

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

**Д. А. Лапин, А. П. Абрамов**

## **РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ**

**методические указания к курсовой работе**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
направления подготовки бакалавров  
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
в качестве электронного издания  
для практического занятия

Кемерово 2017

## Рецензенты:

Темникова Е.Ю. – доцент кафедры теплоэнергетики

Богомоллов А. Р. – председатель учебно-методической комиссии  
направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

**Лапин Дмитрий Александрович. Рециркуляционные насосные установки** [Электронный ресурс]: методические указания к курсовой работе по дисциплине для студентов направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» / Д. А. Лапин, А. П. Абрамов. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2017. – Систем. требования: Pentium IV ; ОЗУ 8 Гб ; Windows 2003. - Загл. с экрана.

Методические указания к курсовой работе составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели» и предназначены для бакалавров направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

© КузГТУ

© Лапин Д. А.

© Абрамов А.П.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Рециркуляционные насосные установки используются в водогрейных котельных и в котельных смешанного типа (с паровыми и водогрейными котлами). Их назначение в поддержании температуры воды на входе в водогрейный котел не менее допустимой с учетом используемого топлива. С той целью рециркуляционный насос часть нагретой воды в котле подает снова на вход в котел, где она перемешивается с обратной водой из тепловой сети и увеличивает ее температуру до заданной величины.

Температура воды на входе в котел зависит от вида топлива и содержания в нем серы. При сжигании углей и мазута образуются пары серы и ее соединений, которые легко конденсируются на экранных трубах котла, где их температура не превышает  $100^{\circ}\text{C}$ , что приводит к интенсивной эрозии поверхности труб и утонению стенки. Использование природного и других энергетических газов в качестве топлива для котлов позволяет снизить минимальную температуру поверхности экранных труб до величины  $60-70^{\circ}\text{C}$ , исключая эрозию их поверхностей.

Многообразие условий покрытия круглогодичных и пиковых тепловых нагрузок на территории нашей страны стало причиной проектирования водогрейных установок со значительными отличиями в тепловой схеме, что позволило более полно и эффективно обеспечивать теплом потребителей производственного, социального и жилищного сектора.

Вторым важным назначением рециркуляционных насосов является оперативное обеспечение регулирования тепловой нагрузки в соответствии с графиком и изменениями атмосферных условий. Её эффективное регулирование возможно только при сохранении заданного уровня надежности системы. Это, от части, является причиной проектирования водогрейных установок со значительными отличиями в тепловой схеме.

Тепловая схема котельной и схема включения рециркуляционного насоса жестко связаны с температурным графиком подачи тепла потребителям в разные сезоны года и необходимостью в большей или меньшей мере производить подпитку сетевой установки.

Наиболее распространенные схемы включения рециркуляционных насосов в тепловые схемы водогрейных котельных и котельных смешанного типа приведены на рис. 1-5.

# 1. ПРОСТАЯ СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ

Наиболее простая схема включения рециркуляционных насосов применяется когда температура воды в подающем трубопроводе –  $t_{\text{П}}$  более  $110^{\circ}\text{C}$  и теплоноситель используется для покрытия нагрузок на вентиляцию и отопление рис. 1.

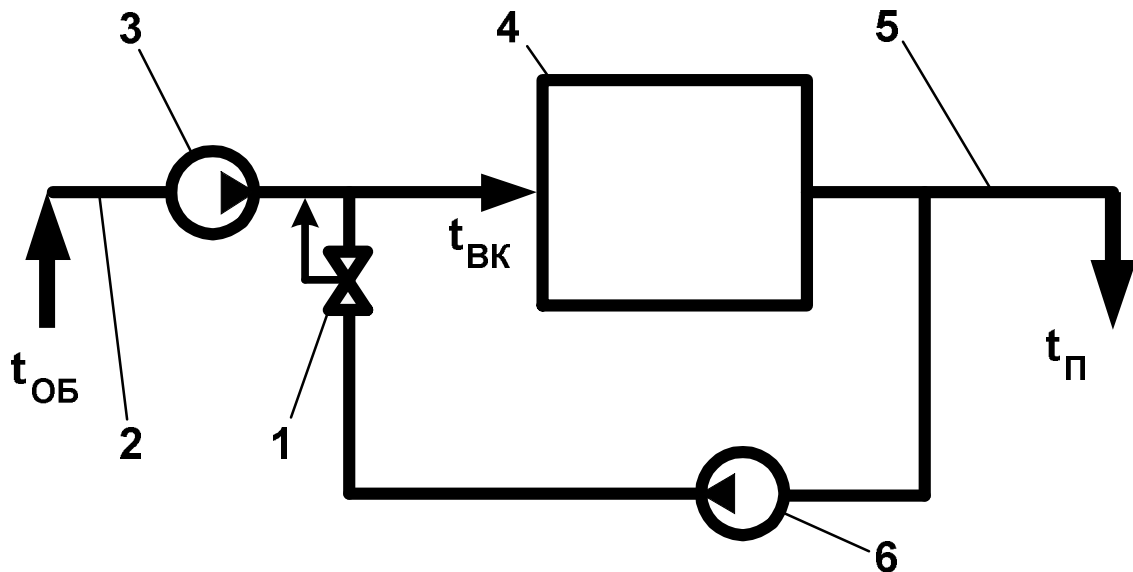


Рис. 1. Схема включения рециркуляционного насоса при  $t_{\text{П}} \geq 110^{\circ}\text{C}$

