

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

А.В. Волошенко, В.В. Медведев, И.П. Озерова

**ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ
ПАРОВЫХ КОТЛОВ И ТОПЛИВОПОДАЧ**

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2011

УДК 621.181(075.8)

ББК 31.361я73

В68

Волошенко А.В.

В68

Принципиальные схемы паровых котлов и топливоподачи: учебное пособие / А.В. Волошенко, В.В. Медведев, И.П. Озерова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 100 с.

В пособии представлены устройства двадцати паровых котлов докритического и сверхкритического давления, приведены их продольные разрезы, схемы пароводяного тракта и развернутые принципиальные тепловые схемы, а также рассмотрены три топливоподачи. Даны условные обозначения трубопроводов, запорной арматуры, основных и вспомогательных элементов парового котла, перечень и значения контролируемых теплотехнических параметров.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств (в теплоэнергетике)» и другим теплоэнергетическим специальностям.

УДК 621.181(075.8)

ББК 31.361я73

Рецензенты

Доктор технических наук, профессор ТГАСУ

С.А. Карауш

Доктор технических наук, профессор ТГУ

С.В. Шидловский

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2011

© Волошенко А.В., Медведев В.В.,

Озерова И.П., 2011

© Обложка. Издательство Томского политехнического университета, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ПАРОВЫХ КОТЛОВ И ИХ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ | 5 |
| 1.1. Изображение технологического оборудования и трубопроводов на функциональных схемах систем автоматизации | 5 |
| 1.2. Составные элементы парового котла..... | 12 |
| 1.3. Перечень контролируемых технологических параметров паровых котлов..... | 13 |
| 2. ОПИСАНИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ | 16 |
| 2.1. Паровой котел ТПП–110..... | 16 |
| 2.2. Паровой котел ТПП–210..... | 19 |
| 2.3. Паровой котел ПК–39 | 21 |
| 2.4. Паровой котел ПК–41 | 3 |
| 2.5. Паровой котел ТГМП–114..... | 25 |
| 2.6. Паровой котел П–50 | 28 |
| 2.7. Паровой котел ТПП–312..... | 30 |
| 2.8. Паровой котел ТГМП–314..... | 33 |
| 2.9. Паровой котел ТГМП–324..... | 36 |
| 2.10. Паровой котел П–59 | 38 |
| 2.11. Паровой котел П–57 | 41 |
| 2.12. Паровой котел ТПП–200..... | 44 |
| 2.13. Паровой котел ТГМП–204..... | 47 |
| 2.14. Паровой котел П–67..... | 50 |
| 2.15. Паровой котел ТГМП–1204..... | 53 |
| 2.16. Паровой котел ТП–87..... | 56 |
| 2.17. Паровой котел ТП–100..... | 58 |
| 2.18. Паровой котел ТГМ–94..... | 60 |
| 2.19. Паровой котел ТП–101..... | 62 |
| 2.20. Паровой котел ПК–33 | 64 |
| 3. ТОПЛИВОПОДАЧИ | 68 |
| 3.1. Система пылеприготовления..... | 68 |
| 3.2. Подготовка газа к сжиганию | 69 |
| 3.3. Подготовка мазута к сжиганию..... | 70 |
| <i>Приложение 1. Список сокращений</i> | <i>72</i> |
| <i>Приложение 2. Основные технические характеристики паровых котлов</i> | <i>73</i> |
| <i>Приложение 3. Значения контролируемых параметров паровых котлов</i> | <i>74</i> |
| <i>Приложение 4. Принципиальные схемы паровых котлов.....</i> | <i>79</i> |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 99 |

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация объектов энергетики предполагает выполнение процедур системного анализа особенностей технологических процессов автоматизируемых объектов, влияющих на решение задач автоматизации. Для системного анализа используют технические описания, схему и конструкторскую документацию объектов энергетики, например, паровых котлов и паровых турбин, а также учебную и справочную литературу. Техническая документация с излишней для задач автоматизации детализацией отражает анализируемые особенности технологических процессов. В учебном пособии приведены материалы, отражающие опыт курсового проектирования систем теплотехнического контроля объектов теплоэнергетики студентами специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств». В качестве объектов автоматизации в курсовом проекте рассматриваются барабанные и прямоточные паровые котлы докритического и сверхкритического давления различных типов с различной паропроизводительностью.

Основным техническим документом, определяющим особенности решения функциональных задач систем автоматического контроля, управления и сигнализации технологических процессов и объем оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации, являются функциональные схемы. Для привязки точек отбора измерительной информации о значениях технологических параметров к технологическому оборудованию и технологическим трубопроводам и представления информации о технических средствах автоматизации, расположенных на технологических трубопроводах и технологическом оборудовании, используют принципиальные тепловые схемы объектов автоматизации.

В учебном пособии приведены продольные разрезы, краткое описание конструкций и особенностей технологии основных энергетических паровых котлов в объеме, достаточном для проектирования функциональных схем систем теплотехнического контроля. Приведены также упрощенные схемы пароводяных трактов и принципиальные тепловые схемы паровых котлов.

Учебное пособие состоит из 3 разделов и 4 приложений. В разделе 1 приведены условные обозначения трубопроводов, запорной арматуры, основных и вспомогательных элементов паровых котлов. В разделе 2 приведены конструкции и описания паровых котлов, в разделе 3 – описания и схемы топливоподач. В приложении 1 приведен список сокращений, в приложениях 2,3 – номинальные значения контролируемых параметров паровых котлов, в приложении 4 – принципиальные тепловые схемы паровых котлов.

1. ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ПАРОВЫХ КОТЛОВ И ИХ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1.1. Изображение технологического оборудования и трубопроводов на функциональных схемах систем автоматизации

Технологическое оборудование на функциональных схемах систем автоматизации следует изображать упрощено без второстепенных конструктивных деталей, но принятые условные изображения должны давать ясное представление о принципе работы оборудования и о его взаимодействии со средствами контроля и автоматизации.

Четкое представление об особенностях технологических процессов объекта автоматизации и величине номинальных значений параметров технологических сред можно получить путем изучения литературных источников и справочных материалов [1...5]. На функциональных схемах систем автоматизации используют развернутые или принципиальные тепловые схемы объекта автоматизации, отражающие процессы преобразования и использования теплоты. Развернутая тепловая схема включает изображения оборудования объекта автоматизации – работающее и резервное, основное и вспомогательное, а принципиальная тепловая схема – изображения только основного оборудования.

Технологическое оборудование следует изображать на функциональных схемах автоматизации в соответствии с ГОСТ 21.403–80 [6]. Допускается изображение технологического оборудования в виде контуров, упрощенных до такой степени, которая позволяет показать как взаимосвязи отдельных частей технологической цепи, так и принцип ее действия, а также взаимодействие с первичными преобразователями и другими техническими средствами системы автоматизации. Необходимо показать взаимное расположение технологического оборудования и технических средств автоматизации (ТСА), при этом внутренние детали и элементы частей технологического оборудования показывают только в тех случаях, если они механически связаны с первичными измерительными преобразователями, измерительными приборами и другими средствами автоматизации.

На технологических трубопроводах показывают только те вентили, задвижки, заслонки, клапаны, другую регулирующую и запорную арматуру, которая непосредственно участвует в работе системы автоматизации или необходима для определения относительного расположения отборных устройств и первичных измерительных преобразователей. Технологическое оборудование и трубопроводы вспомогательного назначения изображают на функциональных схемах при механическом соединении или взаимодействии их со средствами автоматизации.

Внутри контуров условных обозначений технологического оборудования или рядом с ними необходимо приводить поясняющие надписи (полные или сокращенные наименования или позиционные обозначения в соответствии с развернутыми тепловыми схемами).

Трубопроводы и технологические среды изображают на тепловых схемах теплоэнергетических объектов условными обозначениями по ГОСТ 2.784–70 [7] линиями толщиной 0,5 мм. Условные цифровые обозначения трубопроводов приведены в табл. 1.1. Расстояние между соседними условными цифровыми обозначениями технологической среды одной и той же технологической линии должно составлять 50...70 мм.

Таблица 1.1

Условные цифровые обозначения трубопроводов и технологических сред по ГОСТ 2.784–70

| Наименование технологической среды | Условное обозначение | Наименование технологической среды | Условное обозначение |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|
| Вода | — 1 — 1 — | Жидкое топливо | — 15 — 15 — |
| Пар | — 2 — 2 — | Водород | — 16 — 16 — |
| Воздух | — 3 — 3 — | Ацетилен | — 17 — 17 — |
| Азот | — 4 — 4 — | Метан | — 19 — 19 — |
| Кислород | — 5 — 5 — | Этилен | — 21 — 21 — |
| Аргон | — 6 — 6 — | Пропан | — 22 — 22 — |
| Гелий | — 8 — 8 — | Пропилен | — 23 — 23 — |
| Кислота | — 12 — 12 — | Противопожарный трубопровод | — 25 — 25 — |
| Щелочь | — 13 — 13 — | Вакуум | — 27 — 27 — |
| Масло | — 14 — 14 — | Преобладающая в проекте среда | ————— |

Для уточнения характера технологической среды к условному цифровому обозначению добавляют буквенный индекс, например:

пар насыщенный — 2н — 2н —, пар перегретый — 2п — 2п —,
 вода осветленная — 1о — 1о —, вода сетевая — 1с — 1с —,
 вода подпиточная — 1пп — 1пп —, конденсат — 1к — 1к —.

Для условных обозначений жидкостей, газов и других сред, которые не предусмотрены ГОСТ 2.784–70, допускается использование других цифр и букв, например: продукты сгорания (топочные газы) — 28 — 28 —, твердое топливо — Т — Т —.

Если технологическая среда представляет собой смесь нескольких веществ, используют комбинированные условные обозначения, например, пылевоздушная смесь — Т+3 — Т+3 —.

Преобладающая в проекте среда обозначается сплошной линией толщиной 1 мм. Например, преобладающей средой в развернутой принципиальной тепловой схеме парового котла является свежий (перегретый) пар, поэтому поверхности нагрева и соединения между ними изображают толстой линией (рис. 1.1). Коллекторы, смесители и регуляторы впрыска изображают линиями толщиной 0,5 мм. Вторичный пар, питательная вода, воздух и дымовые газы изображают линиями толщиной 0,5 мм. В разрывы линий через 50...70 мм проставляют цифровые обозначения рабочих сред. Контуры составных частей парового котла изображают на чертеже линией толщиной 0,5 мм.

В ГОСТ 2.784–70 предусмотрены также условные обозначения соединений и пересечений технологических коммуникаций и трубопроводов, подвода и отвода технологических сред, которые представлены в табл. 1.2. Линии условных обозначений трубопроводов, соединенных с входом или выходом технологического оборудования, показанного последним на изображенной части технологической цепи, необходимо обрывать и заканчивать стрелками, показывающими направления движения технологических сред. Рядом со стрелками приводят поясняющие надписи, например, «от ПВД», «к ЦСД» и т. п. (рис. 1.1).

Таблица 1.2

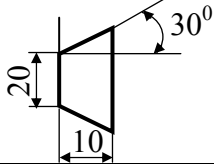
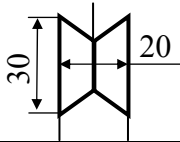
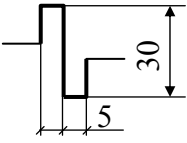
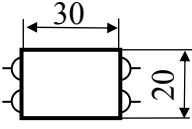
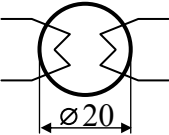
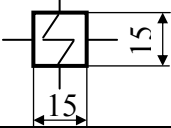
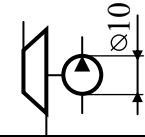
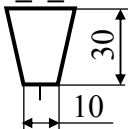
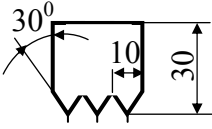
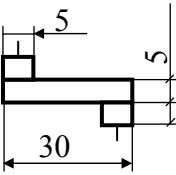
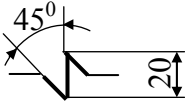
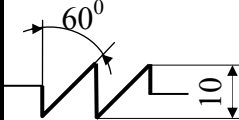
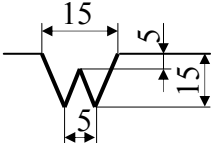
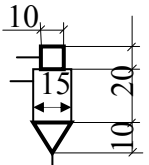
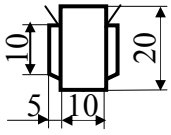
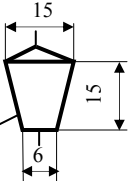
Условные обозначения соединений и пересечений трубопроводов, подвода и выпуска технологических сред

| Наименование | Условное обозначение | Наименование | Условное обозначение |
|--|----------------------|--|----------------------|
| Соединение трубопроводов | | Пересечение трубопроводов | |
| Подвод жидкости под давлением | | Слив жидкости | |
| Подвод газа, пара, воздуха под давлением | | Выпуск газа, пара, воздуха под давлением | |

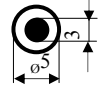
Технологическое оборудование и его отдельные элементы изображают на развернутых принципиальных тепловых схемах паровых котлов условными обозначениями по ГОСТ 21.403–80. Основные условные обозначения технологического оборудования ТЭС и поверхностей нагрева паровых котлов, а также их размеры приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Условные обозначения технологического оборудования

| Наименование | Обозначение | Наименование | Обозначение |
|---|---|-------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Цилиндр турбины однопоточной |  | Цилиндр турбины двухпоточной |  |
| Воздухоподогреватель трубчатый |  | Воздухоподогреватель регенеративный |  |
| Конденсатор поверхностный двухпоточный |  | Деаэратор |  |
| Теплообменник поверхностный |  | Турбонасос |  |
| Бункер кускового топлива |  | Бункер пылевидного топлива |  |
| Питатель ленточный, скребковый, пластинчатый |  | Питатель дисковый |  |
| Поверхности нагрева |  | Экономайзер |  |
| Ширмовый пароперегреватель |  | Циклон |  |
| Мельница молотковая с аксиальным подводом воздуха |  | Сепаратор механический |  |

Окончание табл. 1.3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------------|---|------------------------------|---|
| Мельница шаровая барабанная |  | Впрыскивающий пароохладитель |  |
| Вентилятор (дымосос) |  | Горелка угловая, щелевая |  |
| Смеситель или коллектор |  | Эжектор |  |
| Подшипник |  | Насос |  |
| Растопочный сепаратор |  | Уплотнения вала турбины |  |
| Теплообменник смешивающий |  | Фильтр двухкамерный |  |

Если на технологических схемах для обозначения трубопроводов использованы нестандартные условные обозначения, то такие же условные обозначения следует использовать и на функциональных схемах автоматизации. Отдельные агрегаты и установки технологической цепи можно изображать оторванными друг от друга с указаниями на них взаимосвязи с помощью стрелок и надписей.


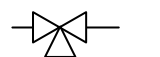


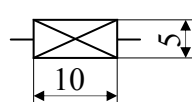
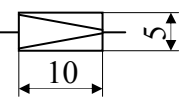
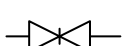
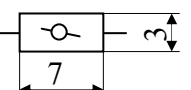
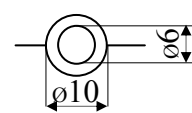
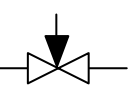
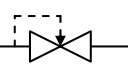
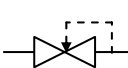
У изображения технологического оборудования, отдельных его элементов следует приводить соответствующие поясняющие надписи (наименование технологического оборудования или его отдельного элемента, его номер, если таковой имеется, и др.), а также указывать стрелками направление потоков. Отдельные агрегаты и установки технологического оборудования можно изображать оторвано друг от друга с соответствующими указаниями на их взаимосвязь.

На трубопроводах, на которых предусматривается установка отборных устройств и регулирующих органов, указывают диаметры условных проходов.

Условные обозначения запорной арматуры (вентилей, клапанов, задвижек и т. п.) по ГОСТ 2.785–70 [8] приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Условные обозначения запорной арматуры

| Наименование | Обозначение | Наименование | Обозначение |
|--|--|---|--|
| Вентиль, клапан запорный а) проходной б) трехходовой | а)  б)  | Клапан обратный а) проходной б) угловой | а)  б)  |
| Клапан дроссельный |  | Редукционно–охладительная установка |  |
| Задвижка |  | Затвор поворотный |  |
| Клапан стопорный |  | Клапан обратный защитного устройства ПВД |  |
| Клапан регулирующий «до себя» |  | Клапан регулирующий «после себя» |  |

Устанавливаемая на ТЭС и АЭС запорная арматура обеспечивает пуски и остановки энергоустановок, сброс и набор нагрузки, регулирование расхода и давления рабочей среды, а также защиту элементов оборудования от давления, превышающего номинальное, и обратных потоков среды. Энергетическая запорная арматура работает в очень напряженных условиях, характеризующихся высокими давлениями (до 40 МПа) и температурой (до 700 °С), высокими скоростями рабочей среды в зоне затворов (до 600 м/с при работе на паре и до 150...200 м/с – на воде).

С ростом мощностей энергетических блоков значительно повышается количество устанавливаемой арматуры. Например, на энергетическом блоке мощностью 1200 МВт установлено более 15000 единиц арматуры высоких и низких параметров, в том числе более 1000 единиц электрифицированной. На технологическом оборудовании необходимо показывать запорную арматуру, которая участвует в работе системы автоматизации или необходима для определения расположения отборных устройств и первичных измерительных преобразователей.

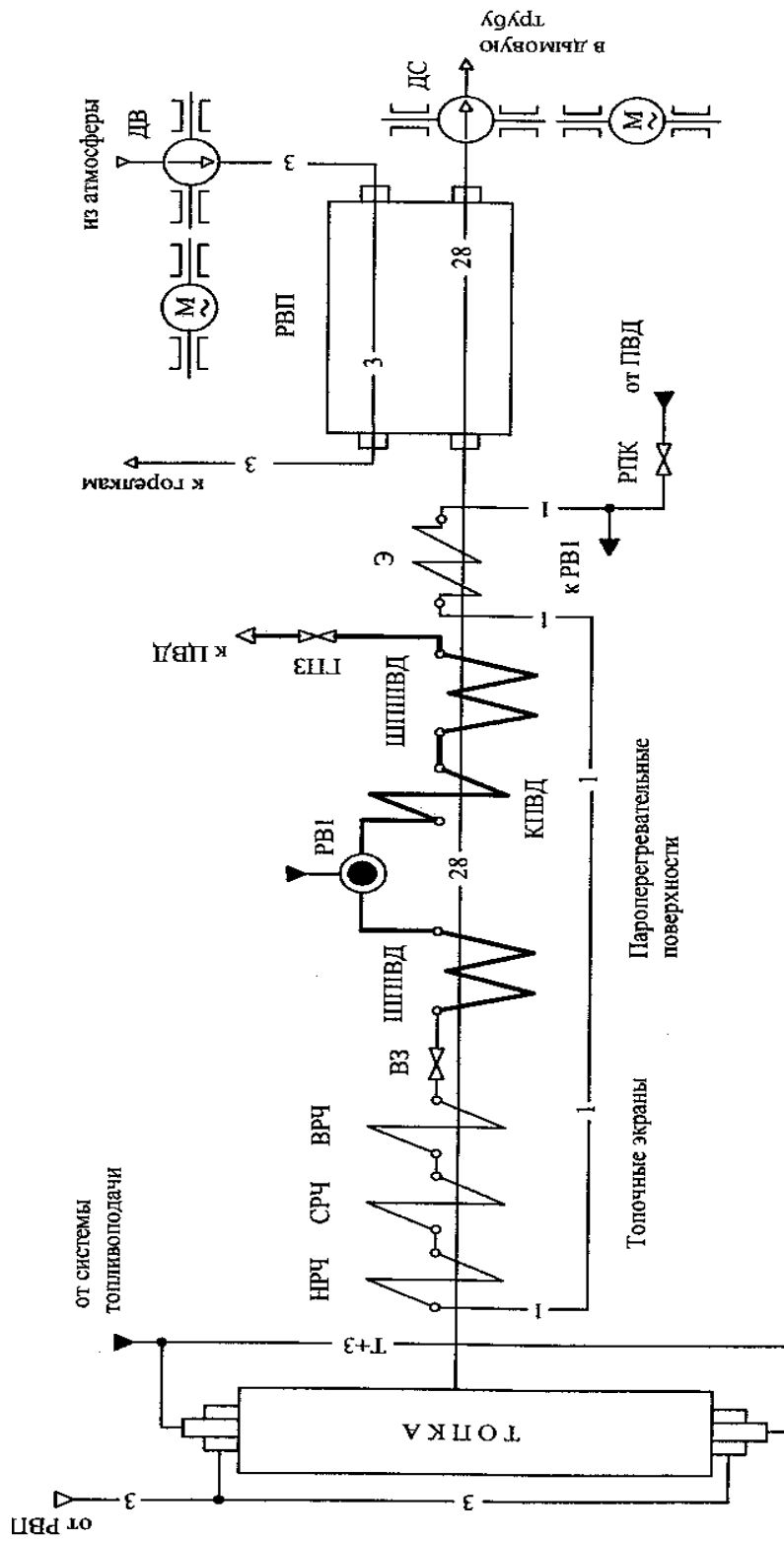


Рис. 1.1. Принципиальная тепловая схема парового котла

1.2. Составные элементы парового котла

Паровым котлом называют технологический агрегат для выработки пара с давлением выше атмосферного за счет теплоты сжигаемого топлива. В паровом котле энергия топлива преобразуется в потенциальную энергию пара. В паровой турбине кинетическая энергия пара преобразуется в механическую энергию (вращение вала турбогенератора). В электрическом генераторе механическая энергия превращается в электрическую энергию. Основным рабочим телом при выработке электроэнергии из энергии топлива на тепловых электростанциях является водяной пар.

