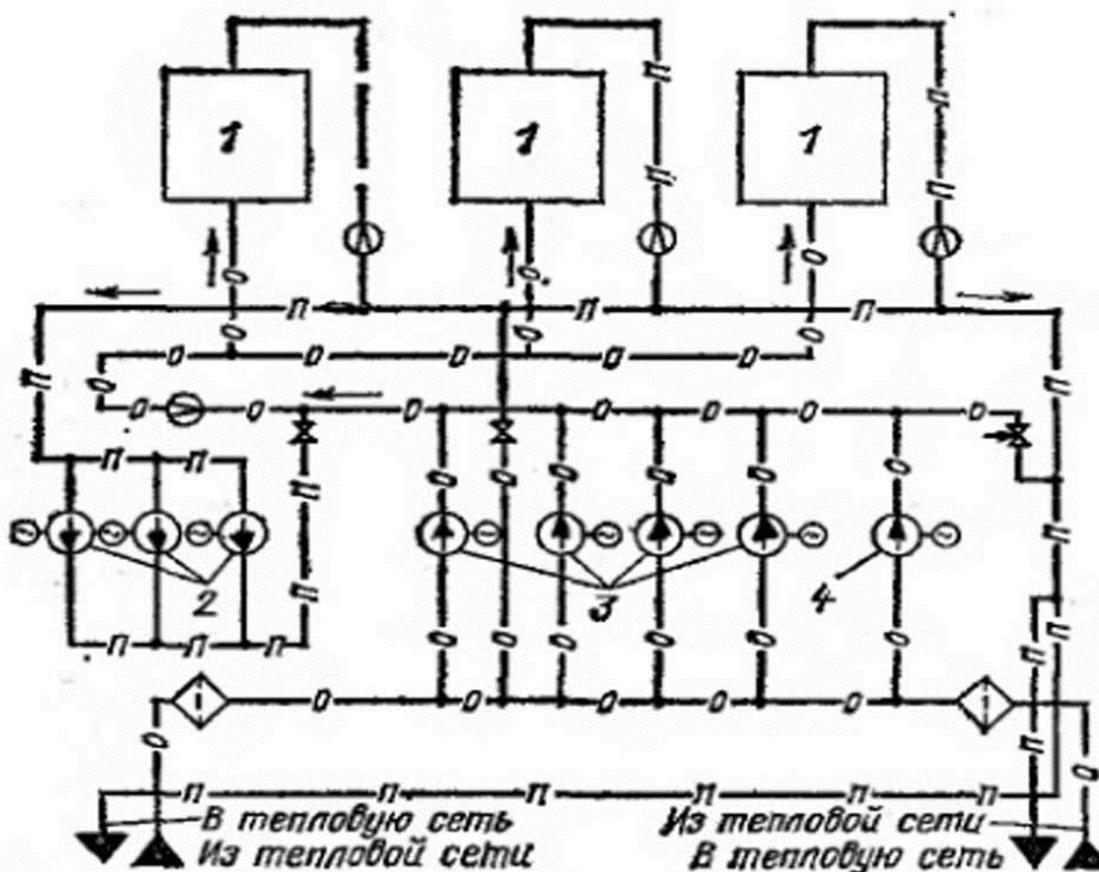


Рис 5.9 Общестанционная компоновка котлов сетевых и рециркуляционных насосов. 1 - котел водогрейный, 2 - рециркуляционный, 3 - насос сетевой, 4 - насос сетевой летний.