1 – регулятор подачи рециркуляционного насоса; 2 и 5 – трубопроводы, обратной и прямой воды; 3 – сетевой насос; 4 – водогрейный котел; 6 – рециркуляционный насос

Рециркуляционный насос установлен на байпасе, соединяющем подводящий и отводящий трубопроводы водогрейного котла. В напорной части байпаса перед врезкой в подводящий трубопровод установлен регулятор подачи рециркуляционного насоса. Он выполнен в виде клапана с автоматическим приводом. Управление приводом клапана связано с температурой воды в обратном трубопроводе –  $t_{\text{ОБ}}$ . При уменьшении  $t_{\text{ОБ}}$  клапан частично поднимается и увеличивает производительность рециркуляционного насоса, что приводит к повышению температуры воды на входе в котел –  $t_{\text{ВК}}$  до расчетной величины. При повышении  $t_{\text{ОБ}}$  (для уменьшения тепловой нагрузки) клапан поднимает-

ся, увеличивая проходное сечение, снижая гидравлическое сопротивление байпаса, что приводит к увеличению производительности рециркуляционного насоса и увеличению температуры воды в подающем трубопроводе котла до расчетной величины.

Достоинствами этой схемы являются ее простота и надежность. Подпитка тепловой сети предусматривается от централизованного источника, например, ТЭЦ или районной котельной большей мощности.

В табл. 1 приведены данные для схемы по рис. 1.

Таблица 1

Исходные данные для выполнения теплового расчета  
и выбора рециркуляционных насосов для котельной

№ варианта	1	2	3	4	5
$Q_C$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	10	15	20	25	30
$t_{П}$ –температура воды в подающем трубопроводе, °С	90	95	100	105	110
$t_{ОБ}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, °С	70	70	70	70	70
$t_{ВК}$ – температура воды на входе в котел, °С	110	112	114	116	118
$t_{К}$ – температура воды на выходе из котла, °С	150	150	155	155	150
$n_K$ – число установленных котлов в котельной, шт.	2	3	4	5	6
№ варианта	6	7	8	9	10
$Q_C$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	35	40	45	50	60
$t_{П}$ –температура воды в подающем трубопроводе, °С	115	120	125	90	120
$t_{ОБ}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, °С	75	75	75	75	75
$t_{ВК}$ – температура воды на входе в котел, °С	110	112	114	116	118
$t_{К}$ – температура воды на выходе из котла, °С	150	150	155	155	150
$n_K$ – число установленных кот-					

лов в котельной, шт.	3	4	5	6	7
----------------------	---	---	---	---	---

## 2. ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ ЧЕРЕЗ ПОДОГРЕВАТЕЛИ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ

В водогрейных котельных, расположенных в непосредственной близости от потребителей тепла, при использовании в качестве топлива природного газа, при закрытой схеме теплоснабжения получила применение схема включения рециркуляционных насосов, приведенная на рис. 2.