Паровой котел, использующий в качестве топлива уголь в пылевидном состоянии, мазут или природный газ, состоит из нескольких устройств (экономайзеры, пароперегреватели, топочные экраны и др.). Для подготовки и транспортировки топлива служат соответствующие топливopодачи. Топливо через горелки поступает в топочную камеру парового котла, где сгорает, отдавая тепло различным поверхностям нагрева парового котла, заполненным основной рабочей средой (водой, паром). Питательная вода насосом подается от подогревателей высокого давления в паровой котел, проходит поверхности нагрева, в которых испаряется. Пар перегревается в пароперегревателях и направляется в паровую турбину.

Основными рабочими элементами парового котла являются поверхности нагрева, которые представляют собой металлические трубчатые поверхности, с одной стороны омываемые горячими дымовыми газами, а с другой стороны – водой, пароводяной смесью, паром или воздухом. К числу поверхностей нагрева относятся: экономайзер, испарительные поверхности, барабан, конвективные и ширмовые пароперегреватели, трубчатые и регенеративные воздухоподогреватели.

Экономайзер – трубчатая поверхность нагрева, предназначенная для подогрева горячими дымовыми газами питательной воды, подаваемой в котел питательным насосом.

Испарительная поверхность котла – трубчатая поверхность нагрева, в которой осуществляется испарение воды за счет теплоты дымовых газов.

Пароперегреватель – трубчатая поверхность нагрева, предназначенная для подогрева пара выше температуры насыщения за счет теплоты, переданной конвекцией или комбинированно: радиацией в топке и конвекцией в газоходах.

Воздухоподогреватель – поверхность нагрева, предназначенная для подогрева первичного и вторичного воздуха дымовыми газами.

Топка котла предназначена для сжигания органического топлива, частичного охлаждения продуктов сгорания за счет передачи теплоты топочным экранам и выделения из продуктов сгорания золы.

К числу вспомогательного оборудования, обеспечивающего работу котла, относятся: дутьевые вентиляторы, дымососы, устройства пылеприготовления и др.

Дутьевой вентилятор предназначен для забора теплого воздуха из-под крыши котельной и подачи его на подогрев в воздухоподогреватель.

Дымосос предназначен для выброса дымовых газов через дымовую трубу в атмосферу при температуре уходящих газов 120...160 °С.

Технологические потоки, поверхности нагрева парового котла, а также вспомогательные устройства изображают на принципиальных схемах в виде условных графических обозначений, а их наименования заменяют аббревиатурой (список сокращений приведен в приложении 1). В приложениях 2 и 3 приведены технические характеристики паровых котлов.

Действующие ТЭС вступили в строй в разные периоды развития энергетики, поэтому они оснащены барабанными и прямоточными паровыми котлами на среднее (10 МПа), высокое (14 МПа) и сверхкритическое (25 МПа) давления перегретого пара с паропроизводительностью $D = 170...3950$ т/ч и температурой пара $t = 510...585$ °С.

Производство паровых котлов сосредоточено на трех крупных заводах страны: Таганрогском котельном заводе (ТКЗ), обозначение котлов, изготовленных на ТКЗ, начинается с буквы Т; Подольском машиностроительном заводе (ПМЗ), обозначение котлов, изготовленных на ПМЗ, начинается с буквы П; Барнаульском котельном заводе (БКЗ).

На отечественных электростанциях работают однобарабанные паровые котлы с естественной циркуляцией и уравновешенной тягой, а также прямоточные паровые котлы в основном сверхкритического давления (СКД).

1.3. Перечень контролируемых технологических параметров паровых котлов

Перечень контролируемых технологических параметров паровых котлов и технологических сред объекта автоматизации (парового котла), местоположение точек контроля технологических параметров и технических средств автоматизации, функции, выполняемые техническими средствами автоматизации, определяют в соответствии с выпиской (табл. 1.5) из нормативной документации [9] по объему оснащения паровых котлов средствами контроля и сигнализации. Наличие знака «+» означает выполнение соответствующей функции измерения, регистрации или вычисления технико-экономических показателей (ТЭП).

Таблица 1.5

*Объем оснащения паровых котлов средствами
контроля и сигнализации*

| № п/п | Параметр, состояние, положение | Форма представления информации | | | | | | |
|----------|--|--------------------------------|---------------|--------------|-------------|-----|---------------|----------|
| | | БЦУ | | | | | МЩУ | По месту |
| | | Постоянно | По требованию | Сигнализация | Регистрация | ТЭП | По требованию | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Температура питательной воды | | | | + | + | | |
| 2 | Температура пара перед встроенной задвижкой | + | | ↑ | + | + | | |
| 3 | Температура металла коллекторов пароперегревателя | | | ↑ | + | | | |
| 4 | Температура свежего пара | + | | ↑↓ | + | + | | |
| 5 | Температура вторичного перегретого пара | + | | ↑↓ | + | + | | |
| 6 | Температура воздуха перед дутьевыми вентиляторами (ДВ) | | | | + | + | | |
| 7 | Температура воздуха перед воздухоподогревателем (ВП) | | + | ↑ | | + | | |
| 8 | Температура воздуха за ВП | | + | | | + | | |
| 9 | Температура газов в поворотной камере | | + | | + | | | |
| 10 | Температура газов за ВП | | + | | + | + | | |
| 11 | Температура подшипников дымососа | | + | ↑ | | | | |
| 12 | Температура мазута | | + | ↓ | | + | | |
| 13 | Температура пылевоздушной смеси за мельницей | | + | ↑ | + | | | |
| 14 | Температура пыли в бункере | | + | | | | | |
| 15 | Температура пылевоздушной смеси в пылепроводах перед горелками | | + | | + | | | |
| 16 | Температура газов перед ВП | | + | | | | | |
| 17 | Давление питательной воды в магистрали | + | | | | + | | |
| 18 | Давление пара до встроенной задвижки | + | | ↑↓ | | + | | |
| 19 | Давление пара за промежуточным перегревателем | | + | | | + | | |
| 20 | Давление свежего пара | + | | ↑↓ | + | + | | |

Окончание табл. 1.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|---|---|---|----|---|---|---|---|
| 21 | Давление или разрежение вверху топки | + | | | | | | |
| 22 | Разрежение за первой конвективной ступенью пароперегревателя | | | | | | + | |
| 23 | Давление в барабане котла | | + | ↑ | | | + | |
| 24 | Давление воздуха за ДВ | | | | | | + | |
| 25 | Давление воздуха за ВП | | | | | | + | |
| 26 | Давление перед регенеративным ВП или перед последней ступенью трубчатого ВП | | | | | | + | |
| 27 | Давление перед горелками по вторичному воздуху | | | | | | | + |
| 28 | Разрежение перед дымососом | | | | | | + | |
| 29 | Давление мазута (газа) до регулирующего клапана | | + | | + | | | |
| 30 | Давление мазута (газа) после регулирующего клапана | | + | ↑ | | | | |
| 31 | Давление мазута (газа) перед каждой горелкой | | | | | | | + |
| 32 | Расход питательной воды на котел (по каждому потоку) | + | | ↓ | + | + | | |
| 33 | Расход свежего пара по каждому паропроводу | + | | | + | + | | |
| 34 | Расход топлива | + | | | + | + | | |
| 35 | Уровень воды в барабане котла | + | | ↑↓ | + | | | |
| 36 | Уровень угольной пыли в бункере | | + | ↑↓ | | | | |
| 37 | Содержание кислорода в дымовых газах | + | | | + | + | | |

Наличие знака «↑» или «↓» в столбце «сигнализация» означает выполнение функции сигнализации при достижении технологическим параметром заданного значения выше или ниже его номинальной величины.

Наименование столбца «постоянно» означает измерение технологического параметра с помощью индивидуального измерительного прибора. Наименование столбцов «по требованию» означает измерение технологического параметра путем подключения первичного измерительного преобразователя к измерительному прибору с помощью переключателя, в том числе и через ИВК. Наименование столбца «сигнализация» означает автоматическую подачу светозвукового сигнала. Наименование столбца «регистрация» означает автоматическую запись технологического параметра. Запись выполняется на диаграммах аналоговых приборов или бланках ЦПУ ИВК. Наименование столбца «по месту» означает, что измерительный прибор устанавливается на оборудовании или конструкциях, расположенных вблизи его.

Компоновка парового котла – П-образная двухкорпусная несимметричная. Перегреватель высокого давления расположен в первом корпусе и, частично, во втором (ВРЧ, потолочный экран, экраны поворотной камеры), промежуточный перегреватель – только во втором корпусе. Несимметричное расположение поверхностей нагрева в паровом котле дает дополнительную возможность регулирования вторичного перегрева пара благодаря изменению расхода топлива в корпусах, что и подтверждено опытом эксплуатации данного агрегата. Однако несимметричность расположения поверхностей нагрева не исключает возможность работы парового котла при аварийном повреждении одного из его корпусов, что является одним из достоинств двухкорпусной симметричной компоновки.

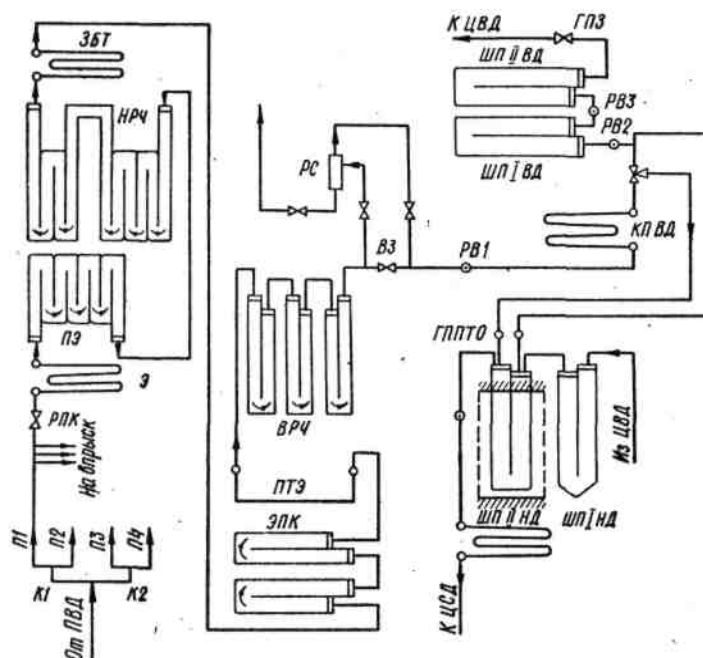


Рис. 2.2. Схема пароводяного тракта парового котла ТПП-110

ЗБТ выполнена выносной. Топка двухкамерная, с пережимом, на задней стене топочной камеры имеется аэродинамический выступ. Топка оборудована 24-мя турбулентными горелками производительностью 5 т/ч каждая. Горелки расположены на фронтальной и задней стенке в два яруса. Для растопки каждая горелка снабжена встроенной мазутной форсункой. Напряжение объема горения составляет 580 кВт/м^3 , а всего топочного объема – 162 кВт/м^3 . Температура газов в районе пережима равна $1800 \text{ }^\circ\text{C}$. Пол и стены топки полностью экранированы подовым экраном и экранными поверхностями.

На выходе из топки первого корпуса (последовательно по ходу газа) расположены первая и вторая ступени ширмового перегревателя высокого давления, из которых последняя является выходной. В начале опускной шахты установлен входной пакет конвективного перегревателя высокого давления. Во втором корпусе в таком же порядке по ходу газов расположены элементы вторичного перегревателя, входным элементом которого является конвективный пакет. Вторая ступень ширмового перегревателя низкого давления выполнена в виде газопарового теплообменника для регулирования температуры вторичного перегрева. Далее по ходу газов в обоих корпусах установлены ЗБТ и экономайзер.

Пароводяной тракт парового котла разделен на четыре потока по два на каждый корпус с самостоятельным регулированием питания и перегрева. Из подогревателя высокого давления через регулирующий питательный клапан вода поступает в экономайзер, а затем в подовый экран топки. Из подового экрана вода подается в экраны НРЧ, которые выполнены в виде вертикальных многоходовых (10 ходов) подъемно-опускных панелей без промежуточных коллекторов с верхним вводом и выводом среды.

В целях выравнивания тепловосприятия в каждом потоке панели НРЧ расположены частично на фронтальной и частично – на боковой стенках топки. Из панелей НРЧ вода поступает в ЗБТ, расположенную в области низких тепловых нагрузок. Затем пар последовательно проходит через экраны задней и боковых стен поворотной камеры и потолка парового котла и далее поступает в экраны ВРЧ.

Экраны верхней части топки выполнены в виде U-образных панелей с верхним подводом и отводом среды. Панели ВРЧ расположены на задней, боковой и фронтальной стенках топки и включены по пару последовательно. За ВРЧ расположен растопочный узел – встроенная задвижка и растопочный сепаратор. Далее пар поступает в конвективный пакет перегревателя высокого давления и затем направляется в ширмовый перегреватель, состоящий из двух ступеней, откуда через главную паровую задвижку парового котла идет в ЦВД турбины.

Элементы вторичного перегревателя находятся во втором корпусе. Пар из ЦВД поступает в первую ступень ширмового перегревателя низкого давления, а затем направляется во вторую ступень, которая конструктивно выполнена как ГПШТО. Последним по ходу пара низкого давления является конвективный пакет пароперегревателя, пройдя который пар уходит в ЦСД турбины.

Регулирование температуры перегрева пара СКД осуществляется поддержанием соотношения вода–топливо и тремя впрыскивающими регуляторами, расположенными перед входом пара в конвективный пакет и перед ширмами первой и второй ступеней.

Регулирование температуры вторичного перегрева пара предусмотрено двумя способами. Размещение вторичного перегревателя в одном корпусе позволяет регулировать температуру вторичного перегрева путем изменения расхода топлива в корпусах. При пониженных нагрузках парового котла это приводит к дополнительному снижению тепловыделения одной из топок, что при сжигании АШ влечет повышение минимальной нагрузки, при которой паровой котел еще может работать без подсвечивания мазутом. Поэтому дополнительно производится регулирование температуры с помощью ГППТО, который конструктивно выполнен в виде второй ступени ширмового перегревателя низкого давления.

Паровой котел оборудован четырьмя выносными вращающимися регенеративными воздухоподогревателями. Диаметр роторов воздухоподогревателей 6,8 м, высота 3 м. Температура подогретого воздуха 350 °С.

Принципиальная схема парового котла ТПП-110 приведена в приложении 4 (рис. П4.1).

2.2. Паровой котел ТПП-210

Паровые котлы ТПП-210 [1] выпущены ТКЗ в 1964 и 1967 гг. и спроектированы для работы на антрацитовом штыбе (АШ) с жидким шлакоудалением. Предусмотрена возможность сжигания донецкого угля марки Т.

Компоновка агрегата – П-образная двухкорпусная симметричная. Температура первичного перегрева равна 565 °С. Расчетная температура уходящих газов $t_{yx} = 131$ °С, КПД парового котла $\eta = 90$ %. На рис. 2.3, 2.4 представлены продольный разрез и схема пароводяного тракта котла.

В топке агрегата ТПП-210 установлены 24 горелки производительностью 5 т/ч каждая.

Пароводяной тракт разделен на четыре потока с самостоятельным регулированием питания и перегревом. Последовательность включения элементов пароводяного тракта следующая: после НРЧ включена ВРЧ, затем следуют экраны поворотной камеры и потолка топки. В целях повышения надежности первичного перегревателя последним по ходу пара включен конвективный перегреватель. Встроенная задвижка (ВЗ) и растопочный сепаратор расположены после потолочного экрана, перед ширмовыми перегревателями высокого давления.

Экраны НРЧ и ВРЧ выполнены в виде вертикальных многоходовых подъемно-опускных панелей с нижним подводом и верхним отводом обогреваемой среды. Панели НРЧ и ВРЧ каждого потока выполнены последовательно на двух стенах топки. Ширмовые поверхности перегревателя высокого давления – U-образные. Вторичный перегреватель выполнен только из конвективных элементов. Первым по ходу вторичного пара включен пакет ГППТО.

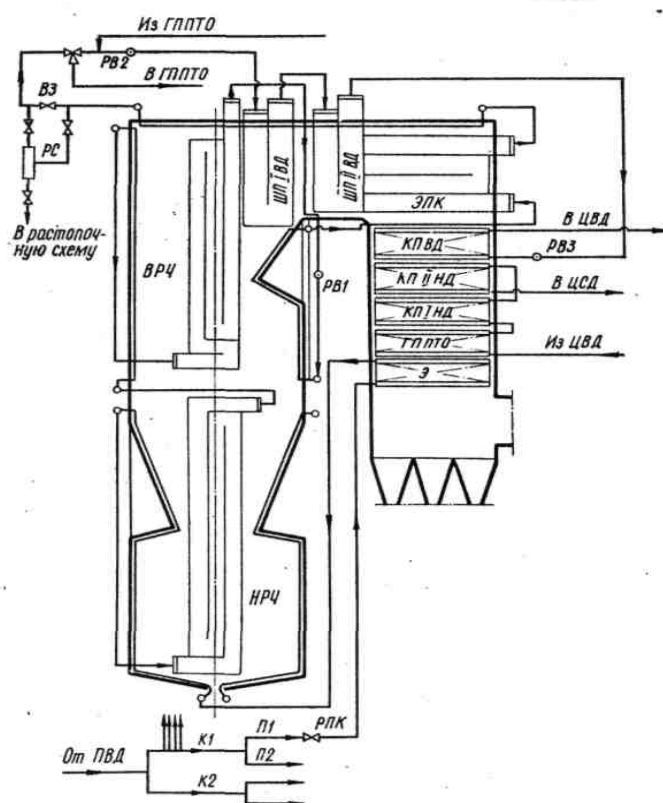


Рис. 2.3. Продольный разрез парового котла ТСП-210

Затем следуют две ступени вторичного перегревателя, выполненные в виде конвективных пакетов. Первая ступень включена по противотоку, вторая ступень – по прямотоку.