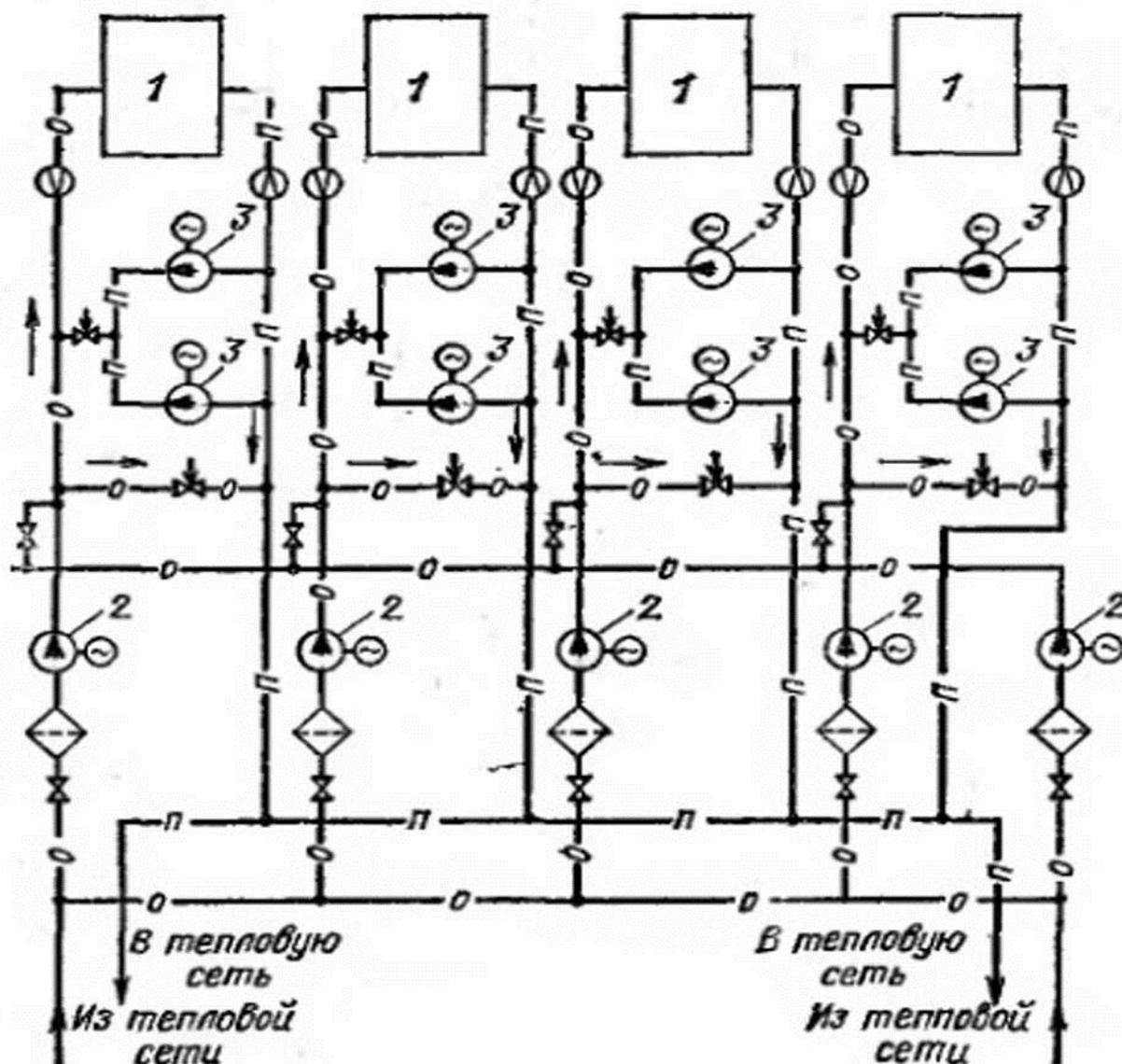


Рис. 5-10. Агрегатная компоновка котлов КВ - ГМ - 100, сетевых и рециркуляционных насосов. 1 - насос водогрейный; 2 - насос сетевой; 3 - насос рециркуляционный.

Вода из обратной магистрали поступает параллельно ко всем сетевым насосам, а нагнетательный трубопровод каждого насоса подключен только к одному из водонагревательных котлов. К рециркуляционному насосу горячая вода поступает из трубопроводом за каждым котлом до включения его в общую падающую магистраль и направляется в питательную линию того же котлоагрегата. При компоновке при агрегатной схеме предусматривается установка одного для всех водогрейных котлов. На рис.5.10 линии подпиточной и горячей воды к основным трубопроводам и теплообменником не показаны.

Агрегатный способ размещения оборудования особенно широко применяется в проектах водогрейных котельных с крупными котлами ПТВМ - 30М, КВ - ГМ 100. и др. Выбор обще станционного или агрегатного способа компоновки оборудования котельных с водогрейными котлами в каждом отдельном случае решается, исходя из эксплуатационных соображений. Важнейшими из них из компоновки при агрегатной схеме является облегчение учета и регулирования расхода и параметра теплоносителя от каждого агрегата магистральных теплопроводов большого диаметра и упрощение ввода в эксплуатацию каждого агрегата.