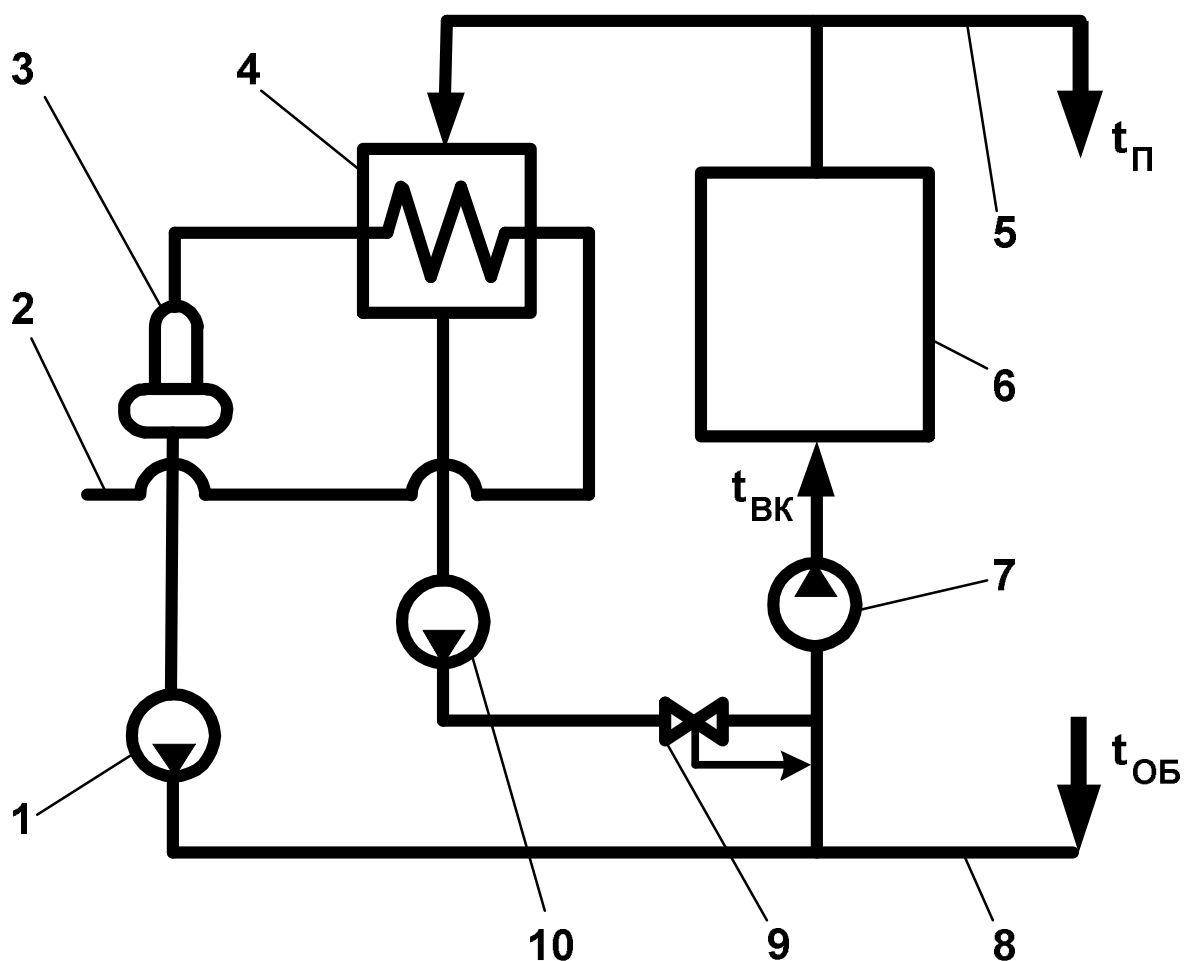


Рис. 2. Схема включения рециркуляционного насоса  
при  $t_{\text{п}} < 100^{\circ}\text{C}$

1, 7 и 10 – насосы: подпиточный, сетевой и рециркуляционный; 2, 5 и 8 – трубопроводы: сырой, прямой и обратной воды; 3 – деаэратор; 4 – подогреватель сырой воды; 6 – водогрейный котел; 9 – регулятор подачи рециркуляционного насоса

Из обратного трубопровода холодная вода поступает на вход сетевого насоса. Сюда же рециркуляционный насос подает воду из водогрейного котла, которая прежде проходит одну или две ступени подогрева сырой воды. Вода из циркуляционного контура при смешивании с водой из обратного трубопровода, увеличивает ее температуру до  $70^{\circ}\text{C}$ . С этой температурой вода поступает через сетевой насос в водогрейный котел, а из котла подается в трубопровод прямого тока для покрытия нагрузок внешних потребителей тепла.

Сырая вода, подвергаясь последовательно: подогреву, механической и химической очистке, вторичному подогреву и деаэрации, – подается в аккумулирующие баки (на рис. 2 подогреватель второй ступени и аккумулирующие баки не показаны). По мере необходимости подпиточным насосом вода из аккумулирующих баков подается в трубопровод обратной воды тепловой сети для поддержания в ней расчетного давления.

В этой схеме производительность сетевого насоса должна приниматься несколько больше, чем расход воды в трубопроводе прямого тока, так как часть воды сетевой насос подает в контур рециркуляции. Производительность рециркуляционного насоса может быть меньше, чем сетевого насоса в 5-10 раз и более.

Регулирование производительности рециркуляционного насоса осуществляется регулятором подачи, который выполнен в виде клапана с автоматическим приводом. Управление приводом клапана связано с температурой воды в обратном трубопроводе. При увеличении температуры воды в обратном трубопроводе клапан частично прикрывается и уменьшает производительность рециркуляционного насоса, что приводит к снижению температуры воды на входе в котел до расчетной величины ( $70^{\circ}\text{C}$ ). При уменьшении  $t_{\text{об}}$  клапан поднимается, увеличивая проходное сечение, снижая гидравлическое сопротивление байпаса, что приводит к увеличению производительности рециркуляционного насоса и увеличению температуры воды в подающем трубопроводе сетевого насоса (котла) до расчетной величины.

Регулирование тепловой нагрузки для внешних потребителей в этой схеме возможно, как за счет изменения температуры воды на входе в котел, так и за счет незначительного изменения производительности сетевого насоса.

Несомненными достоинствами этой схемы являются ее простота, высокая экономичность и надежность.

В табл. 2 приведены данные для схемы по рис. 2.

Таблица 2

Исходные данные для выполнения теплового расчета  
и выбора рециркуляционных насосов для котельной

№ варианта	1	2	3	4	5
$Q_C$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	10	15	20	25	30
$t_{П}$ –температура воды в подающем трубопроводе, °С	90	95	100	105	110
$t_{ОБ}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, °С	70	70	70	70	70
$t_{ВК}$ – температура воды на входе в котел, °С	110	112	114	116	118
$t_{К}$ – температура воды на выходе из котла, °С	150	150	155	155	150
$t_{СВ}$ – температура сырой воды, °С	10	10	12	12	10
$G_{ПОД}$ – утечки воды в тепловой сети, т/ч	5	8	10	15	20
$n_K$ – число установленных котлов в котельной, шт.	2	3	4	5	6
№ варианта	6	7	8	9	10
$Q_C$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	35	40	45	50	60
$t_{П}$ –температура воды в подающем трубопроводе, °С	115	120	125	90	120
$t_{ОБ}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, °С	75	75	75	75	75
$t_{ВК}$ – температура воды на входе в котел, °С	110	112	114	116	118
$t_{К}$ – температура воды на выходе из котла, °С	150	150	155	155	150
$t_{СВ}$ – температура сырой воды, °С	10	10	12	12	10
$G_{ПОД}$ – утечки воды в тепловой сети, т/ч	5	8	10	15	20



$n_K$ — число установленных котлов в котельной, шт.	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---

### 3. ПРОСТОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ С КОМБИНИРОВАННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

В пиковых котельных, расположенных в непосредственной близости от потребителей тепла, при использовании в качестве топлива мазутов, получила широкое применение схема включения рециркуляционных насосов, приведенная на рис. 3.