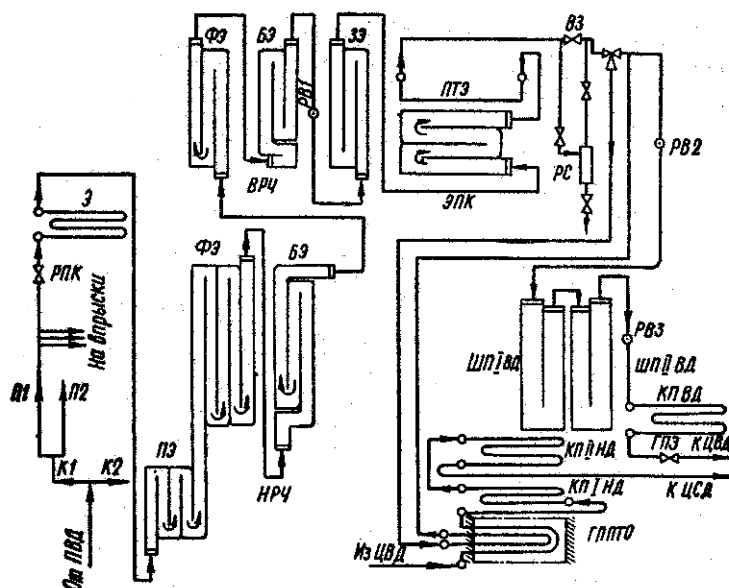


Рис. 2.4. Схема пароводяного тракта парового котла ТСП-210

Регулирование температуры вторичного перегрева пара осуществляется поддержанием определенного соотношения вода–топливо и тремя впрыскивающими регуляторами, расположенными в следующем порядке: РВ1 – перед экраном задней стенки ВРЧ, РВ2 – перед ШПВД и РВ3 – перед КПВД. Регулирование температуры промежуточного перегрева пара производится ГПТО, который конструктивно оформлен как трубный пакет конвективной поверхности нагрева и размещен в опускной шахте перед экономайзером. Паровой котел оборудован четырьмя регенеративными воздухоподогревателями.

Принципиальная схема парового котла ТПП-210 приведена в приложении 4 (рис. П4.2).

2.3. Паровой котел ПК-39

Паровой котел ПК-39 [1] разработан и построен на ПМЗ в 1961 г. Он сконструирован для работы на углях экибастузского месторождения, теплота сгорания которых составляет 17,5 МДж/кг (4165 ккал/кг). На рис. 2.5, 2.6 изображены продольный разрез и схема пароводяного тракта парового котла.

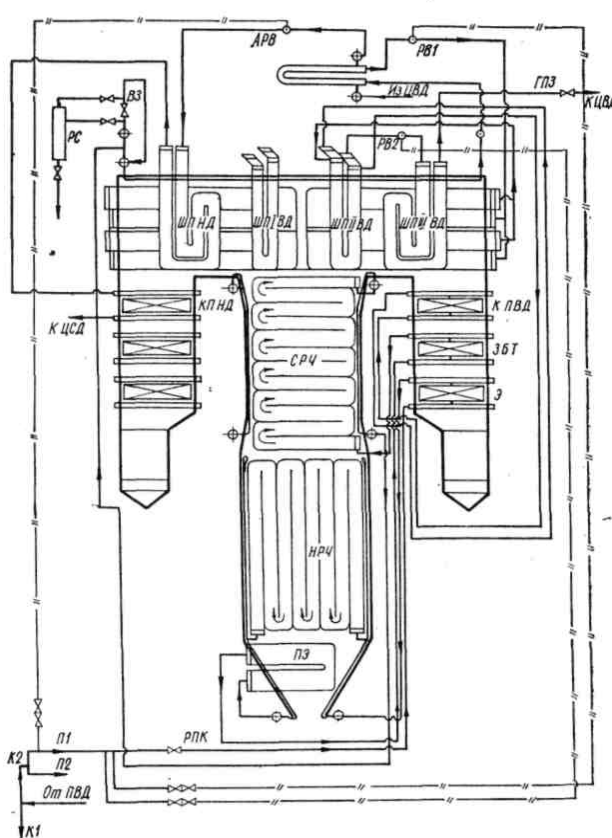


Рис. 2.5. Продольный разрез парового котла ПК-39

Характерной особенностью этих углей является значительная зольность и высокая абразивность летучей золы, в связи с чем скорость газов в конвективных газоходах равна 6,5 м/с. Температура уходящих газов $t_{\text{вх}} = 135 \text{ }^\circ\text{C}$, а КПД парового котла $\eta = 92 \%$.

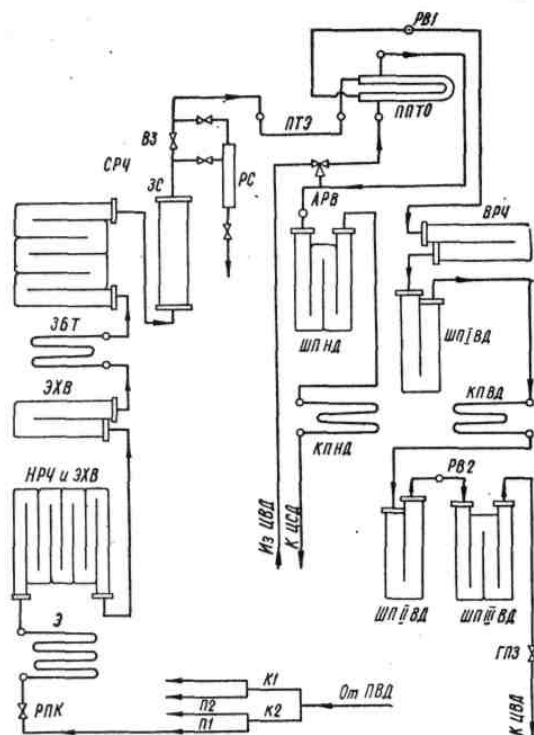


Рис. 2.6. Схема пароводяного тракта парового котла ПК-39

Паровой котел выполнен двухкорпусным. Для обеспечения низких скоростей газов в конвективных газоходах каждый корпус имеет Т-образную компоновку.

Конвективные шахты в паровом котле ПК-39 выполнены симметричными, с последовательным по ходу газов расположением пакетов вторичного перегревателя, ЗБТ и экономайзера. Первичный перегреватель несимметричный: над топкой расположены 1-я и 2-я, а над конвективными шахтами – 3-я и 4-я секции. Топка с твердым шлакоудалением выполнена в виде призматической прямоугольной камеры с холодной воронкой. На боковых стенках каждого корпуса топки в два ряда по высоте установлены 12 турбулентных горелок производительностью 6,5 т/ч каждая.

Регулирование температуры перегрева первичного пара производится поддержанием соотношения вода–топливо и двумя впрыскивающими (после ППТО – паропарового теплообменника и перед выходной ширмой перегревателя высокого давления) регуляторами.

Регулирование температуры вторичного перегрева пара осуществляется с помощью ППТО, установленных вне газоходов парогенератора. После ППТО в тракте вторичного перегрева установлен аварийный впрыскивающий пароохладитель. Встроенная задвижка и растопочный сепаратор включены между СРЧ и потолочным экраном.

Паровой котел оборудован четырьмя РВП диаметром 7,5 м, которые обеспечивают подогрев воздуха до 312 °С. РВП установлены вне пределов здания ТЭС.

Обмуровка панельная, включена в состав монтажных блоков корпуса. Плиты обмуровки в холодной воронке и НРЧ имеют металлическую обшивку, остальные части обмуровки уплотнены газоплотной штукатуркой. Каркас блочной конструкции – отдельный для каждого корпуса.

Принципиальная схема парового котла ПК-39 приведена в приложении 4 (рис. П4.3).

2.4. Паровой котел ПК-41

Паровой котел ПК-41 [1] первый отечественный агрегат сверхкритического давления, предназначен для работы на сернистом мазуте и природном газе. Паровой котел построен ПМЗ. Температура уходящих газов $t_{\text{вх}} = 144$ °С, КПД котла $\eta = 92,2$ %. На рис. 2.7, 2.8 изображены продольный разрез и схема пароводяного тракта парового котла.

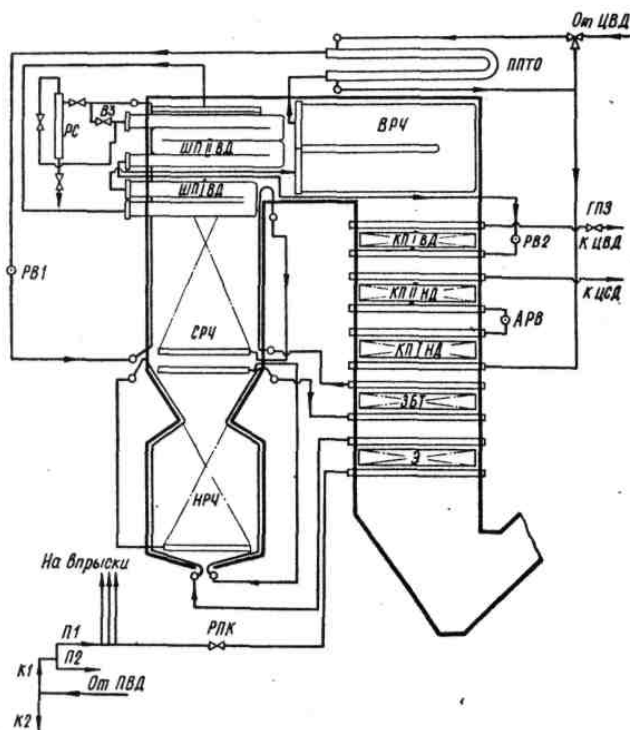


Рис. 2.7. Продольный разрез парового котла ПК-41

Компоновка котла П-образная двухкорпусная симметричная. ЗБТ выполнена выносной и установлена в конвективной шахте после вторичного перегревателя. Топка котла – двухкамерная с пережимом. Восемь вихревых газомазутных горелок в каждом корпусе производительностью 4,5 т/ч каждая размещены на фронтальной и задней стенках в один ряд.

Над топкой расположены две ступени горизонтального ширмового перегревателя. В конвективной шахте последовательно по ходу газов установлены КПВД, два пакета КПНД, ЗБТ и экономайзер.

Пароводяной тракт разделен на четыре самостоятельно регулируемых потока, по два в каждом корпусе. Вода из экономайзера поступает в НРЧ, которая выполнена из одноходовых вертикальных подъемных панелей с не обогреваемыми опускными трубами. Панели фронтальной, боковых и задней стенок НРЧ включены последовательно. Из НРЧ вода подается в ЗБТ, а затем в подъемные одноходовые вертикальные панели СРЧ с не обогреваемыми опускными трубами, которые расположены на задней и боковых стенах топки.

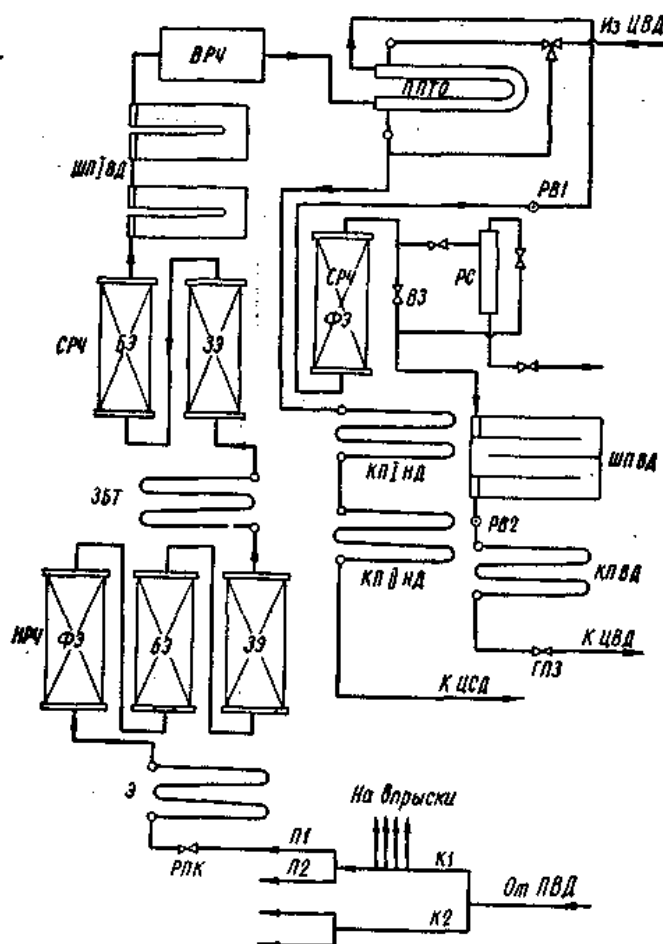


Рис. 2.8. Схема пароводяного тракта парового котла ПК-41

Из боковых экранов вода поступает в ШП I ВД, который состоит из двух групп ширм – средних и крайних, включенных по ходу пара последовательно.

После ШП I ВД пар направляется в ВРЧ, состоящую из потолочного экрана и экранов поворотной камеры, а затем – в ППТО, из которого поступает во фронтальной экран СРЧ и далее – в ШП II ВД. Последним по ходу пара включен одноступенчатый КПВД, установленный в верхней части конвективной шахты.

Вторичный перегрев пара осуществляется в двух последовательно включенных пакетах КПНД, расположенных в конвективной шахте после КПВД. Встроенная задвижка и растопочный сепаратор размещены между фронтальным экраном СРЧ и ШП II ВД.

Регулирование температуры перегрева первичного пара производится поддержанием соотношения вода–топливо и двумя впрыскивающими регуляторами, включенными перед фронтальным экраном СРЧ и КПВД, а температуры промежуточного перегрева – выносным ППТО, установленным над потолочным перекрытием.

Паровой котел оборудован четырьмя выносными РВП диаметром 6,8 м, которые обеспечивают подогрев воздуха до 322 °С.

Обмуровка парового котла – панельная. Каркас парового котла состоит из двух частей: нижней, которая является основной несущей частью и собирается на монтажной площадке, и верхней, состоящей из каркасов блоков заводского изготовления. Для очистки конвективных поверхностей нагрева применена дробеочистка.

Принципиальная схема парового котла ПК-41 приведена в приложении 4 (рис. П4.4).

2.5. Паровой котел ТГМП-114

Паровой котел ТГМП-114 [1] построен ТКЗ для работы на газе или мазуте. Температура уходящих газов $t_{\text{вх}} = 160$ °С, а КПД парового котла $\eta = 91,75$ %.

Продольный разрез и схема пароводяного тракта парового котла изображены на рис. 2.9, 2.10.

Компоновка котла П-образная двухкорпусная симметричная. ЗБТ находится в топке. Топка однокамерная, прямоугольного сечения, без пережима и аэродинамического выступа в верхней части. Задняя стенка в верхней части имеет небольшой уклон в сторону конвективной шахты. В топке установлены 12 турбулентных горелок, которые размещены в один ряд на задней и передней стенках. Производительность каждой горелки при работе на мазуте – 6 т/ч, на природном газе – 6300 м³/ч.

Для снижения тепловых нагрузок радиационных поверхностей нагрева НРЧ предусмотрена рециркуляция дымовых газов, отбираемых за экономайзером и подаваемых в нижнюю часть топки. Стены топки полностью экранированы, топочные экраны по высоте разделены на НРЧ, СРЧ и ВРЧ. Стены поворотной камеры закрыты верхней частью фронтального и потолочным экранами, которые конструктивно выполнены в виде общей поверхности без промежуточных коллекторов, и экранами задней и боковых стен.

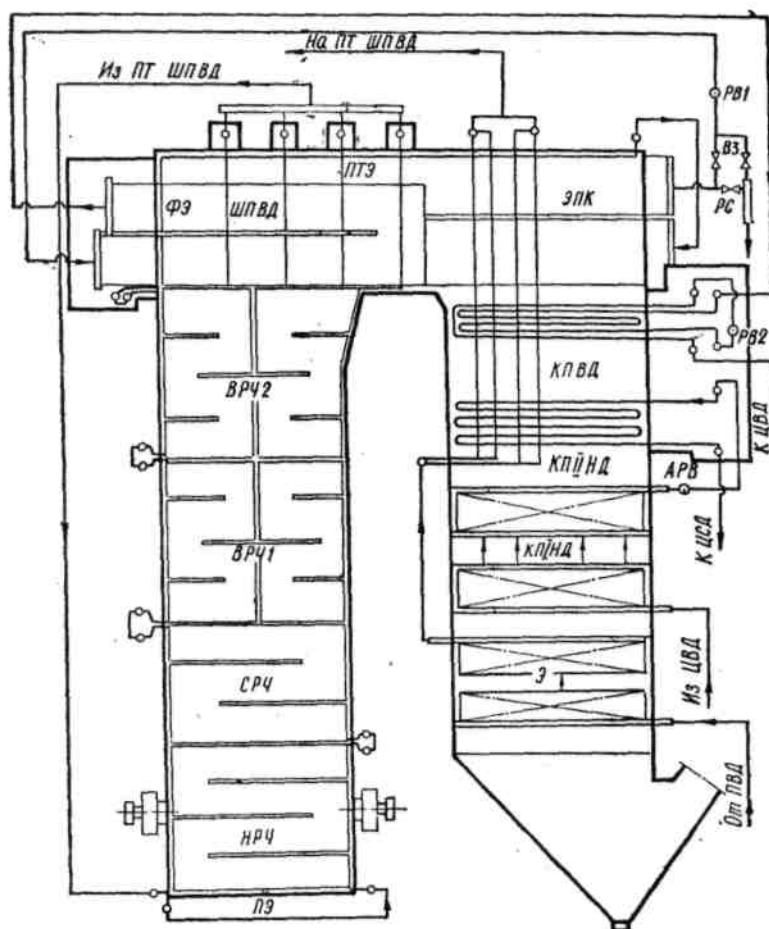


Рис. 2.9. Продольный разрез парового котла ТГМП-114

В верхней части топки и горизонтальном газоходе расположен горизонтальный ширмовый перегреватель, выполненный из 12 ширм. Пароперегреватель состоит из двух последовательно включенных ступеней, включающих шесть средних и столько же крайних ширм. Горизонтальные ширмы перегревателя подвешены к специальной трубной системе, охлаждаемой водой, поступающей в экономайзер. Конвективный пакет перегревателя высокого давления расположен в верхней части опускного газохода и разделен по ходу пара на две части, между которыми установлены смеситель и аварийный впрыскивающий пароохладитель.

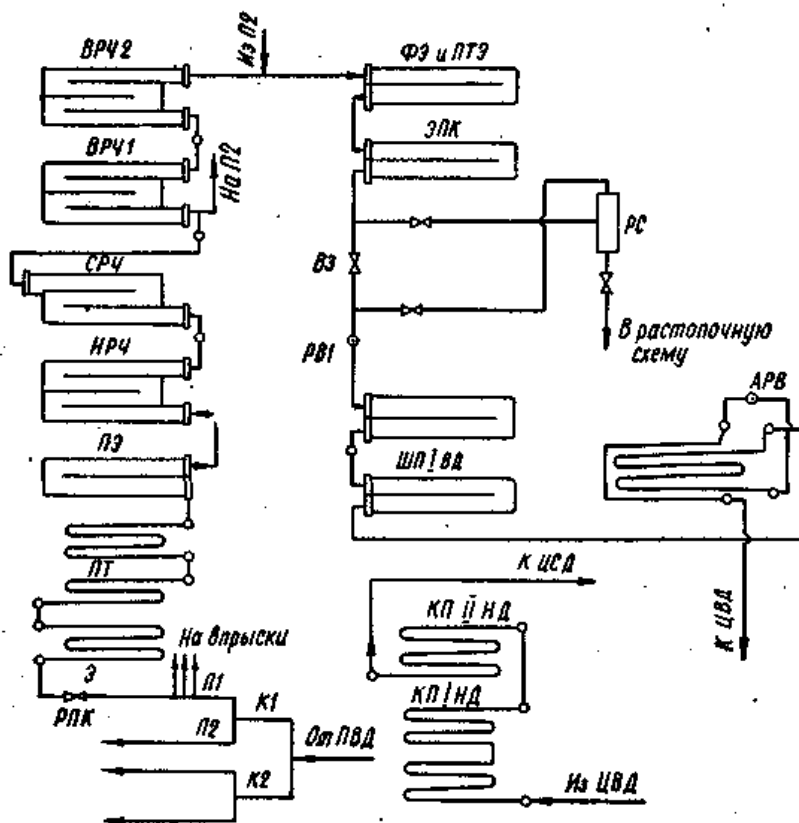


Рис. 2.10. Схема пароводяного тракта парового котла ТГМП-114

Вторичный перегреватель состоит из двух ступеней, выполненных в виде конвективных пакетов и расположенных в опускной шахте за КПВД. За КПВД размещены пакеты экономайзера. КПВД и выходной пакет КПНД подвешены на охлаждаемых трубах.