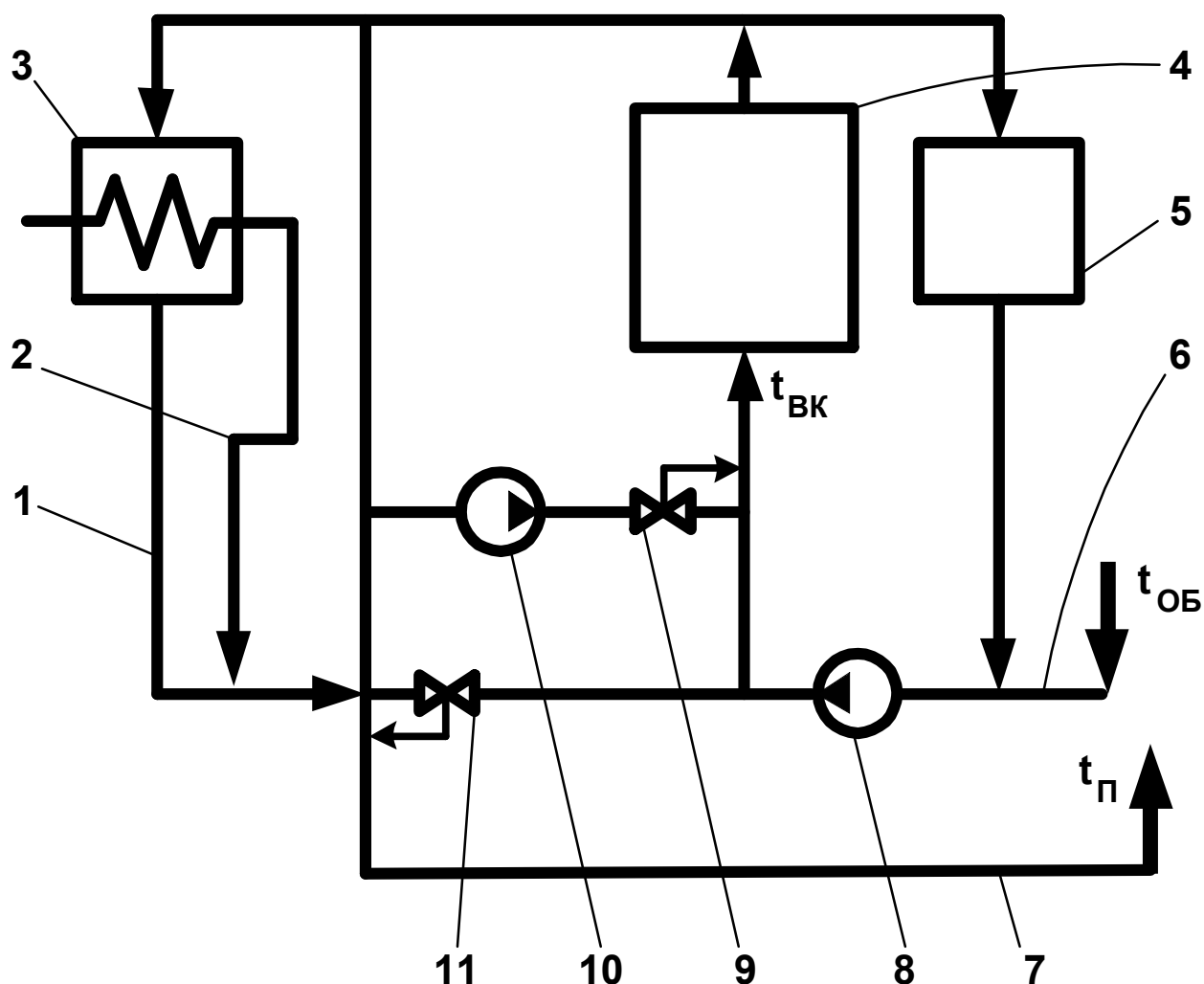


Рис. 3 Схема включения рециркуляционного насоса при  $t_{\text{п}} \geq 110^\circ\text{C}$

1 — подвод охлажденной воды; 2 и 3 — трубопровод и подогреватель подпиточной воды; 4 — водогрейный котел; 5 — мазутное хозяйство; 6 и 7 — трубопроводы, обратной и прямой воды; 8 и 10 — насосы, сетевой и рециркуляционный; 9 и 11 — регуляторы

подачи рециркуляционного и сетевого насосов; 10 – рециркуляционный насос.

Рециркуляционный насос, как и в схеме по рис. 3, установлен на байпасе, соединяющем подводящий и отводящий трубопроводы котла. В напорной части байпаса установлен регулятор подачи насоса, в виде клапана с автоматическим приводом.

Горячая вода из котла с температурой 150°C подается:

- на мазутное хозяйство;
- на подогрев подпиточной воды;
- на вход рециркуляционного насоса;
- в трубопровод прямого тока.

Тепловая нагрузка мазутного хозяйства изменяется как в течение суток, так и по сезонам года. Минимальные тепловые нагрузки отмечаются в летний сезон, а максимальные в зимний сезон во время выгрузки мазута из цистерн в аккумулярующие баки. Зимние тепловые нагрузки мазутного хозяйства могут превышать летние нагрузки в 2-4 раза. По этой причине в северных регионах нашей страны для обеспечения теплом только мазутного хозяйства на водогрейных котельных устанавливают паровые котлы низкого давления. Это требует дополнительных площадей в котельном цехе и увеличивает капитальные затраты проекта. Увеличиваются и эксплуатационные затраты, что повышает стоимость 1Гкал отпускаемого тепла. Несомненным плюсом в этом случае является возможность увеличения тепловой нагрузки на внешнего потребителя.

Охлажденная вода из теплообменников мазутного хозяйства подмешивается в трубопровод обратной воды.

Тепловая нагрузка на подогрев подпиточной зависит от схемы теплоснабжения. При замкнутой схеме потери теплоносителя из-за неплотностей не должны превышать 1-2%. При разомкнутой схеме теплоснабжения потери теплоносителя в сети и отбор горячей воды из котла на подогрев подпиточной воды значительно увеличиваются. Охлажденная вода из подогревателей подпиточной воды подается в трубопровод прямого тока.

Производительность рециркуляционного насоса регулируется автоматическим клапаном с учетом температуры обратной воды из сети. При замкнутой схеме теплоснабжения влияние расхода греющей воды через подогреватели подпиточной воды на работу рециркуляционного насоса незначительное. Для разомкнутых схем теплоснабжения регулирование производительности

рециркуляционного насоса производится в более широком диапазоне, что требует использования других приемов регулирования.

В табл. 3 приведены данные для схемы по рис. 3.

Таблица 3

Исходные данные для выполнения теплового расчета  
и выбора рециркуляционных насосов для котельной

№ варианта	1	2	3
$Q_C$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	25	30	35
$t_{П}$ – температура воды в подающем трубопроводе, °С	100	105	110
$t_{ОБ}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, °С	70	70	70
$t_{ВК}$ – температура воды на входе в котел, °С	110	114	118
$t_{К}$ – температура воды на выходе из котла, °С	150	155	150
$t_{СВ}$ – температура сырой воды, °С	8	10	12
$G_{ПОД}$ – утечки воды в тепловой сети, т/ч	10	15	20
$n_K$ – число установленных котлов в котельной, шт.	2	3	4
$C_M$ – средняя массовая теплоемкость мазута, кДж/кг	2,0	2,1	2,2
$t_{МН}$ – средняя годовая температура мазута при хранении в аккумулирующих баках котельной, °С	8	10	12
$t_{МК}$ – температура мазута на выходе из подогревателей мазутного хозяйства, °С	55	60	65
$t_{ВМХ}$ – температура воды на выходе из подогревателей мазутного хозяйства, °С	15	20	15
$t_{МРТ}$ – температура мазута необходимая для его выгрузки из цистерны и транспортирования в аккумулирующие баки, °С	45	50	55
$t_{МЗ}$ – температура мазута в цистерне при доставке его на котельную в зимнее время, °С	- 30	- 35	- 40
$G_{МРАЗ}$ – скорость выгрузки мазута из цистерны, кг/с	4,5	3,5	2,5
$Q_H^P$ – теплота сгорания мазута низшая, МДж/кг	41,0	41,5	42,0

$\eta_{\text{ВК}}$ – КПД водогрейного котла на мазуте или газе, ед.	0,96	0,97	0,98
---	------	------	------

Продолжение табл. 3

№ варианта	4	5	6
$Q_{\text{С}}$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	40	45	50
$t_{\text{П}}$ – температура воды в подающем трубопроводе, °С	110	115	120
$t_{\text{ОБ}}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, °С	75	75	75
$t_{\text{ВК}}$ – температура воды на входе в котел, °С	110	114	118
$t_{\text{К}}$ – температура воды на выходе из котла, °С	150	155	150
$t_{\text{СВ}}$ – температура сырой воды, °С	8	10	12
$G_{\text{ПОД}}$ – утечки воды в тепловой сети, т/ч	15	20	25
$n_{\text{К}}$ – число установленных котлов в котельной, шт.	3	4	5
$C_{\text{М}}$ – средняя массовая теплоемкость мазута, кДж/кг	2,0	2,1	2,2
$t_{\text{МН}}$ – средняя годовая температура мазута при хранении в аккумулирующих баках котельной, °С	8	10	12
$t_{\text{МК}}$ – температура мазута на выходе из подогревателей мазутного хозяйства, °С	65	55	60
$t_{\text{ВМХ}}$ – температура воды на выходе из подогревателей мазутного хозяйства, °С	15	20	15
$t_{\text{МРТ}}$ – температура мазута необходимая для его выгрузки из цистерны и транспортирования в аккумулирующие баки, °С	45	50	55
$t_{\text{МЗ}}$ – температура мазута в цистерне при доставке его на котельную в зимнее время, °С	- 35	- 40	- 45
$G_{\text{МРАЗ}}$ – скорость выгрузки мазута из цистерны, кг/с	3,5	2,5	1,5
$Q_{\text{Н}}^{\text{Р}}$ – теплота сгорания мазута низшая, МДж/кг	41,0	41,5	42,0
$\eta_{\text{ВК}}$ – КПД водогрейного котла на мазуте или газе, ед.	0,98	0,97	0,96

#### 4. ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ

##### В ПОДВОДЯЩИЙ ТРУБОПРОВОД КОТЛА

Сравнительно простая схема включения рециркуляционных насосов используется и в тех случаях когда  $t_{\text{П}} < 100^{\circ}\text{C}$ , а теплоноситель используется только для покрытия нагрузок на вентиляцию и отопление рис. 4.