Последовательность прохождения средой элементов пароводяного тракта следующая. Питательная вода поступает в экономайзер, пройдя который охлаждает последовательно включенные подвесные трубы конвективной шахты и ширмовые поверхности нагрева. Из подвесных труб вода подается в подовый экран топки, выполненный из U-образных горизонтальных панелей.

После подового экрана по ходу воды включены экраны HPЧ топки, которые изготовлены из горизонтальных четырехходовых панелей с подъемным движением среды и горизонтальным расположением коллекторов. Каждая панель покрывает полупериметр топки с симметрией по ее диагонали. Затем вода поступает в панели SRЧ, выполненные аналогично, но имеющие по 3 горизонтальных хода. После SRЧ поток делится на два потока и проходит через VRЧ1 и VRЧ2, каждая панель которых экранирует четверть периметра топки с симметрией по поперечным и продольным осям. Панели VRЧ1 и VRЧ2 – горизонтальные четырехходовые, с подъемным движением воды и горизонтальным расположением коллекторов.

После ВРЧ2 вода направляется во фронтальной и потолочный экраны, а затем – в экраны поворотной камеры. За ними по ходу воды расположены встроенная задвижка и растопочный сепаратор. Пройдя растопочный узел, вода поступает в ширмовый перегреватель, состоящий из двух ступеней, между которыми установлен специальный смесительный коллектор.

За ширмовым перегревателем последним по ходу пара расположен конвективный перегреватель высокого давления, состоящий из двух ступеней, между которыми установлен смесительный коллектор.

Промежуточный перегреватель выполнен из двух конвективных пакетов, первый из них по ходу пара включен по прямотоку, второй – по противотоку.

Регулирование температуры перегрева первичного пара осуществляется поддержанием соотношения топливо–вода и двумя впрыскивающими пароохладителями, которые установлены перед ширмовым перегревателем и выходной ступенью конвективного пакета.

Регулирование температуры вторичного перегрева пара производится с помощью рециркуляции газов, которая, как уже отмечалось, используется и для регулирования температурного уровня процесса в топке. Между пакетами вторичного перегревателя установлен аварийный впрыскивающий пароохладитель.

Паровой котел оборудован четырьмя выносными РВП, которые обеспечивают подогрев воздуха до 131°С.

Принципиальная схема парового котла ТГМП-114 приведена в приложении 4 (рис. П4.5).

2.6. Паровой котел П-50

Паровой котел П-50 [1] изготовлен ПМЗ. Основное топливо – донецкий тощий уголь, растопочное – мазут. Температура уходящих газов $t_{\text{вх}} = 117$ °С, а КПД котла $\eta = 92,68$ %.

Продольный разрез и схема пароводяного тракта котла изображены на рис. 2.11, 2.12.

Компоновка котла П-образная двухкорпусная симметричная. ЗБТ расположена в топке. Топка с жидким шлакоудалением, прямоугольного сечения, двухкамерная с пережимом. В верхней части ее задней стенки расположен аэродинамический выступ.

В топке установлены 12 турбулентных горелок производительностью 5 т/ч каждая. Они расположены в 2 яруса на фронтальной и задней стенках. Стенки топки полностью экранированы, топочные экраны разделены на СРЧ и НРЧ.

В верхней части топки расположены первая и вторая ступень ШПВД, выполненные в виде горизонтальных дренируемых панелей. Панели ШП I ВД – двухходовые, ШП II ВД – четырехходовые. Температура газов перед ширмовым перегревателем равна 1264 °С. Стены горизонтального газохода и поворотной камеры экранированы трубами ВРЧ. В опускной конвективной шахте последовательно по ходу газа расположены КВПД, КП I НД, КП II НД и экономайзер.

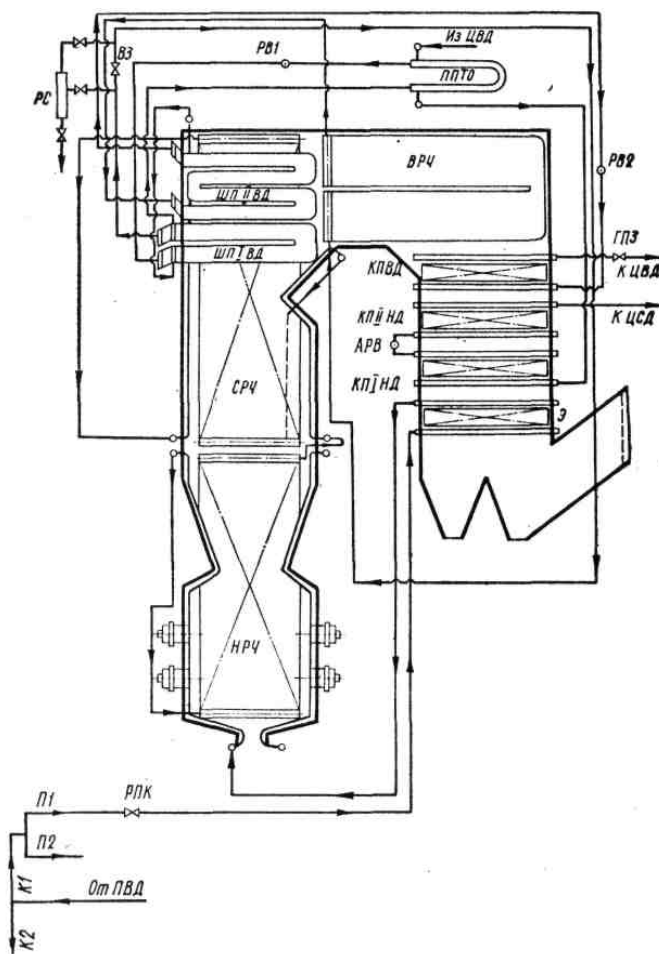


Рис. 2.11. Продольный разрез парового котла П-50

Вне пределов здания ТЭС установлены 4 РВП, которые подогревают воздух до 350 °С.

Пароводяной тракт котла выполнен в виде четырех самостоятельно регулируемых потоков по два в каждом корпусе. Вода из РПК проходит экономайзер и поступает в вертикальные одноходовые, с подъемным движением воды, панели НРЧ, соединенные последовательно необогреваемыми опускными трубами. СРЧ также выполнена из вертикальных одноходовых панелей с подъемным движением воды, из СРЧ вода подается в средние ширмы

ШП I ВД, затем проходит ППТО и поступает в крайние ширмы, откуда пар идет в ВРЧ, которая состоит из потолочного экрана и экранов поворотной камеры. Поворотная камера экранирована горизонтальными U-образными панелями.

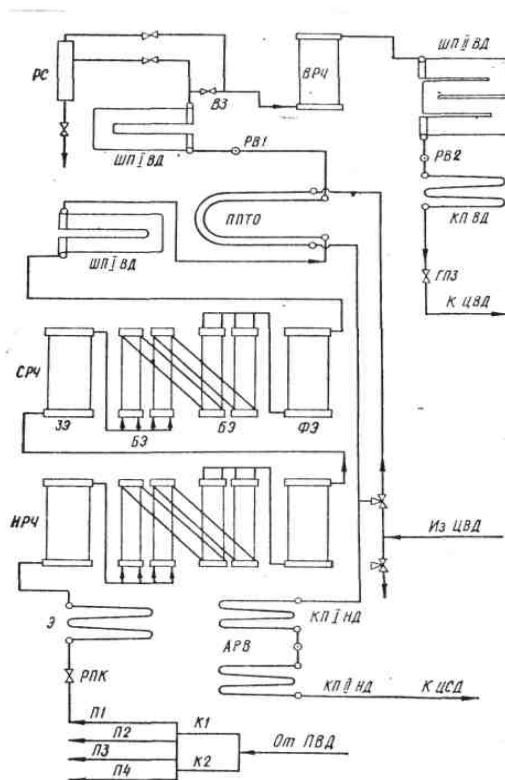


Рис. 2.12. Схема пароводяного тракта котла П-50

Тракт вторичного перегрева пара состоит из ППТО и двух последовательно включенных пакетов КПНД.

Регулирование температуры перегрева первичного пара осуществляется поддержанием определенного соотношения вода–топливо и двумя впрыскивающими регуляторами, расположенными перед входом в крайние ширмы ШП I ВД и перед КПВД, а температуры перегрева вторичного пара – выносным ППТО, установленным над паровым котлом. Между панелями КПНД помещен аварийный впрыскивающий пароохладитель.

Принципиальная схема парового котла П-50 приведена в приложении 4 (рис. П4.6).

2.7. Паровой котел ТПП-312

Паровой котел ТПП-312 [1] был первым однокорпусным прямоточным агрегатом СКД для энергоблоков 300 МВт. ТПП-312 построен в 1970 г.

Паровой котел ТПП-312 спроектирован для работы на отсеке газовых донецких углей (ГСШ). Температура уходящих газов $t_{\text{вх}} = 136 \text{ }^\circ\text{C}$, КПД котла $\eta = 92,44 \text{ } \%$.

На рис. 2.13, 2.14 изображены продольный разрез и схема пароводяного тракта котла.

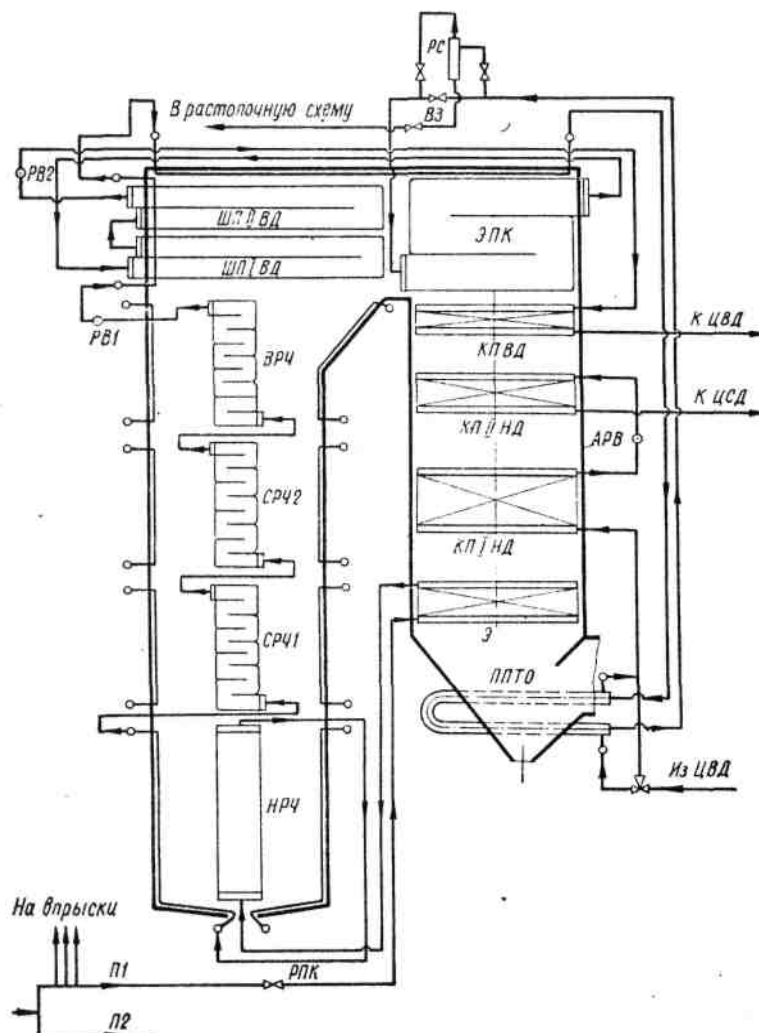


Рис. 2.13. Продольный разрез парового котла ТПП-312

Паровой котел имеет П-образную, однокорпусную компоновку. ЗБТ находится в топке. Топка прямоугольного сечения размерами 17,3 x 8,65 м без пережима и аэродинамического выступа. Нижняя часть экранов топки ошпирована и покрыта карборундовой массой. В топке для сжигания ГСШ установлено 16 вихревых горелок производительностью 8,5 т/ч каждая. Они расположены в два яруса на фронтальной и задней стенках. Температура газа перед горизонтальными ширмами на выходе из топки равна $1190 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура вторичного воздуха принята равной $370 \text{ }^\circ\text{C}$, а первичного по условиям взрывоопасности – $280 \text{ }^\circ\text{C}$.

Под топки и стены топочной камеры покрыты панелями НРЧ, СРЧ1, СРЧ2 и ВРЧ. Над топкой расположены горизонтальные ШП1ВД и ШП2ВД. Стены горизонтального газохода и поворотной камеры покрыты трубами фронтального и потолочного экранов поворотной камеры.

В опускной шахте последовательно по ходу газов установлены КПВД, КП1НД, КП2НД и экономайзер. Вне газоходов, между корпусами парового котла, расположен ПШТО.

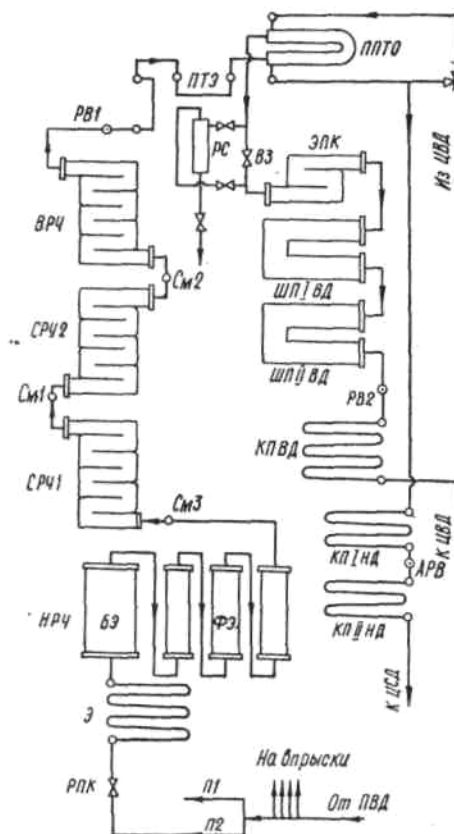


Рис. 2.14. Схема пароводяного тракта котла ТПП-312

Пароводяной тракт выполнен в виде 2-х самостоятельно регулируемых потоков без перебросов. НРЧ изготовлена из одноходовых подъемных панелей с необогреваемыми опускными трубами; панели соединены последовательно, количество ходов НРЧ – четыре. Первый ход экранирует боковые стены. Далее поток разделяется на две части: одна направляется в три последовательно соединенные панели фронтальной стены, а вторая – в панели задней стены. При этом движение среды по панелям осуществляется от середины экрана к его краям. Панели фронтального и заднего экранов НРЧ экранируют также под топку.

Затем вода поступает в СРЧ1 и СРЧ2, которые выполнены из многоходовых горизонтально-подъемных панелей. Панели имеют ширину,

определенную железнодорожными габаритами, расположены по периметру топки и включены параллельно. Затем вода подается в ВРЧ, которая выполнена одноступенчатой.

Из ВРЧ вода поступает в экран верхней части фронтальной стены. Экран одноходовой с вертикальным расположением труб. В пределах каждого потока перед СРЧ1, СРЧ2 и ВРЧ установлены смесители-раздатчики. За фронтальным экраном по ходу воды расположены потолочный экран и экран поворотной камеры. Между ними включены встроенная задвижка и растопочный сепаратор и производится отбор пара на ПШТО. Далее расположен горизонтальный ширмовый перегреватель, который состоит из двух последовательно включенных ступеней. Шаг ширм по ширине равен 840 мм. Между ступенями пар перемешивается и перебрасывается в пределах потока. Затем пар поступает в КПВД, расположенный в верхней части опускной шахты.

Вторичный перегреватель выполнен из двух пакетов, размещенных в опускной шахте и включенных по ходу пара после ПШТО.

Регулирование температуры перегрева пара производится поддержанием определенного соотношения вода–топливо и двумя впрыскивающими пароохладителями, установленными: один – после ВРЧ, другой – перед КПВД. Регулирование вторичного перегрева пара осуществляется с помощью ПШТО.

Между ступенями вторичного перегревателя расположен аварийный впрыскивающий регулятор.

Паровой котел оборудован двумя РВП. Подогрев воздуха отдельный: первичного – до 280 °С, вторичного – до 370 °С.

Принципиальная схема парового котла ТПП-312 приведена в приложении 4 (рис. П4.7).

2.8. Паровой котел ТГМП-314

С 1970 г. ТКЗ выпускает однокорпусные паровые котлы ТГМП-314. Паровой котел ТГМП-314 [1] предназначен для работы на природном газе и сернистом мазуте. Температура первичного и вторичного пара равна 545 °С, температура уходящих газов равна $t_{yx} = 140$ °С, КПД котла $\eta = 93,31$ %.

На рис. 2.15, 2.16 изображены продольный разрез и схема пароводяного тракта парового котла.

Компоновка парового котла П-образная, однокорпусная. ЗБТ расположена в конвективной шахте. Топочная камера – прямоугольная без пережима и аэродинамического выступа. Размеры топки: ширина 17,3 м, глубина 3,65 м, высота шахты 25 м. На паровом котле установлены 16 горелок с паромеханическими форсунками с производительностью 4,5 т/ч каждая. Горелки

расположены в 2 яруса на фронтальной и задней стенках в районе НРЧ. Тяга уравновешенная, топка и газоходы находятся под разрежением.