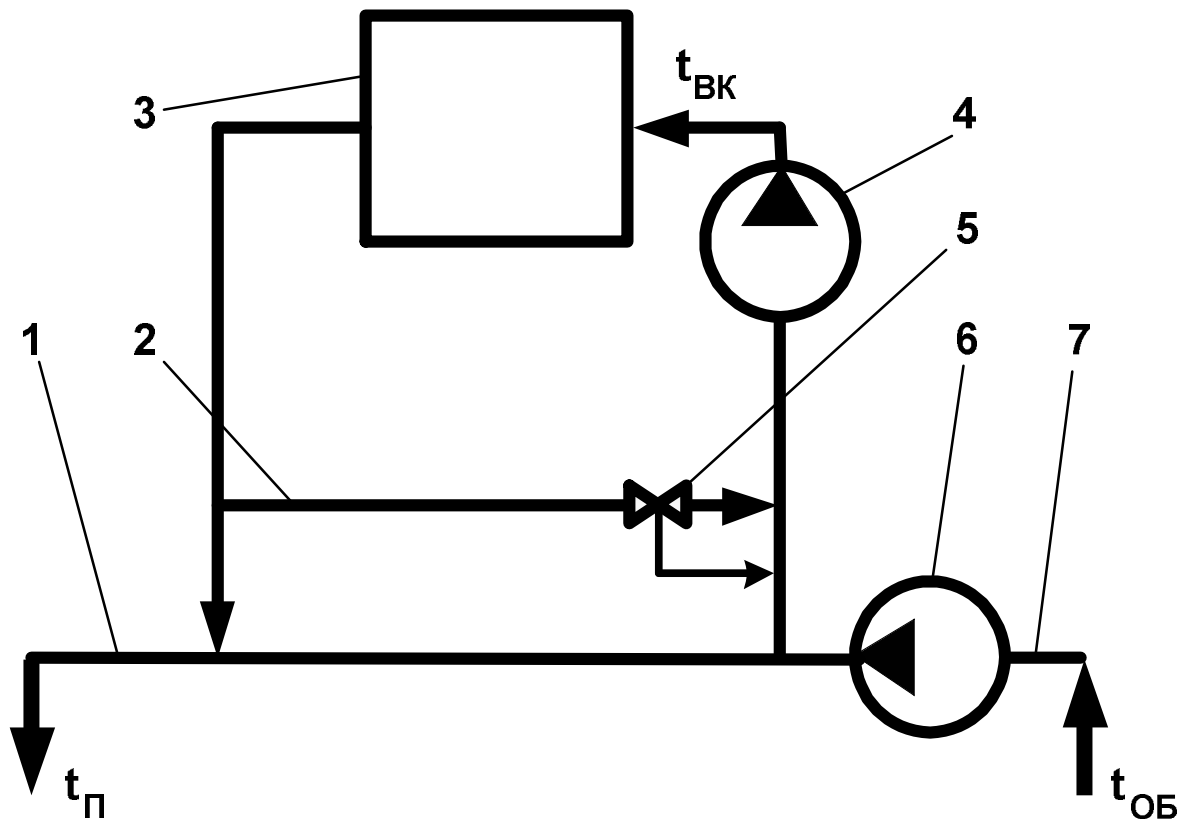


Рис. 4. Схема включения рециркуляционного насоса при  $t_{\text{П}} < 100^{\circ}\text{C}$

1 и 7 – трубопроводы, прямой и обратной воды; 2 – байпас; 3 – водогрейный котел; 4 – рециркуляционный насос; 5 – регулятор подачи рециркуляционного насоса; 6 – сетевой насос

Рециркуляционный насос установлен перед котлом и подает через него горячую воду в трубопровод прямого тока и в байпас. В прямом трубопроводе часть горячей воды смешивается с водой из обратного трубопровода и с температурой  $t_{\text{П}}$  поступает потребителю. Другая часть горячей воды из котла по байпасу поступает на вход рециркуляционного насоса. Сюда же поступает

часть обратной воды, которая прошла через сетевой насос с повышением давления до расчетного.

В табл. 4 приведены данные для схемы по рис. 4.

Таблица 4

Исходные данные для выполнения теплового расчета  
и выбора рециркуляционных насосов для котельной

№ варианта	1	2	3	4	5
$Q_C$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	10	15	20	25	30
$t_{П}$ –температура воды в подающем трубопроводе, °С	90	95	100	105	110
$t_{ОБ}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, °С	70	70	70	70	70
$t_{ВК}$ – температура воды на входе в котел, °С	110	110	115	115	115
$t_{К}$ – температура воды на выходе из котла, °С	150	150	155	155	150
$n_K$ – число установленных котлов в котельной, шт.	2	2	3	3	4
№ варианта	6	7	8	9	10
$Q_C$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	35	40	45	50	60
$t_{П}$ –температура воды в подающем трубопроводе, °С	115	120	125	90	120
$t_{ОБ}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, °С	75	75	75	75	75
$t_{ВК}$ – температура воды на входе в котел, °С	110	111	112	113	114
$t_{К}$ – температура воды на выходе из котла, °С	150	150	155	155	150
$n_K$ – число установленных котлов в котельной, шт.	3	3	4	4	5

## 5. ВКЛЮЧЕНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ

### В РАССЕЧКУ МЕЖДУ СЕТЕВЫМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕМ И КОТЛОМ

В пиковых водогрейных котельных, расположенных в непосредственной близости от потребителей тепла, при использовании в качестве топлива мазутов, для разомкнутой схемы теплоснабжения получила применение схема включения рециркуляционных насосов в рассечку между сетевым подогревателем и котлом рис. 5.

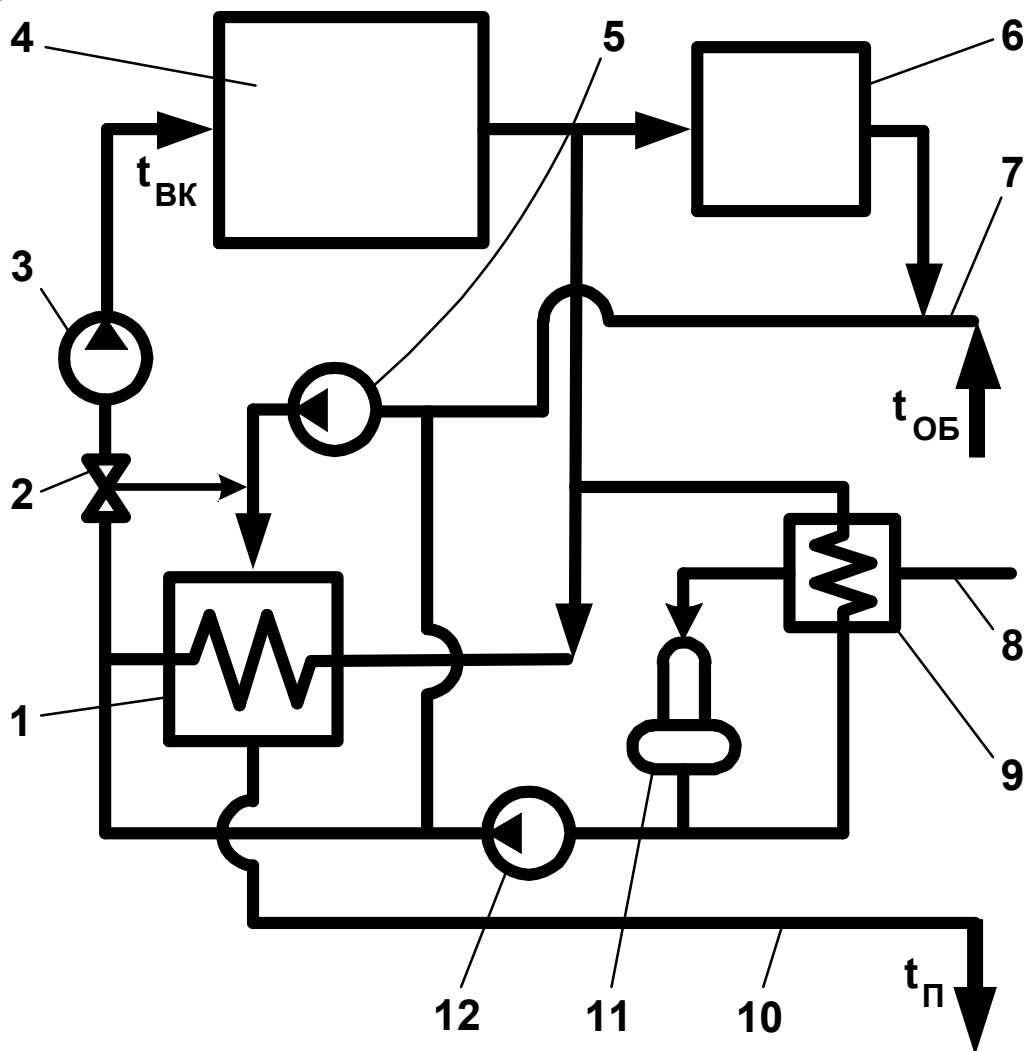


Рис. 5. Схема включения рециркуляционного насоса  
при  $t_{п} < 100^{\circ}\text{C}$

1 – сетевой подогреватель; 2 и 3 – регулятор подачи и рециркуляционный насос; 4 – водогрейный котел; 5 – сетевой насос; 6 – мазутное хозяйство; 7, 8 и 10 – трубопроводы, обратной,

подпиточной и прямой воды; 9, 11 и 12 – подогреватель, вакуумный деаэратор и насос подпиточной воды

Рециркуляционный насос подает воду в котел с температурой не менее  $110^{\circ}\text{C}$ , откуда горячая вода с температурой  $150^{\circ}\text{C}$  и более подается в мазутное хозяйство, в подогреватель подпиточной воды и на сетевой подогреватель. Холодная вода из мазутного хозяйства подается в трубопровод обратной воды, проходит сетевой подогреватель и поступает в сеть потребителям тепла. Вода из сетевого подогревателя с  $t_{\text{п}}$  не менее  $110^{\circ}\text{C}$  поступает на вход рециркуляционного насоса. Сырая вода предварительно перед химической очисткой подогревается до температуры  $20^{\circ}\text{C}$ , например, водоводяным подогревателем и водой из мазутного хозяйства. После ХВО подпиточная вода подогревается до  $50\text{--}70^{\circ}\text{C}$  и поступает в вакуумный деаэратор, а из него в аккумулярующие баки (на рис. 5 не показаны).

Аккумулярующие баки накапливают воду в периоды водоразбора меньше среднесуточного и отдают дополнительное количество деаэрированной воды в циркуляционный контур котла. Из этого же контура через мазутное хозяйство производится подпитка и тепловой сети. При необходимости подпитка тепловой сети может производиться насосом подпиточной воды через поперечную перемышку с клапаном перед сетевым подогревателем (на рис. 5 не показана). Установка аккумуляторных баков позволяет работать оборудованию установки горячего водоснабжения с постоянной среднесуточной нагрузкой, что является наиболее экономичным решением.