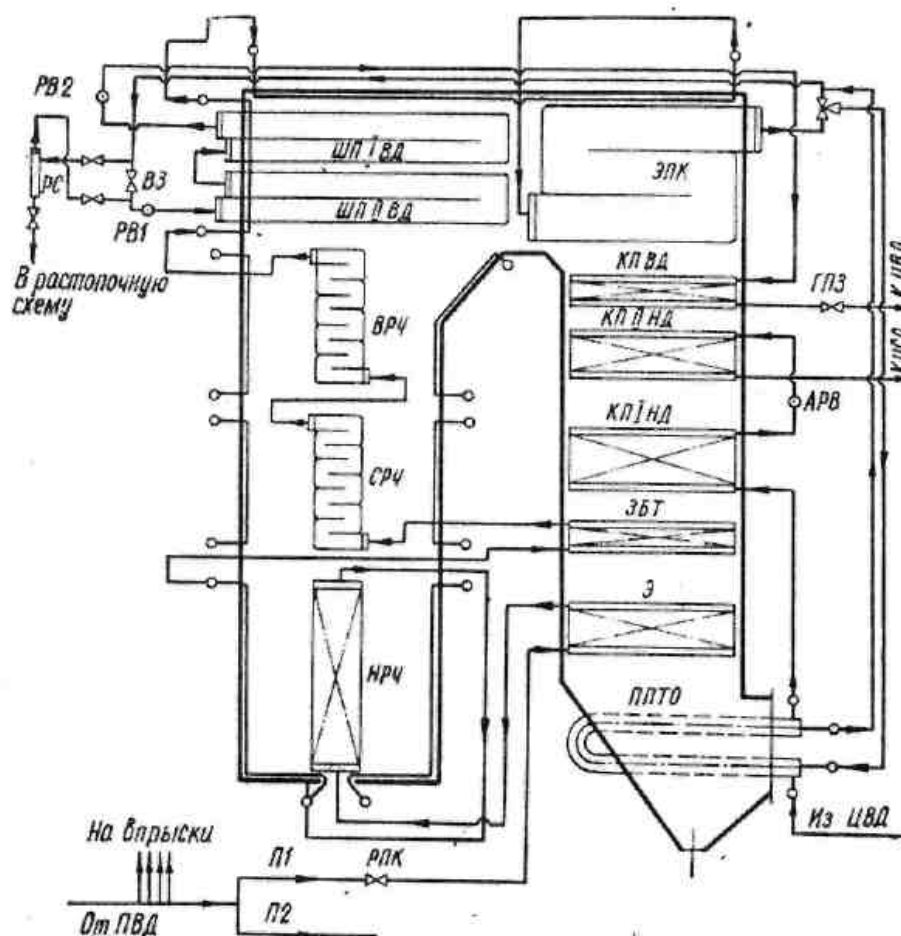


Рис. 2.15. Продольный разрез парового котла ТГМП-314

Под топки и стены ее нижней части покрыты панелями НРЧ, верхние - панелями СРЧ и ВРЧ, потолок и стены горизонтального газохода экранированы. В верхней части топки расположены первая и вторая ступени горизонтального ШПВД. В опускной шахте последовательно по ходу газового потока установлены КПВД, две ступени КПНД, ЗБТ и экономайзер.

Пароводяной тракт выполнен в виде двух отдельно регулируемых потоков без перебросов. По тракту каждого потока осуществляется полное перемешивание обогреваемой среды. НРЧ выполнена из однородных подъемных панелей с необогреваемыми опускными трубами. На каждой боковой стене расположены панели одного потока, а на фронтальной и задней - панели двух потоков. Панели боковых, фронтальных и задних стен в каждом потоке выполнены последовательно. СРЧ и ВРЧ из-

готовлены из горизонтальных многоходовых панелей с подъемным движением среды. Для экранирования ВРЧ и СРЧ применены типовые панели.

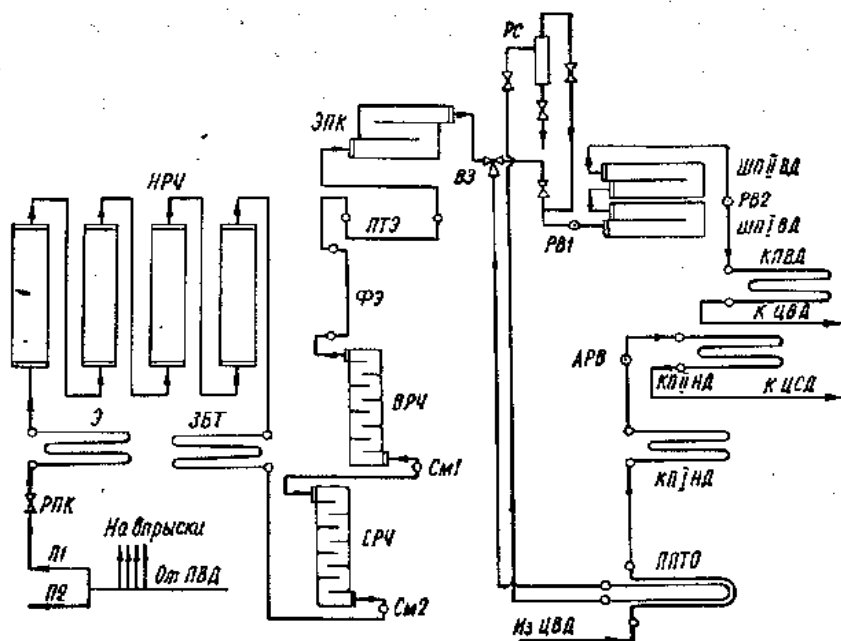


Рис. 2.16. Схема пароводяного тракта котла ТГМП-314

По периметру топки установлены 18 панелей, включенных параллельно. Перед СРЧ и ВРЧ осуществляется полное перемешивание среды в пределах потока и раздача ее по панелям. За ВРЧ по ходу пара расположены экраны поворотной камеры. Затем пар через регулируемую задвижку поступает в ППО, далее ШПВД, ШПВД и выходной пакет КПВД. Перед ШПВД установлены растопочный сепаратор и встроенная задвижка.

Вторичный КПНД состоит из двух ступеней, включенных последовательно. Регулирование температуры пара производится поддержанием соотношения вода–топливо и двумя впрыскивающими регуляторами, расположенными перед ШПВД и входным пакетом КПВД. Регулирование температуры вторичного перегретого пара осуществляется вынесенным из газохода парового котла ППО и рециркуляцией газов, отбираемых за экономайзером и подаваемых в нижнюю часть топки под горелки на фронтальной и задней стенках. Между первой и второй ступенями КПНД расположен аварийный впрыск.

Паровой котел оборудован двумя выносными РВП диаметром 9,8 м каждый. Температура горячего воздуха равна 346 °С.

Принципиальная схема парового котла ТПП-312 приведена в приложении 4 (рис. П4.8).

2.9. Паровой котел ТГМП-324

Первый отечественный газоплотный паровой котел ТГМП-324 [1], предназначенный для работы на сернистом мазуте и газе под наддувом, изготовлен в 1977 г. Таганрогским котлостроительным заводом.

На рис. 2.17, 2.18 изображены продольный разрез и схема пароводяного тракта котла.

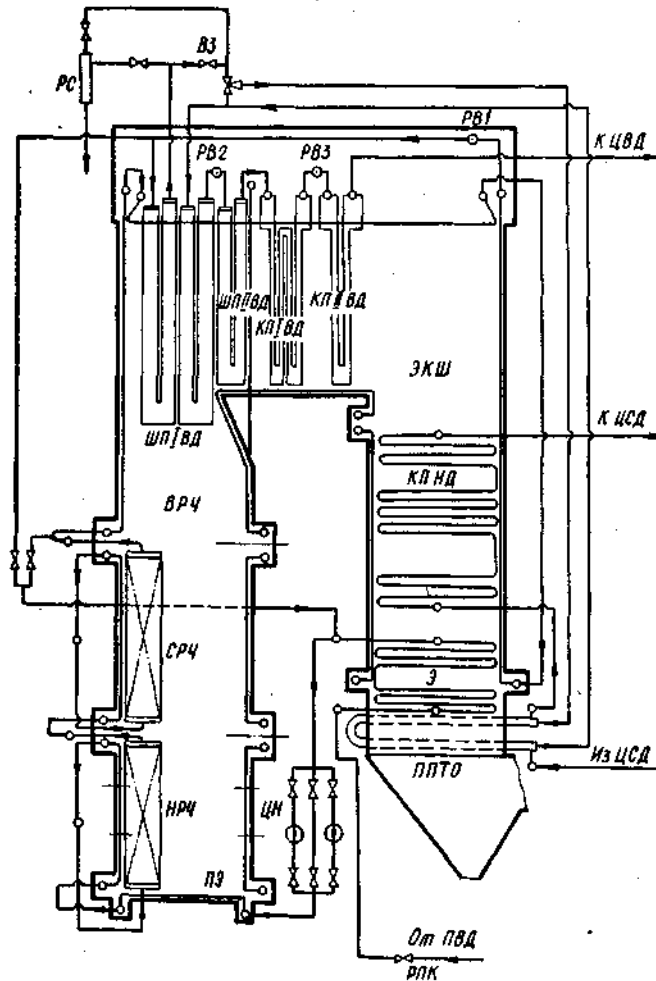


Рис. 2.17. Продольный разрез парового котла ТГМП-324

Основным преимуществом паровых котлов, работающих под наддувом, является более высокая экономичность ввиду отсутствия присосов, что приводит к снижению потери тепла с уходящими газами и уменьшению расхода электроэнергии на привод тягодутьевых устройств. В паровых котлах с газоплотными стенками, кроме того, обеспечивается возможность осуществления топочного процесса с предельно малыми избытками воздуха, что особенно важно при сжигании сернистого мазута, так как при этом снижается низкотемпературная коррозия. Газоплотные экраны, позволяя заменить тяжелую обмуровку

легкой тепловой изоляцией, сокращают потери теплоты при пуске и останове котла.

Компоновка парового котла П-образная, однокорпусная. ЗБТ находится в топке. Температура уходящих газов $t_{\text{вх}} = 119 \text{ }^\circ\text{C}$, КПД парового котла $\eta = 94,7 \%$. В топке сечением $15,7 \times 7 \text{ м}$ с аэродинамическим выступом установлены 16 вихревых двухпоточных газомазутных горелок производительностью 4,6 т/ч каждая. Расположение горелок – двухъярусное на фронтальной и задней стенках топки.

Под и стены топки покрыты газоплотными панелями подового экрана, НРЧ, СРЧ, ВРЧ. В верхней части топки расположен ШП I ВД, состоящий из двух последовательно включенных пакетов ширм. В горизонтальном газоходе последовательно по ходу газа размещены ШППВД и два пакета вертикального КПВД с коридорным расположением труб.

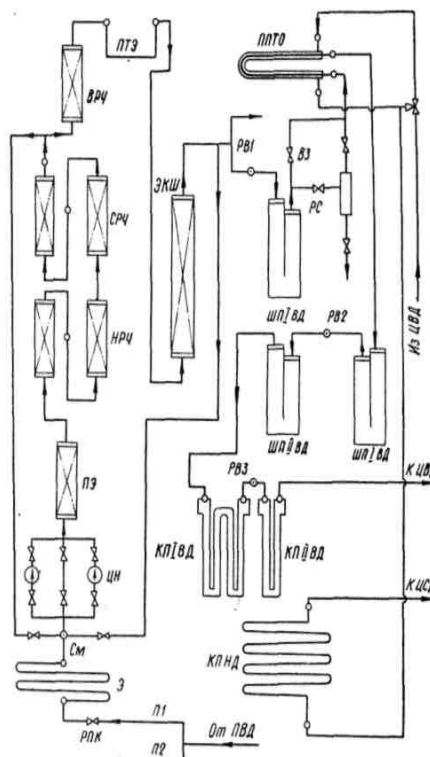


Рис. 2.18. Схема пароводяного тракта котла ТГМП-324

Стены опускной конвективной шахты также экранированы газоплотными экранами. Вторичный конвективный перегреватель низкого давления установлен в опускной шахте и выполнен без разделения его промежуточными камерами на отдельные пакеты. Последним по ходу газа включен экономайзер.

Пароводяной тракт котла имеет систему рециркуляции среды в поверхностях нагрева, которые выполнены в виде сварных мембранных панелей. Рециркуляция может осуществляться по двум контурам: первый включает ПЭ, НРЧ и СРЧ, второй – дополнительно ВРЧ, ПТЭ и ЭКШ.

Пароводяной тракт котла выполнен двухпоточным. После ЭКШ каждый поток разделяется на два потока. Первая часть пароводяного тракта, в которой осуществляется рециркуляция среды, включает в себя подвесные трубы, на которых крепятся пакеты вторичного перегревателя (на рис. 2.18 не показаны), НРЧ, СРЧ, ВРЧ, потолочный экран и экраны стен конвективной шахты. После экранов конвективной шахты производится отбор воды на циркуляционный узел, состоящий из смесителя и двух циркуляционных насосов. Под, НРЧ, СРЧ и ВРЧ выполнены из одноходовых панелей. На всех стенках топки в панелях НРЧ и СРЧ осуществляется подъемное движение воды в виде двух последовательно включенных ходов.

Для снижения тепловой развертки после НРЧ и СРЧ установлены смесители. Затем пар последовательно проходит в выходную ступень ШПВД, ШПВД и два пакета конвективного перегревателя высокого давления.

Вторичный перегреватель состоит из трех пакетов, включенных последовательно после ППТО.

Регулирование температуры перегрева пара производится поддержанием необходимого соотношения вода–топливо и тремя впрысками перед ШПВД, перед ШПВД и между КПВД и КПВД.

Регулирование температуры вторичного перегрева пара осуществляется с помощью рециркуляции газов, подаваемых в нижнюю часть топки в количестве 15...20 %, и ППТО, расположенного вне газоходов парового котла. Паровой котел оборудован двумя выносными РВП диаметром 9,8 м. Температура горячего воздуха равна 346 °С при предварительном подогреве холодного воздуха в калорифере до 52 °С.

Принципиальная схема парового котла ТПП-324 приведена в приложении 4 (рис. П4.9).

2.10. Паровой котел П-59

Паровой котел П-59 [1] изготовлен ПМЗ в 1972 г. и предназначен для работы на подмосковном буром угле. Температура уходящих газов $t_{\text{вх}} = 150$ °С, КПД парового котла $\eta = 90$ %.

Продольный разрез и схема пароводяного тракта парового котла изображены на рис. 2.19, 2.20.

НРЧ каждого потока состоит из четырех включенных последовательно панелей. Далее вода подается в ЗБТ, которая расположена в конвективной шахте, а затем – в СРЧ. Конструкция экранов СРЧ аналогична НРЧ, но имеет только три хода. После СРЧ вода проходит через ширмовый перегреватель первой ступени высокого давления (ШПВД) и паропаровой теплообменник (ППТО) в ВРЧ1; между ППТО и ВРЧ1 установлены встроенная задвижка и отводы воды на растопочный узел. Из ВРЧ1 среда поступает в потолочный экран и затем в панели ВРЧ2, которые закрывают не только стены топки, но и стены поворотных камер. Панели ВРЧ1 и ВРЧ2 – горизонтальные одноходовые. Далее вода проходит через ШПВД и КПВД.

Из ЦВД пар поступает в ППТО, а затем во вторичный перегреватель, который состоит из двух конвективных пакетов. Между пакетами КПВД установлен впрыскивающий пароохладитель. На выходе пароводяного тракта установлены пусковые впрыскивающие пароохладители.

Регулирование температуры производится поддержанием соотношения вода–топливо и двумя впрыскивающими регуляторами перегрева, расположенными перед ВРЧ2 и КПВД.

С учетом большой влажности топлива, требующей высокой температуры воздуха для подсушки, и высокой его зольности в паровом котле установлен двухступенчатый трубчатый воздухоподогреватель. В первой ступени воздух подогревается до 285 °С, во второй подогревается только первичный воздух до температуры 438 °С.

Принципиальная схема парового котла П-59 приведена в приложении 4 (рис. П4.10).

2.11. Паровой котел П-57

На ПМЗ для энергоблока мощностью 500 МВт построен прямоточный паровой котел П-57 [1], работающий на экибастузском угле. Компоновка – однокорпусная Т-образная с симметричным расположением поверхностей нагрева в горизонтальных газоходах и опускных конвективных шахтах и выносной ЗБТ.

На рис. 2.21, 2.22 изображены продольный разрез и схема пароводяного тракта котла.

Топочная камера сечением 10 × 22 м имеет холодную воронку для твердого шлакоудаления. На котле установлено 24 вихревые горелки производительностью 12 т/ч каждая, которые расположены на боковых стенах топки. Стены топки и холодной воронки экранированы вертикальными одноходовыми панелями НРЧ и СРЧ с подъемным движением воды, которые изготовле-

ны из труб, сваренных между собой в пределах каждого поставочного блока. Экраны боковых стен на входе в горизонтальный газоход фестонированы.

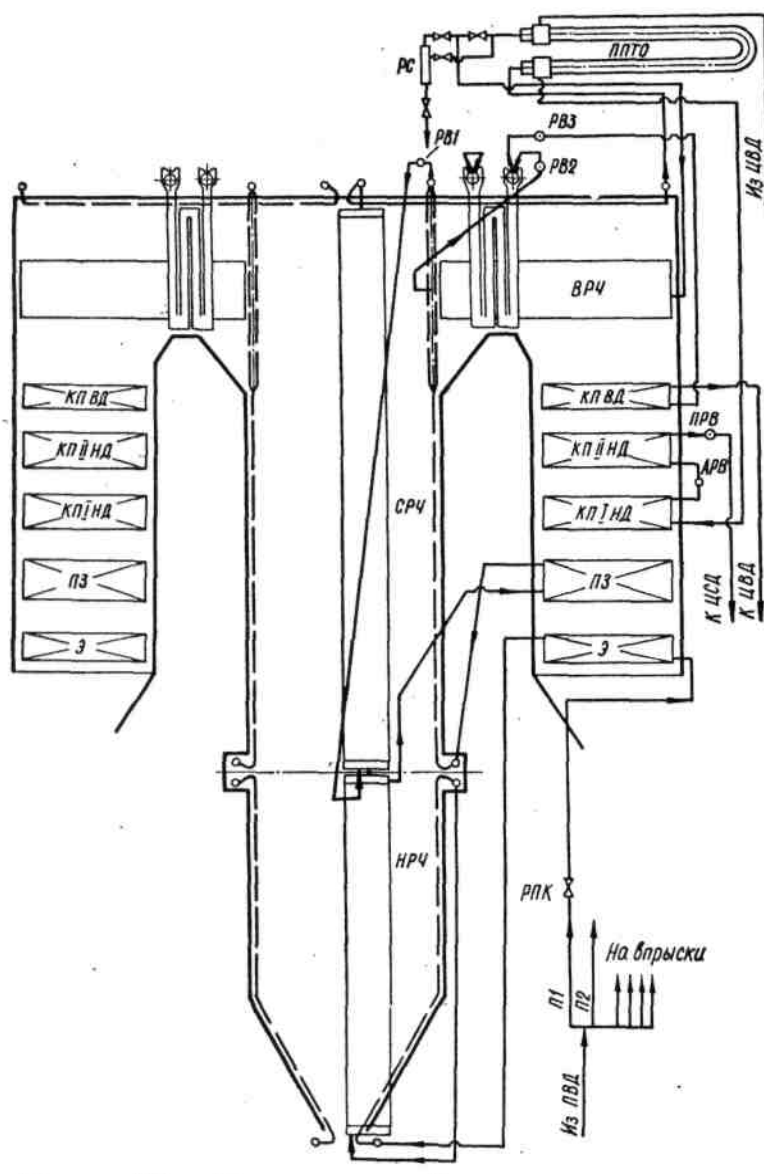


Рис. 2.21. Продольный разрез парового котла П-57

В горизонтальном газоходе расположены первая и вторая ступень вертикального ШПВД. Стены горизонтального газохода и поворотные камеры покрыты потолочным экраном и экранами ВРЧ. В конвективных опускных шахтах последовательно по ходу газов размещены КПВД, две ступени КПНД, ЗБТ и экономайзер.

Паровой тракт котла – двухпоточный с автономными системами регулирования. Первый поток включает поверхности нагрева ближайшей к фронту половины газохода, второй – поверхности, расположенные во второй поло-

Потолочный экран изготовлен из плавниковых труб. Он экранирует потолок топки, горизонтальных газоходов и поворотной камеры, а также часть задней стены поворотной камеры и ширм, таким образом, образуя опускной участок.

Ширмовые перегреватели первой и второй ступеней расположены в горизонтальном газоходе и выполнены вертикальными двухпетлевыми. Первая ступень состоит из 48 крайних ширм по 24 в каждом потоке и включены по схеме противотока, а вторая – из 44 средних ширм, включенных по схеме прямотока. После ширм перегревателя второй ступени на трубопроводе каждого потока установлен третий впрыскивающий регулятор перегрева. Затем пар проходит через два полупакета КПВД, после чего потоки объединяются, и пар по двум паропроводам направляется в ЦВД турбины. На выходе из КПВД имеется пусковой впрыск, который осуществляет регулирование температуры перегретого пара при пусках блока на скользящих параметрах.