Всю аппаратуру котельной, предназначенную для подпитки тепловой сети следует рассчитывать на среднечасовой расход воды за сутки с максимальным водоразбором.

Регулирование тепловой нагрузки производится за счет изменения производительности рециркуляционного насоса. Для этого на подводящем трубопроводе установлен регулирующий клапан с автоматическим приводом. Управление клапаном производится с учетом температуры воды в обратном трубопроводе. При уменьшении температуры обратной воды клапан поднимается и увеличивает проходное сечение, что приводит к уменьшению сопротивления рециркуляционного контура, увеличению производительности рециркуляционного насоса и снижению тепловой нагрузки на сетевой подогреватель. При этом одновременно в котел подается меньше топлива и воздуха для понижения его рабочей мощности. Система регулирования тепловой нагрузки



выполняется так, что при любом изменении потребления тепла  $t_{\text{БК}}$  остается не менее  $110^{\circ}\text{C}$ .

В табл. 5 приведены данные для схемы по рис. 5.

Таблица 5

Исходные данные для выполнения теплового расчета  
и выбора рециркуляционных насосов для котельной

№ варианта	1	2	3
$Q_{\text{С}}$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	25	30	35
$t_{\text{П}}$ – температура воды в подающем трубопроводе, $^{\circ}\text{C}$	100	110	115
$t_{\text{ОБ}}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, $^{\circ}\text{C}$	70	70	70
$t_{\text{БК}}$ – температура воды на входе в котел, $^{\circ}\text{C}$	110	115	120
$t_{\text{К}}$ – температура воды на выходе из котла, $^{\circ}\text{C}$	150	155	155
$t_{\text{СВ}}$ – температура сырой воды, $^{\circ}\text{C}$	12	10	8
$G_{\text{ПОД}}$ – утечки воды в тепловой сети, т/ч	10	15	20
$n_{\text{К}}$ – число установленных котлов в котельной, шт.	1	2	3
$C_{\text{М}}$ – средняя массовая теплоемкость мазута, кДж/кг	2,0	2,1	2,2
$t_{\text{МН}}$ – средняя годовая температура мазута при хранении в аккумулирующих баках котельной, $^{\circ}\text{C}$	10	10	12
$t_{\text{МК}}$ – температура мазута на выходе из подогревателей мазутного хозяйства, $^{\circ}\text{C}$	65	60	65
$t_{\text{ВМХ}}$ – температура воды на выходе из подогревателей мазутного хозяйства, $^{\circ}\text{C}$	15	20	15
$t_{\text{МРТ}}$ – температура мазута необходимая для его выгрузки из цистерны и транспортирования в аккумулирующие баки, $^{\circ}\text{C}$	55	50	55
$t_{\text{МЗ}}$ – температура мазута в цистерне при доставке его на котельную в зимнее время, $^{\circ}\text{C}$	- 30	- 35	- 40
$G_{\text{МРАЗ}}$ – скорость выгрузки мазута из цистерны, кг/с	4,5	3,5	2,5
$Q_{\text{Н}}^{\text{Р}}$ – теплота сгорания мазута, МДж/кг	41,0	41,5	42,0
$\eta_{\text{БК}}$ – КПД водогрейного котла на мазуте или газе, ед.	0,96	0,97	0,98

$\eta_{\text{БК}}$ – КПД сетевого подогревателя, ед.	0,98	0,98	0,97
--	------	------	------

Продолжение табл. 5

№ варианта	4	5	6
$Q_{\text{С}}$ – сетевая тепловая нагрузка (номинальная), МВт	40	45	50
$t_{\text{П}}$ – температура воды в подающем трубопроводе, °С	120	125	125
$t_{\text{ОБ}}$ – температура воды в обратном трубопроводе при номинальной нагрузке, °С	75	75	75
$t_{\text{БК}}$ – температура воды на входе в котел, °С	110	114	118
$t_{\text{К}}$ – температура воды на выходе из котла, °С	150	155	150
$t_{\text{СВ}}$ – температура сырой воды, °С	12	10	12
$G_{\text{ПОД}}$ – утечки воды в тепловой сети, т/ч	15	20	25
$n_{\text{К}}$ – число установленных котлов в котельной, шт.	2	3	3
$C_{\text{М}}$ – средняя массовая теплоемкость мазута, кДж/кг	2,0	2,1	2,2
$t_{\text{МН}}$ – средняя годовая температура мазута при хранении в аккумулирующих баках котельной, °С	10	10	12
$t_{\text{МК}}$ – температура мазута на выходе из подогревателей мазутного хозяйства, °С	65	55	60
$t_{\text{ВМХ}}$ – температура воды на выходе из подогревателей мазутного хозяйства, °С	15	20	20
$t_{\text{МРТ}}$ – температура мазута необходимая для его выгрузки из цистерны и транспортирования в аккумулирующие баки, °С	45	50	55
$t_{\text{МЗ}}$ – температура мазута в цистерне при доставке его на котельную в зимнее время, °С	- 35	- 40	- 45
$G_{\text{МРАЗ}}$ – скорость выгрузки мазута из цистерны, кг/с	3,5	2,5	1,5
$Q_{\text{Н}}^{\text{P}}$ – теплота сгорания мазута низшая, МДж/кг	41,0	41,5	42,0
$\eta_{\text{БК}}$ – КПД водогрейного котла на мазуте или газе, ед.	0,98	0,97	0,96
$\eta_{\text{БК}}$ – КПД сетевого подогревателя, ед.	0,98	0,97	0,97