Благодаря тому, что вторичный перегреватель, размещенный по ходу газа после КПВД, находится в зоне умеренных температур газового потока, можно применить одnobайпасную пусковую схему. Пар в систему вторичного перегрева, поступивший из ЦВД по двум трубопроводам, последовательно проходит ППТО, первую и вторую ступени КПВД.

Регулирование температуры вторичного перегрева пара производится путем изменения расхода пара через ППТО. Между первой и второй ступенями КПВД установлен дополнительный аварийный впрыскивающий парохладитель, а на выходе из КПВД - пусковой впрыск.

Подогрев воздуха до 340 °С осуществляется четырьмя вращающимися РВП диаметром 9,8 м.

Принципиальная схема парового котла П-57 приведена в приложении 4 (рис. П4.11).

2.12. Паровой котел ТПП-200

Паровой котел ТПП-200 [1], выпущенный ТКЗ в 1964 г., предназначен для работы на сушонке АШ; резервное топливо – природный газ. Производительность парового котла равна 2500 т/ч. Температура уходящих газов $t_{\text{ух}} = 117...125$ °С, КПД парового котла $\eta = 92,2$ %.

Компоновка – двухкорпусная П-образная симметричная. ЗБТ находится в топке в конце НРЧ.

Продольный разрез и схема пароводяного тракта ТПП-200 изображены на рис. 2.23, 2.24.

Топка прямоугольного сечения – двухкамерная полуоткрытого типа с пережимом, шлакоудаление жидкое.

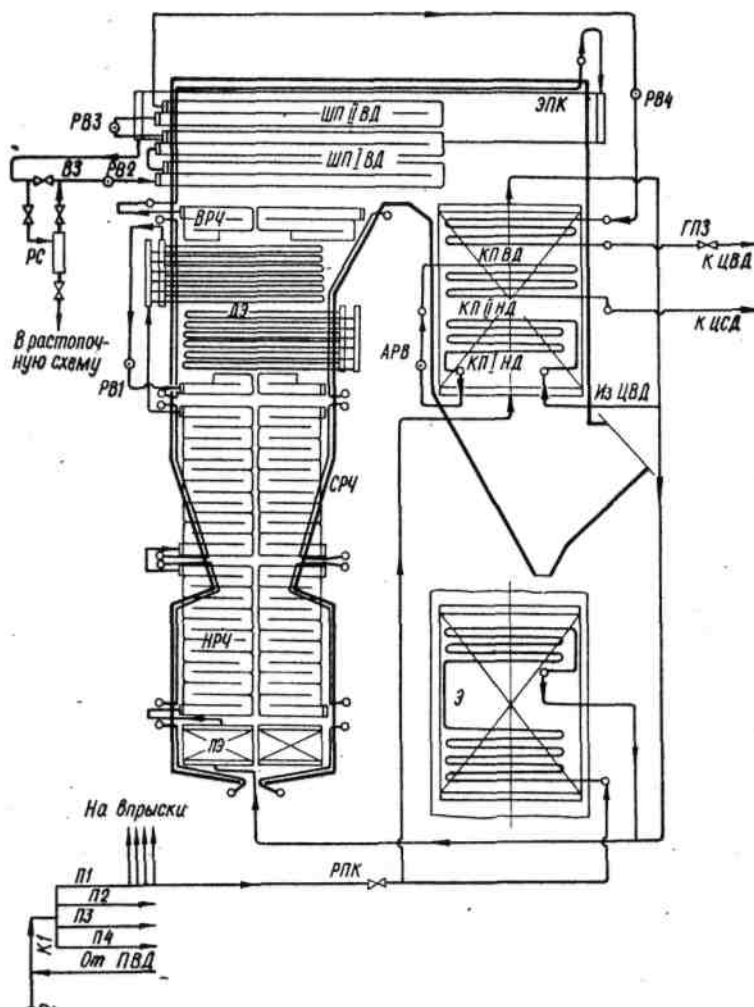


Рис. 2.23. Продольный разрез парового котла ТПП-200

На фронтальной и задней стенках топки в два яруса установлены 24 комбинированные турбулентные пылегазовые горелки производительностью по АШ 5,5 т/ч каждая.

Все стены топки экранированы, а стены и под предтопки утеплены ошипованным экраном до пережима. Топочные экраны состоят из четырех частей: подового экрана, НРЧ, СРЧ и ВРЧ. В камере охлаждения перпендикулярно к фронту с шагом 4 м размещены двухсветные экраны. Панели экранов боковых стен топков выполнены горизонтальными многоходовыми с подъемным движением среды, двухсветные экраны – в виде горизонтальных ширм. На выходе из топки расположены последовательно включенные по ходу пара три ступени горизонтального

ШПВД. Потолок и стены горизонтального газохода и поворотных камер закрыты фронтальным и потолочным экранами и экранами поворотной камеры.

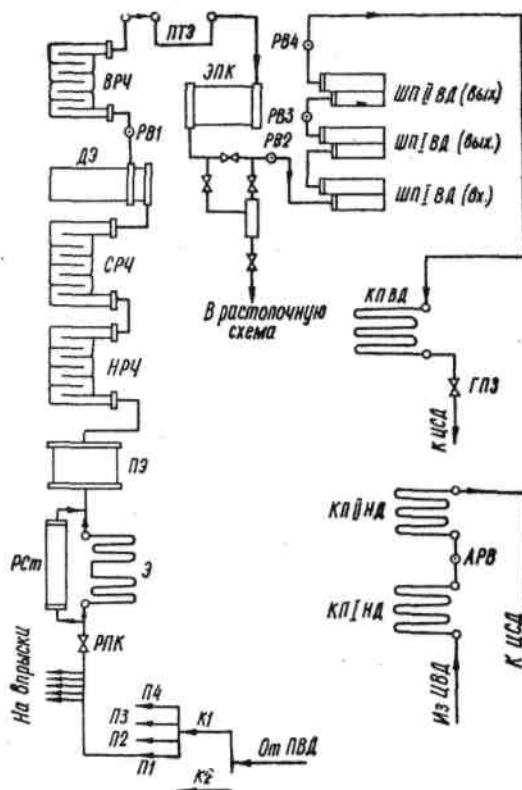


Рис. 2.24. Схема пароводяного тракта котла ТПП-200

Конвективная шахта парового котла разделена поперечными перегородками на три части: центральную шириной 7 м и две крайние шириной по 10 м каждая.

В крайних частях опускного газохода последовательно по ходу газа расположены выходной конвективный пакет первичного перегревателя и два конвективных пакета вторичного перегревателя, а в центральной части газохода – два пакета экономайзера. Разделительные стенки опускной шахты выполнены в виде вертикальных одноходовых панелей, включенных в пароводяной тракт котла параллельно с экономайзером. Температура вторичного перегрева пара регулируется изменением расхода газа по газоходам конвективной шахты, что осуществляется шиберами, установленными за экономайзером, или байпасным дымососом.

Для подогрева воздуха агрегат имеет десять РВП диаметром 6,8 м, из которых восемь – основные и два – байпасные. На один корпус приходится четыре основные и один байпасный предвключенный воздухоподогреватели. Воз-

дух подогревается от 30 до 310 °С. Третья часть воздуха при температуре 30 °С поступает в предвключенный байпасный воздухоподогреватель, где нагревается до 195 °С, после чего перемешивается с холодным воздухом, направляемым в основные воздухоподогреватели; температура смеси равна 71 °С. Таким способом обеспечивается высокая температура подогрева воздуха в одноступенчатых РВП.

Принципиальная схема парового котла ТПП-200 приведена в приложении 4 (рис. П4.12).

2.13. Паровой котел ТГМП-204

Паровой котел ТГМП-204 [1], выпущенный в 1973 г., разработан ТКЗ совместно с ЦКТИ и ВТИ. Паровой котел предназначен для работы на сернистом мазуте и природном газе. Производительность парогенератора равна 2650 т/ч. Температура уходящих газов $t_{\text{ух}} = 127$ °С, КПД котла $\eta = 94$ %. Компоновка – однокорпусная П-образная с газоплотным экранированием топки и газопроходов для работы под наддувом. На рис. 2.25, 2.26 изображены продольный разрез и схема пароводяного тракта котла.

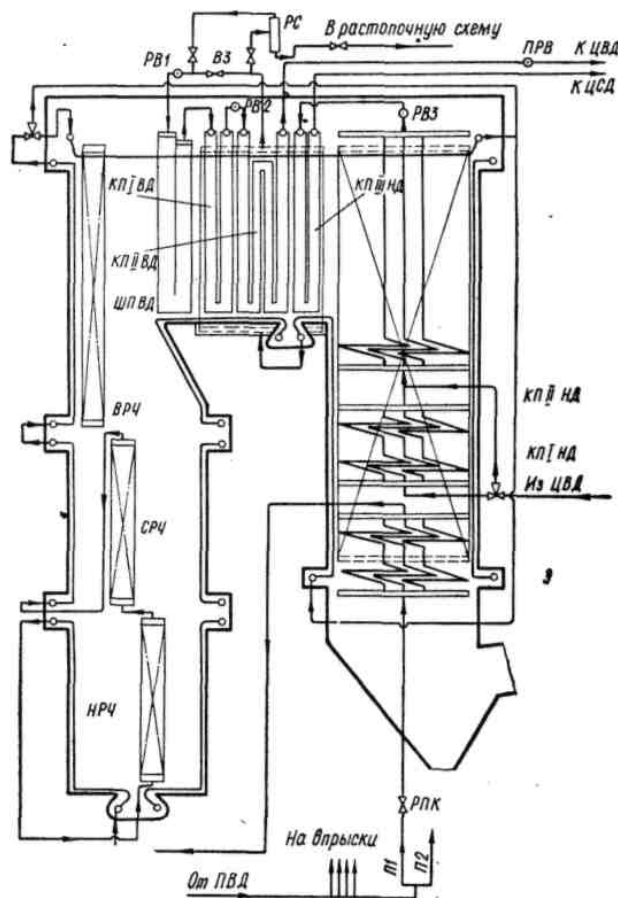


Рис. 2.25. Продольный разрез парового котла ТГМП-204

Топка прямоугольного сечения размерами $10,4 \times 20,66$ м имеет аэродинамический выступ в верхней части задней стенки.

В топке установлено 36 вихревых двухпоточных горелок производительностью 5,2 т/ч каждая. Горелки расположены встречно на фронтальной и задней стенках в три яруса. Горелки на каждой стенке смонтированы в общем коробе, через который подаются воздух, необходимый для горения, и дымовые газы на рециркуляцию.

Топка работает под наддувом 600 кгс/м^2 . Два дутьевых вентилятора обеспечивают создание напора в 1360 кгс/м^2 . Резервные дымососы позволяют работать при уравновешенной тяге в случае нарушения герметичности газового тракта при нагрузках агрегата до 600 МВт.

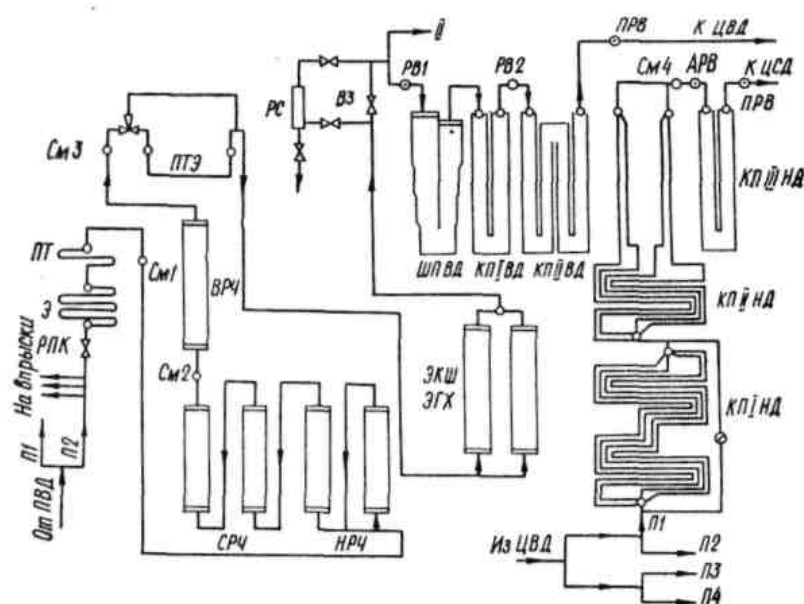


Рис. 2.26. Схема пароводяного тракта котла ТГМП-204

На выходе из топки над аэродинамическим выступом расположен ШПВД, который состоит из 32 ширм. Каждая ширма имеет 47 параллельно включенных труб. За ШПВД в горизонтальном газоходе размещены первая и вторая ступени КПВД и третья ступень КПНД.

В опускной конвективной шахте последовательно по ходу газов установлены КПИИД и экономайзер. В состав КПИИД входят конвективный пакет, расположенный в верхней части опускной шахты, и змеевики этого пакета, находящиеся в поворотной камере и расположенные перпендикулярно к фронту котла.

Пароводяной тракт котла состоит из двух последовательно включенных частей, отличающихся одна от другой организацией движения среды. Первая часть, до встроенной задвижки, разделена на два потока,

каждый из которых разделен на два потока с полным перемешиванием среды в трех точках тракта: перед НРЧ, ВРЧ и ПЭ.

Вторая часть, после встроеной задвижки, разделена на четыре потока и не имеет перемешиваний среды вплоть до выхода, что позволило обойтись коллекторами малых диаметров с небольшой толщиной стенки, а это способствует повышению маневренности агрегата.

В пароводяной тракт парогенератора кроме основных поверхностей включены также защитные экраны в местах разъема топки по высоте и подвесные трубы, воспринимающие нагрузку от поверхностей нагрева, расположенных в опускной шахте.

Панели НРЧ, СРЧ и ВРЧ выполнены вертикальными одноходовыми с подъемным движением среды. Питательная вода поступает в экономайзер, проходит подвесные трубы конвективной шахты, а затем НРЧ, которая выполнена двухходовой. Панели первого хода размещены в зоне максимальных тепловых нагрузок и через них пропускается 43 % воды; остальное ее количество идет через байпас и защитные экраны первого разъема топки. Это сделано для того, чтобы иметь минимальную разность температур металла труб на границах ходов. Через панели второго хода НРЧ проходит весь подпоток воды.

СРЧ также выполнена двухходовой, причем параллельно второму ходу включены защитные экраны второго разъема топки. Экраны ВРЧ включены параллельно двумя группами: в одну входят задний экран и подвесная система поворотного газохода, в другую – фронтальные и боковые экраны. Затем вода поступает в одноходовой потолочный экран с движением воды от фронта парогенератора. Экран байпасирован, через него проходит лишь 28 % объема воды, остальное ее количество идет через байпас.

Далее по ходу пара включены экраны конвективной шахты. Они выполнены вертикальными одноходовыми с подъемным движением пара и без разъема по высоте. Включены экраны двумя параллельными группами: в первую входят панели боковых и задних экранов, во вторую – панели фронтальной стены и следующие за ними панели боковых экранов горизонтального газохода. За экранами конвективной шахты по ходу пара расположен растопочный узел, включающий в себя восемь растопочных сепараторов, по четыре на каждый поток. Далее пар четырьмя несмешивающимися потоками проходит последовательно ШПВД, первую и вторую ступени КПВД. Между ширмовыми и конвективными перегревателями пар перебрасывается от оси котла к его периферии и наоборот, для выравнивания тепловосприятия отдельных потоков.

Регулирование температуры перегрева пара осуществляется поддержанием соотношения вода–топливо и двумя впрыскивающими пароохладителями. Первый расположен перед ШПВД, второй – между пакетами КПВД. На выходе из парогенератора установлен пусковой регулятор впрыска.

Пар низкого давления, поступающий на промежуточный перегрев, проходит последовательно через КП I НД, который является регулирующей ступенью, КП II НД и КП III НД, которая расположена в горизонтальном газоходе. Регулирующая ступень наряду с рециркуляцией газа обеспечивает возможность более тонкого регулирования температуры пара в потоках. Между второй и третьей ступенями КПНД установлен аварийный впрыскивающий пароохладитель, а на выходе - пусковой впрыскивающий пароохладитель.

Паровой котел оборудован четырьмя РВП диаметром 9,8 м. Подогрев воздуха осуществляется от 50 до 361 °С, а охлаждение дымовых газов – от 417 до 134 °С. Перед РВП установлена паровая калориферная установка, обеспечивающая предварительный подогрев воздуха до 50 °С.

Принципиальная схема парового котла ГПП-200 приведена в приложении 4 (рис. П4.13).

2.14. Паровой котел П-67

Паровой котел П-67 [1] разработан для энергоблоков 800 МВт, установленных на Березовской ГРЭС-1.

Продольный разрез и схема пароводяного тракта котла изображены на рис. 2.27, 2.28.

Основные параметры парового котла следующие: паропроизводительность по первичному пару равна 2650 т/ч, давление – 25 МПа, температура – 545 °С, давление вторичного пара равно 3,44 МПа, температура – 545 °С; температура питательной воды равна 275 °С. КПД котла $\eta = 92 \%$, температура уходящих газов $t_{\text{вх}} = 160 \text{ °С}$. Топливо – Березовский бурый уголь.

Компоновка парового котла – однокорпусная Т-образная симметричная. ЗБТ находится в пределах топки. Призматическая топка имеет квадратное сечение $23 \times 23 \text{ м}$, без пережимов, холодная воронка двухскатная. Высота топки от середины холодной воронки до ширм составляет 67 м. Прямоточные горелки расположены в 4 яруса на всех стенах топки, по 8 штук в ярусе, т.е. по 2 горелки на стене. Расположение горелок – тангенциальное. Средняя расчетная температура газа на выходе из топки составляет 1032 °С.

Топочные экраны по высоте разделены на НРЧ и ВРЧ. На выходе из топки в горизонтальных газопроводах последовательно по ходу газов расположены 2, 3 и 1 ступени ширмового перегревателя СКД и ширмовый промежуточный перегреватель. Все ширмы включены по схеме прямотока. Между 3 и 1 ступенями ШПВД размещены фестоны экранов боковых стен топки.

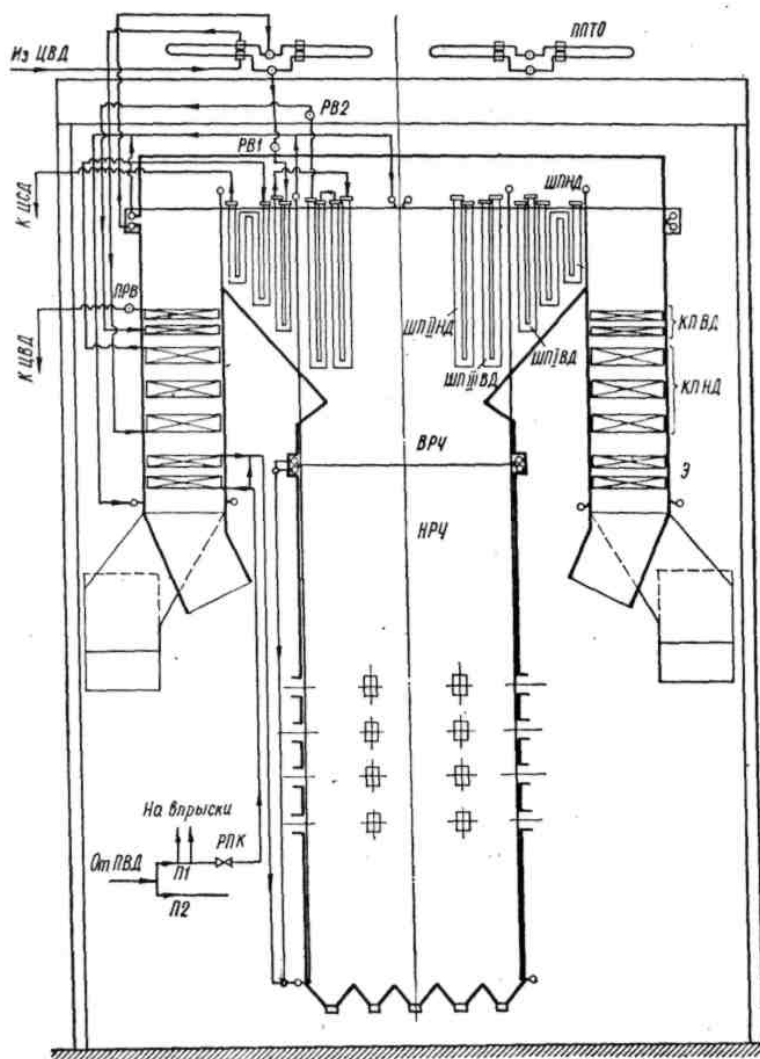


Рис. 2.27. Продольный разрез парового котла П-67

Размещение конвективных поверхностей нагрева по ходу газов следующее: КПВД, который состоит из 2-х пакетов и КПНД – из 3-х пакетов без промежуточных коллекторов. На выходе из конвективной шахты установлен мембранный экономайзер. Все конвективные поверхности нагрева в опускной шахте включены по противотоку, за исключением выходного пакета промежуточного перегревателя.

Вторичный перегреватель состоит из 3-х конвективных пакетов и одной ширмовой ступени. Первым по ходу пара включен ППТО, затем КПНД и ШПНД.

Регулирование температуры первичного пара осуществляется поддержанием определенного соотношения вода–топливо, а также с помощью 2-х впрысков: первый – перед ШПВД, второй – на входе в КПВД.

Температура вторичного перегрева пара регулируется ППТО, который по первичному пару включен после экранов конвективной шахты. На выходе из первичного и вторичного перегревателей установлены пусковые впрыскивающие регуляторы.

Подогрев воздуха до температуры около 300 °С производится в одноступенчатом трубчатом воздухоподогревателе.

Принципиальная схема парового котла ТПП-200 приведена в приложении 4 (рис. П4.14).

2.15. Паровой котел ТГМП-1204

Паровой котел ТГМП-1204 [1] построен на ТКЗ для первого энергоблока мощностью 1200 МВт, который установлен на Костромской ГРЭС. Энергоблок является самым мощным в Европе.

Основное топливо – мазут, резервное топливо – природный газ. Температура уходящих газов $t_{\text{ух}} = 127$ °С, КПД котла $\eta = 95$ %. Производительность котла равна 3950 т/ч.

Продольный разрез и схема пароводяного тракта парового котла изображены на рис. 2.29, 2.30.

Компоновка – однокорпусная П-образная. Котел имеет газоплотное экранирование топки и газоходов для работы под наддувом.

Топка прямоугольного сечения 10,4 x 31,3 м (по осям труб экранов) имеет аэродинамический выступ в верхней части задней стенки. В целях повышения надежности парового котла при конструировании его топочного устройства принят ряд мер, обеспечивающих умеренные значения тепловых потоков порядка 465...523 кВт/м². Так в топке размещено 48 горелок с небольшой единичной производительностью (5,5 т/ч). Принято трехъярусное расположение горелок на фронтальной и задней стенке топки исходя из того, чтобы тепловое напряжение сечения топки на один ярус не превышало 3,49 кВт/м². Среднее тепловое напряжение топочного объема также небольшое (238 кВт/м²), с этой целью предусмотрена рециркуляция газов. Дымовые газы вводятся через специальные сопла, расположенные на 1/3 ширины в середине газохода, со скоростью 50...60 м/с.

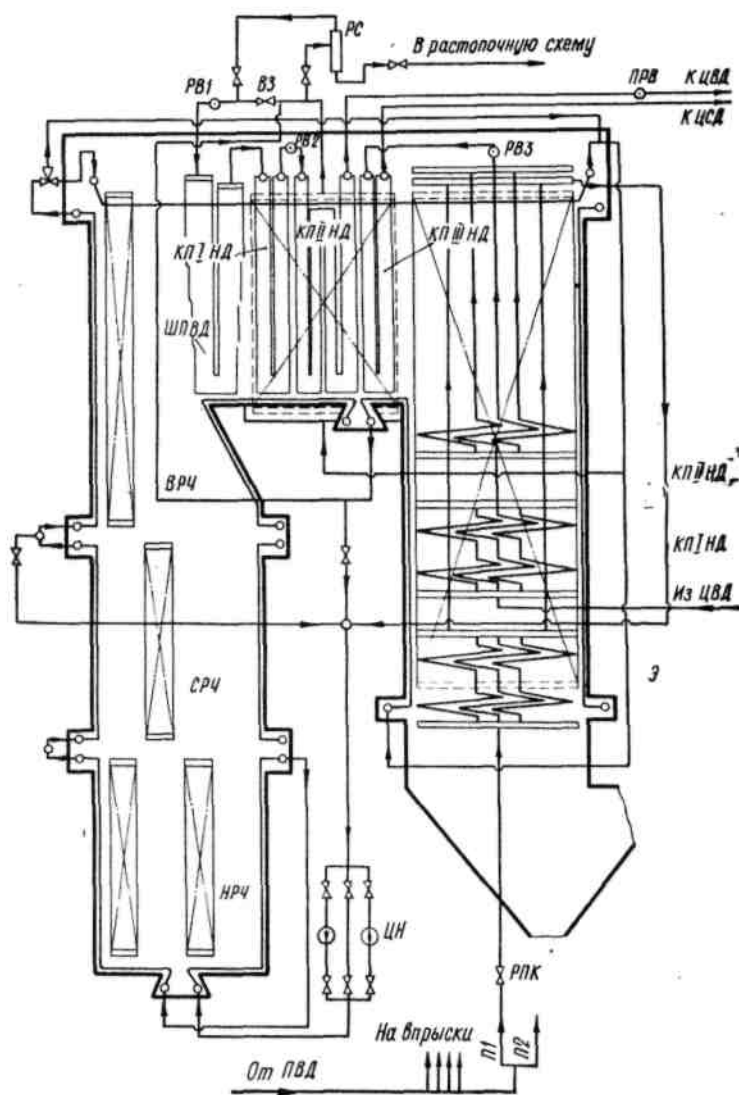


Рис. 2.29. Продольный разрез парового котла ТГМП-1204

Для обеспечения герметичности тракта все газоходы до зоны температур газов $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ экранированы. Экраны выполнены из труб диаметром 28 мм с вваренными вставками. Блок экрана состоит из 62 труб и имеет ширину по плавникам 2604 мм. На фронтальной и задней стенках установлено 12, а на боковой и потолочной стенках, по 4 таких блока. По высоте топки экраны имеют 2 горизонтальных разъёма, на выходе из топки в горизонтальном газоходе размещен перегреватель высокого давления, который состоит из ширм и двух конвективных пакетов, расположенных последовательно по ходу газового потока. Последней в горизонтальном газоходе является выходная, третья ступень промежуточного перегревателя. В конвективной шахте последовательно по ходу газов расположены: вторая и первая ступени вторичного перегревателя и экономайзер.

Паровой тракт агрегата до растопочного узла разделен на два потока. Каждый поток делится на два подпотока с самостоятельным регулированием температуры перегрева. По ходу воды в пяти точках за подвесными трубами: НРЧ, СРЧ, ВРЧ и ЭКШ в пределах потока производится полное перемешивание среды с помощью двух параллельных коллекторов диаметра 465 мм каждый, в которые вводятся перепускные трубы экранов. В промежуточном перегревателе также имеется четыре потока пара с самостоятельным регулированием температуры вторичного перегрева. Перед выходным пакетом в пределах каждого потока производится полное перемешивание пара и устанавливается впрыскивающий пароохладитель.

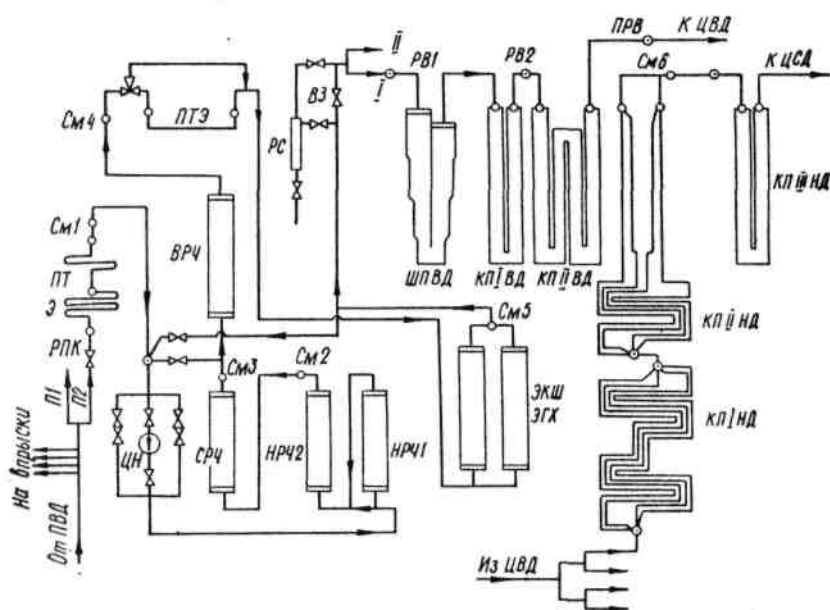


Рис. 2.30. Схема пароводяного тракта котла ТГМП-1204

Пароводяной тракт оборудован системой рециркуляции рабочей среды. Движение рабочей среды по пароводяному тракту происходит в следующем порядке: питательная вода поступает сначала в экономайзер, затем в систему подвесных труб, откуда подаётся в первый смеситель потока. Далее вода поступает в НРЧ, имеющую два хода. В первом ходе НРЧ1 в каждом потоке параллельно включены панели, размещенные в зоне максимальных тепловых потоков (одна панель на фронтальной либо задней стенке и две на боковых стенках). Через эти панели проходит 40 % воды, а остальное её количество через байпас поступает непосредственно в НРЧ2, здесь в каждом потоке параллельно включены 11 панелей экранов, установленных на фронтальной и задней стене, и по две панели, размещённые на боковых стенах. После НРЧ2 вода проходит второй смеситель и поступает в СРЧ, в которую в каждом потоке

включено параллельно по шесть панелей экранов, размещены они на боковых стенках. Затем вода проходит третий смеситель и поступает в ВРЧ с таким же включением панелей. После ВРЧ вода, пройдя третий смеситель, подается в потолочный экран, который забайпасирован и через него проходит только 36 % расхода среды. Далее вода проходит панели экранов конвективной шахты и боковых экранов горизонтального газохода и поступает в последний, пятый смеситель. За третьим и пятым смесителями вода отбирается на насосы рециркуляции.

После растопочного узла поток разделяется на два не перемешивающихся потока, и среда проходит последовательно ШПВД и два пакета КП I ВД и КП II ВД. Перед ширмами расположен первый впрыскивающий пароохладитель, между конвективными пакетами – второй. После выходного пакета установлен пусковой регулятор.

Тракт промежуточного перегревателя разделен на 4 несмешивающихся регулируемых потока. Промежуточный перегреватель состоит из трех конвективных пакетов, два из которых расположены в опускной шахте (КП I НД) и (КП II НД), а один КП III НД – в конце горизонтального газохода. Перед выходным пакетом в каждом потоке производится полное перемешивание рабочей среды. Регулирование температуры вторичного перегретого пара осуществляется рециркуляцией газов и впрыскивающими пароохладителями перед КП III НД.

Паровой котел оборудован тремя РВП диаметром 14,5 м. Температура подогретого воздуха равна 327 °С, а температура холодного воздуха – 50 °С.

Принципиальная схема парового котла ТПП-200 приведена в приложении 4 (рис. П4.15).

2.16. Паровой котел ТП-87

Барабанный паровой котел для блока 100 МВт ТП-87 [2] рассчитан на производительность 420 т/ч, давление 14 МПа и температуру перегретого пара 570 °С.

Агрегат имеет П-образную компоновку и предназначен для сжигания антрацита и тощих углей, но может работать и на природном газе. На рис. 2.31 изображен продольный разрез котла ТП-87. В нижней части призматической топки (рис. 2.31) выделена камера сгорания с помощью пережима, образованного выступами фронтального и заднего экранов. Слабонаклонный охлаждаемый под камеры сгорания образован трубами фронтального и заднего экранов. Трубы экранов камеры сгорания ошипованы и обмурованы. Верхняя часть камеры сужена для создания вторичной турбулизации газов и улучшения омывания конвективных

поверхностей нагрева в горизонтальном газоходе. Над выступом размещается вертикальный ширмовый пароперегреватель.

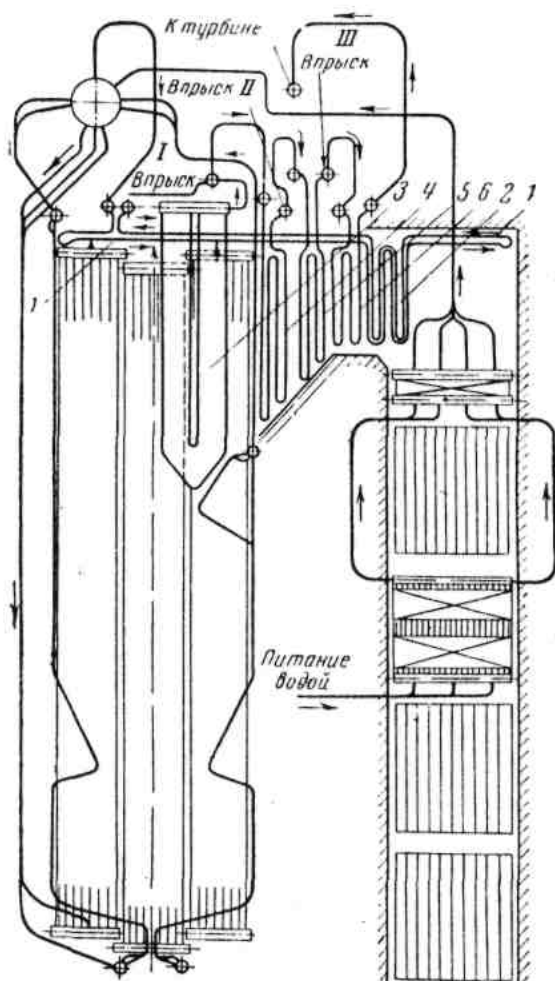


Рис. 2.31. Схема пароводяного тракта котла ТП-87:
1-ПТЭ, 2-КПВД, 3-ШПВД, 4- КП1ВД, 5-КП2ВД, 6- КП3ВД

На фронтальной и задней стенке камеры горения размещено встречно по 6 круглых горелок. Барабан сварной конструкции, внутренний диаметр равен 1,6 м, толщина стенки – 115 мм из стали 16ГНМА. Схема испарения двух или трех ступенчатая.

Схема движения пара показана на рис. 2.31. Насыщенный пар из барабана направляется в потолочный пароперегреватель, затем – в заднюю конвективную часть вертикального пароперегревателя, а оттуда – в ширмовые перегреватели.

После ширмовых пароперегревателей пар проходит первый впрыск, затем последовательно проходит 2, 3 и 4 степени КПП. Регулирование температуры перегретого пара осуществляется впрыском «соб-

ственного» конденсата в пароохладители, установленные в рассечке после 2 и 3 части КПП. Перебросы и перемешивание осуществляется трижды в местах расположения впрыскивающих пароохладителей.

В конвективной части расположен водяной экономайзер и двухступенчатый трубчатый воздухоподогреватель. Верхний пакет экономайзера, установленный в зоне небольшого разрежения и значительной температуры дымовых газов, имеет коллекторы, вынесенные за пределы шахты.

Змеевики нижних пакетов экономайзера опираются или подвешиваются к своим коллекторам, находящимся внутри шахты. Экономайзер и воздухоподогреватель скомпонованы в рассечку. Все поверхности нагрева в зоне высоких температур снабжены обдувочными аппаратами на паре с давлением 2,5...3 МПа. В конвективной шахте поверхности очищаются дробеструйными аппаратами.

Принципиальная схема парового котла ТП-87 приведена в приложении 4 (рис. П4.16).

2.17. Паровой котел ТП-100

Паровой котел ТП-100 [3] производительность равна 640 т/ч, давление первичного пара – 14 МПа, температура первичного и вторичного пара – 570 °С, предназначен для сжигания АШ при жидком шлакоудалении, а также природного газа.

На рис. 2.32 изображен продольный и поперечный разрез парового котла ТП-100.

Отличительная особенность парового котла – Т-образная компоновка. Топочная камера располагается в восходящей шахте, низкотемпературные конвективные поверхности – в двух вертикальных шахтах симметрично – слева и справа топочной камеры и связаны с ней горизонтальными газоходами, в которых расположены высокотемпературные конвективные поверхности нагрева.

Стены топочной камеры экранированы парообразующими панелями. По всей высоте топочная камера симметрично разделена двусветным экраном на две параллельно работающие топки. Двусветный экран выполнен из труб, сваренных между собой прутками – подкладками через каждые 6 м. Нижняя часть двусветного экрана разведена вилками и вместе с продолжением фронтального и заднего экранов образует скаты шлаковых ванн, в центре которых находятся летки для выпуска жидкого шлака. Трубы всех экранов от пода до уровня несколько выше горелок покрыты шипами с хромитовой набивкой. Каждая секция топки оборудована пылегазовыми горелками, установленными на боковых стенках в

два яруса. Над пылегазовыми горелками размещены четыре сбросных горелки. Выше сбросных горелок установлены четыре дополнительных газовых горелки для поддержания необходимой температуры пара при пониженных нагрузках.

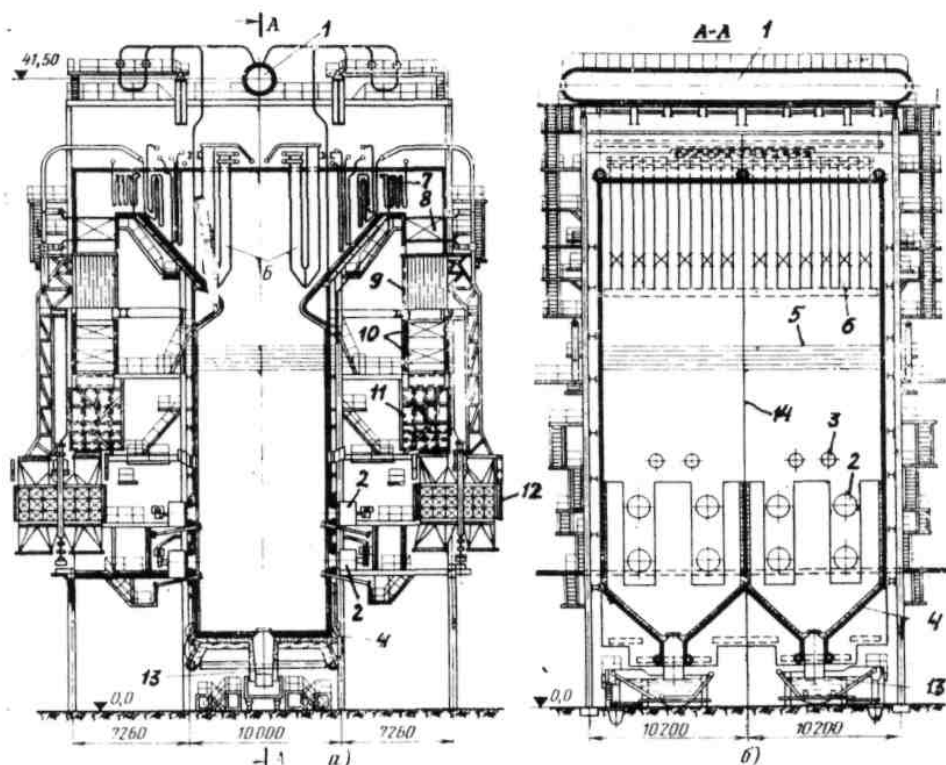


Рис. 2.32. Продольный и поперечный разрез котла ТП-100:

а – продольный разрез; б – поперечный разрез;

1–барaban; 2–пылеугольная горелка; 3–сброс запыленного воздуха;

4–под с леткой; 5–радиационная часть пароперегревателя; 6–ширма;

7–конвективная часть пароперегревателя; 8–регулирующая поверхность промежуточного пароперегревателя; 9–трубчатый воздухоподогреватель;

10–экономайзер; 11–газоход, в котором отделяется дробь;

12–регенеративный воздухоподогреватель; 13–водяная ванна и транспортер илакоудаления; 14–двухсветный экран

Вверху топки боковые экраны образуют пережим для перемешивания продуктов сгорания перед входом в газоходы. Боковые экраны поддерживаются вертикальной вставкой, присоединенной к трубам развилками и охлаждаемой небольшим протоком воды через отверстия диаметром 5 мм в месте присоединения к вилке. Вся экранная система подвешена к каркасу на собирающих камерах и пароотводящих трубах и свободно расширяется вниз. Особенностью агрегата является расположение барабана перпендикулярно фронту. Барабан с внутренним диаметром 1800 мм и толщиной стенки 112 мм изготовлен из стали 16ГНМА.

В горизонтальных газоходах последовательно по ходу продуктов сгорания расположены ширмовые перегреватели и конвективный пакет первичного перегрева, пакет промежуточного перегревателя и выходная конвективная ступень первичного перегревателя. Начальный первичный перегрев осуществляется в потолочном экране и радиационном перегревателе, расположенном в верхней части топки под пережимом на экранных трубах. В перегреватель промежуточного перегрева пар поступает из турбины под давлением 2,4...2,6 МПа и температуре 340 °С двумя потоками, каждый из которых в регулирующем байпасном клапане раздваивается и может быть частично направлен в дополнительную (регулирующую) поверхность промежуточного перегревателя и частично – с обводом ее непосредственно в конвективные пакеты. Изменением соотношения этих расходов достигают требуемого промежуточного перегрева пара.

Температура перегретого пара высокого давления регулируется впрыском собственного конденсата, для чего на потолочном перекрытии установлены два комплекта конденсаторов.

Водяной экономайзер расположен в опускной шахте вместе с коллекторами. В качестве второй (горячей ступени) воздухоподогревателя устанавливается ТВП, в качестве первой ступени – РВП.

Принципиальная схема парового котла ТП-100 приведена в приложении 4 (рис. П4.17).

2.18. Паровой котел ТГМ-94

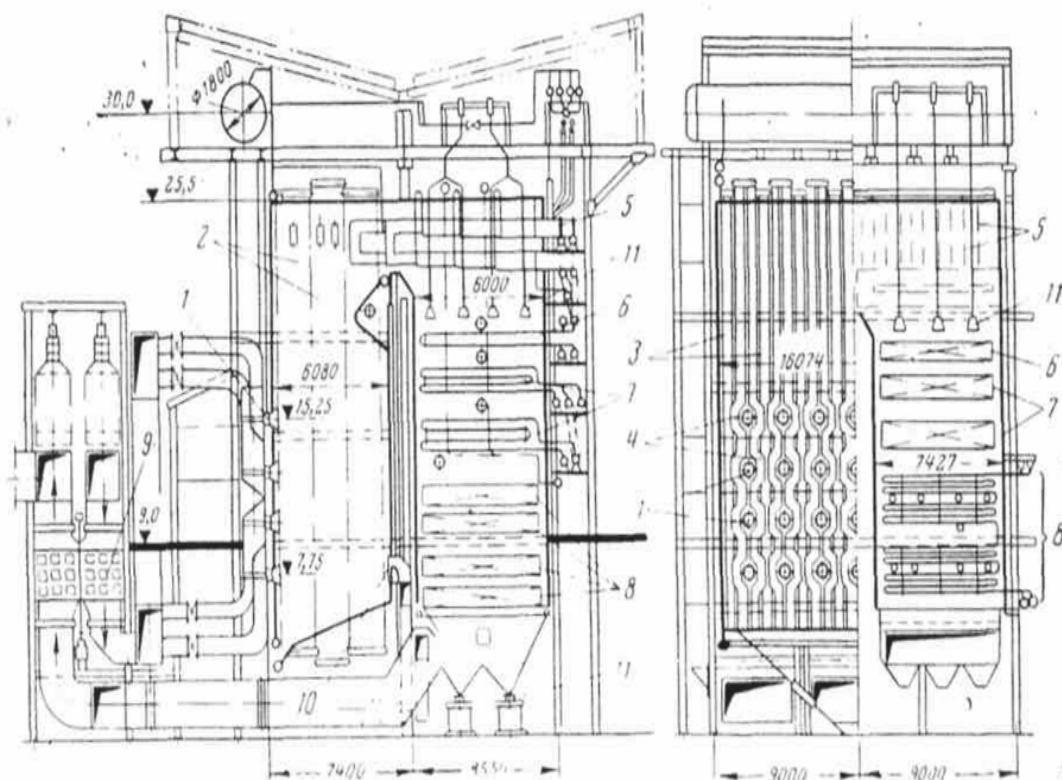
Паровой котел ТГМ-94 [2] для блока 150 МВт рассчитан на паропроизводительность 500 т/ч, давление 14 МПа, температуру первичного перегрева 570 °С, промперегрева 570 °С, горячего воздуха 286 °С. Топливо природный газ или мазут. Температура уходящих газов при работе на мазуте $t_{yx} = 141$ °С, а на газе $t_{yx} = 130$ °С. КПД котла, работающего на мазуте $\eta = 91,2$ %, а на газе $\eta = 91,4$ %. Котел имеет П-образную открытую компоновку.

На рис. 2.33, 2.34 изображены продольный и поперечный разрез котла и схема пароперегревателя котла ТГМ-94.

Фронтальная стена топки экранирована попеременно испарительными и перегревательными панелями, на стене размещается 7 панелей перегревателя с гнутыми трубами в обход горелок, а между горелками, испарительные панели из прямых труб.

На фронтальной стене установлены в 4 яруса 28 газомазутных горелок. На мазуте работают 3 верхних ряда, на газе – 3 нижних. С целью понижения избытка воздуха в топке предусмотрен индивидуальный подвод воздуха к каждой горелке.

Из барабана пар поступает во фронтальной экран 1 (рис. 2.33), затем направляется в потолочный перегреватель 2. В конвективной шахте трубки потолочного перегревателя делают поворот на 90° и экранируют заднюю стену поворотной камеры. После этого пар поступает в горизонтальный ширмовый перегреватель, который состоит из 20 горизонтальных ширм, скомпонованных в 2 пакета. Ширмы имеют разную длину: длинные 3 (до обреза выступа задней стены) и короткие 4 (до отводящих труб заднего экрана). Длинные и короткие ширмы расположены вперемежку. Это сделано с целью уменьшения температуры стенки выходных укороченных ширм.



*Рис. 2.33. Продольный и поперечный разрез котла ТГМ-94:
 1-горелка; 2-экраны, боковые панели; 3-экраны испарительные фронтальные;
 4-экраны фронтальные пароперегревательные; 5-ширмы горизонтальные
 пароперегревательные; 6-конвективный пароперегреватель; 7-два пакета
 конвективного промпароперегревателя; 8-экономайзер; 9-регенеративный
 воздухоподогреватель; 10-устройство для рециркуляции дымовых газов;
 11-дробоочистка в конвективной шахте*

Из ширм пар поступает в горизонтальный пакет конвективного перегревателя 5. Начиная с ширм, паровой тракт раздваивается на 2 потока с автономным регулированием. Регулирование температуры перегретого пара осуществляется двумя впрысками конденсата.

Промежуточный пароперегреватель состоит из 2-х частей и расположен за конвективным перегревателем высокого давления. Первая ступень на пару – противоточная, двухпетлевая из трехниточных змеевиков, вторая, прямоточная двухпетлевая, из двухниточных змеевиков. Для регулирования промперегрева предусмотрена рециркуляция дымовых газов в нижнюю часть топки. Для аварийного впрыска конденсата в рассечку промперегревателя предусмотрены насос и впрыскивающий пароохладитель в виде простого форсуночного распылителя.

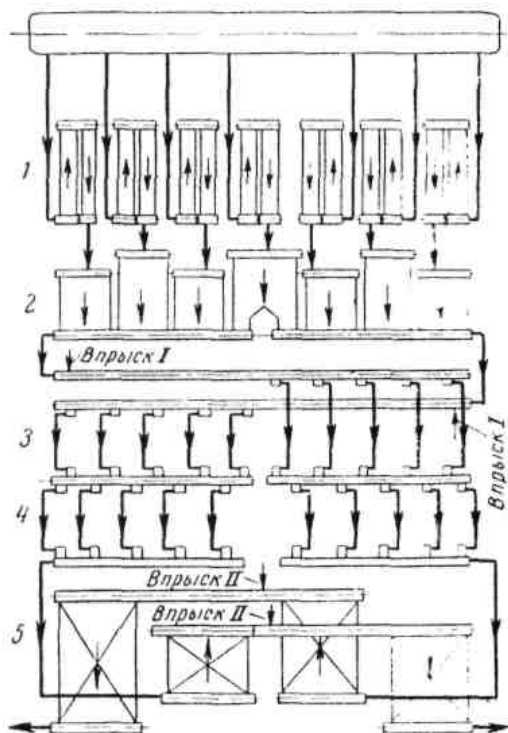


Рис. 2.34. Схема пароперегревателя котла ТГМ-94

Экономайзер состоит из трех последовательных ступеней: подвесных труб для конвективных пароперегревателей, настенных труб на боковых стенах поворотной камеры и конвективного пакета змеевиков.

Принципиальная схема парового котла ТГМ-94 приведена в приложении 4 (рис. П4.18).

2.19. Паровой котел ТП-101

Паровой котел ТП-101 [3] рассчитан на паропроизводительность 640 т/ч, давление первичного пара 14 МПа, температуру первичного перегрева 570 °С, промперегрева 570 °С и предназначен для работы в блоке с турбиной 200 МВт по схеме дубль-блока. Котел имеет N-образную компоновку.

Топливо – эстонские сланцы. Отличительная особенность парового котла – сильно развитые ширмовые поверхности нагрева с редким шагом, определяется особенностями сланцевой золы, вызывающей повышенное шлакование при температуре продуктов сгорания более 500 °С. В свободной компоновке ширм наружные загрязнения уменьшаются и облегчают их удаление.

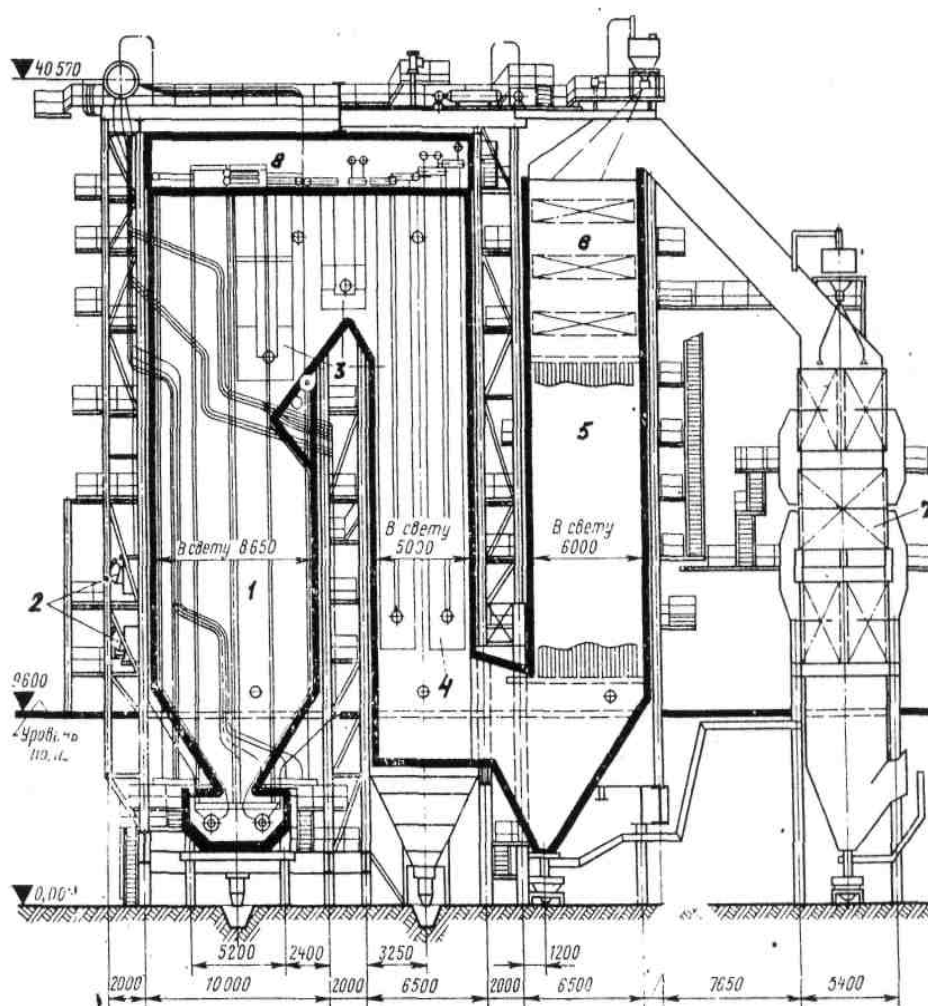


Рис. 2.35. Продольный разрез парового котла ТП-101:
 1-топочная камера; 2-горелка; 3-ШПВД; 4-ШПНД; 5-ширмовая часть водяного экономайзера; 6-конвективная часть водяного экономайзера; 7-ТВП; 8-шатер

Паровой котел с естественной циркуляцией и двумя одинаковыми корпусами с паропроизводительностью по 320 т/ч каждый. Корпус имеет четырехходовую компоновку. На рис. 2.35 представлен продольный разрез одного корпуса котла.

Первый подъемный газоход представляет собой топочную камеру призматической формы, работающую под разрежением. За топкой в горизонтальном газоходе расположены две ступени ширмового паропере-

гревателя. Далее по ходу газов следует опускающей газоход, в котором расположены U-образные ширмы первичного и промежуточного перегревателей. Последний подъемный газоход занят в нижней части экономайзером. При этом нижняя ступень экономайзера выполнена в виде разреженного коридорного пучка (ширм), а верхняя часть – в виде обычного шахматного пучка. В остальных газоходах находятся главным образом ширмовые поверхности перегревателей и экономайзера. Двухпоточный ТВП расположен во втором опускающем газоходе и вынесен за пределы главного здания.

Температура пара высокого давления регулируется в двух точках впрыском воды, поступающей из питательной линии. Для регулирования температуры пара промперегрева служат паропаровые теплообменники, в которых теплоотдача регулируется расходом пара на стороне высокого давления.

Для уменьшения присосов воздуха потолок парового котла перекрыт плотным шатром, который по периметру сварен со щитами обшивки котла. Обмуровка – щитовая, некаркасная с обшивкой газоходов металлическим листом.

Принципиальная схема парового котла ТП-101 приведена в приложении 4 (рис. П4.19).

2.20. Паровой котел ПК-33

Паровой котел ПК-33 [2] для блока 200 МВт рассчитан на производительность 640 т/ч, давление 14 МПа, перегрев 570 °С, промперегрев 570 °С, температуру горячего воздуха 286 °С. Топливо бурые угли челябинского или кушмурунского месторождений.

На рис. 2.36, 2.37 представлены продольный разрез и схема пароводяного тракта котла.

Топка имеет два двухсветных экрана, делящих ее на три самостоятельные камеры. Двухсветные экраны образованы продолжением настенных горизонтальных экранов топки. На фронтальной стене в три яруса расположены 18 щелевых поворотных горелок, на задней стене, такое же количество шлиц встречного дутья. Шлакоудаление гранулированное, осуществляется скребковыми транспортерами.

НРЧ является экономайзером и испарительной зоной и занимает холодную воронку и нижнюю призматическую часть топки с двухсветными экранами. СРЧ выполнена с двухсветными экранами. ВРЧ и экран потолка являются пакетами пароперегревателя.

Питательная вода после конвективного экономайзера направляется в раздаточные коллекторы подвесных труб, расположенных по сте-

нам топки, горизонтального газохода и поворотной камеры. На фронтальной и боковой стенах трубы имеют U-образную форму и вода в них совершает опускное и подъемное движение. В подвесных трубах задней стены и двухсветных экранах, несущих высокую тепловую нагрузку, осуществляется только подъемное движение воды для обеспечения гидродинамической надежности. После подвесных труб вода с недогревом направляется во входные камеры НРЧ.

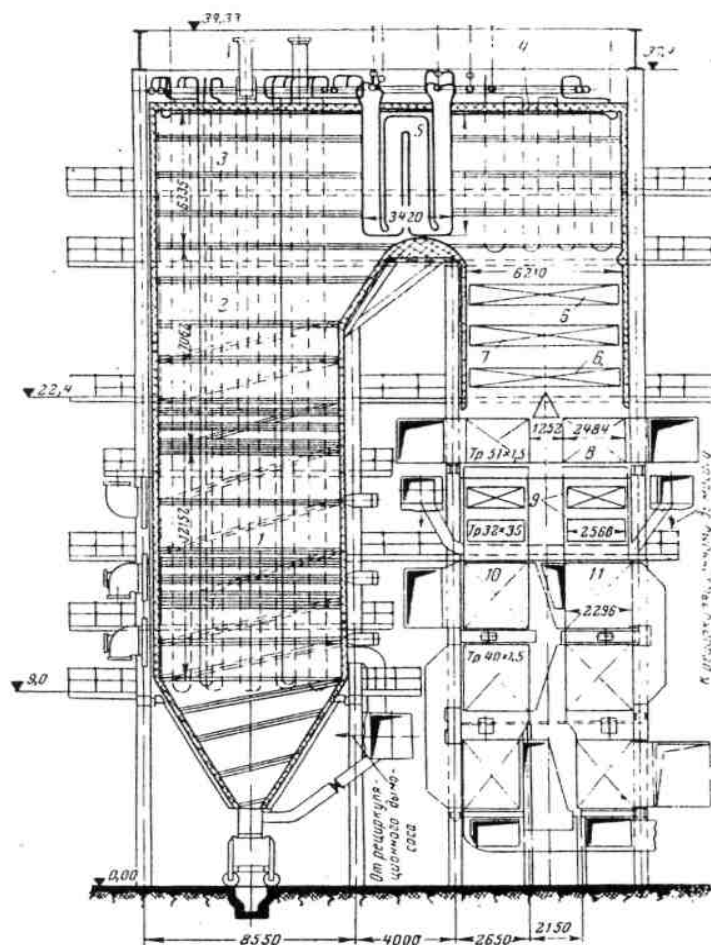


Рис. 2.36. Продольный разрез парового котла ПК-33:
 1-НРЧ; 2-СРЧ; 3-ВРЧ; 4-ПТЭ; 5-ШПВД; 6-КПНД;
 7-ПЗ; 8-ВП11; 9-Э; 10, 11-ВП1

Пароводяная смесь с паросодержанием 80...85 % из НРЧ направляется в переходную зону, где рабочей среде обеспечивается перегрев до 83 кДж/кг. Постоянство паросодержания за НРЧ поддерживается впрыском I (рис. 2.37). После переходной зоны пар промывается и увлажняется до 1% впрыском II, а затем проходит сепарационное устройство. Осушенный пар направляется в СРЧ, а затем в ВРЧ. Дальней-

ший перегрев пара осуществляется в потолочном экране и в двух ступенях ширмового перегревателя. Температура перегрева поддерживается впрыском перед ВРЧ и перед ширмами.

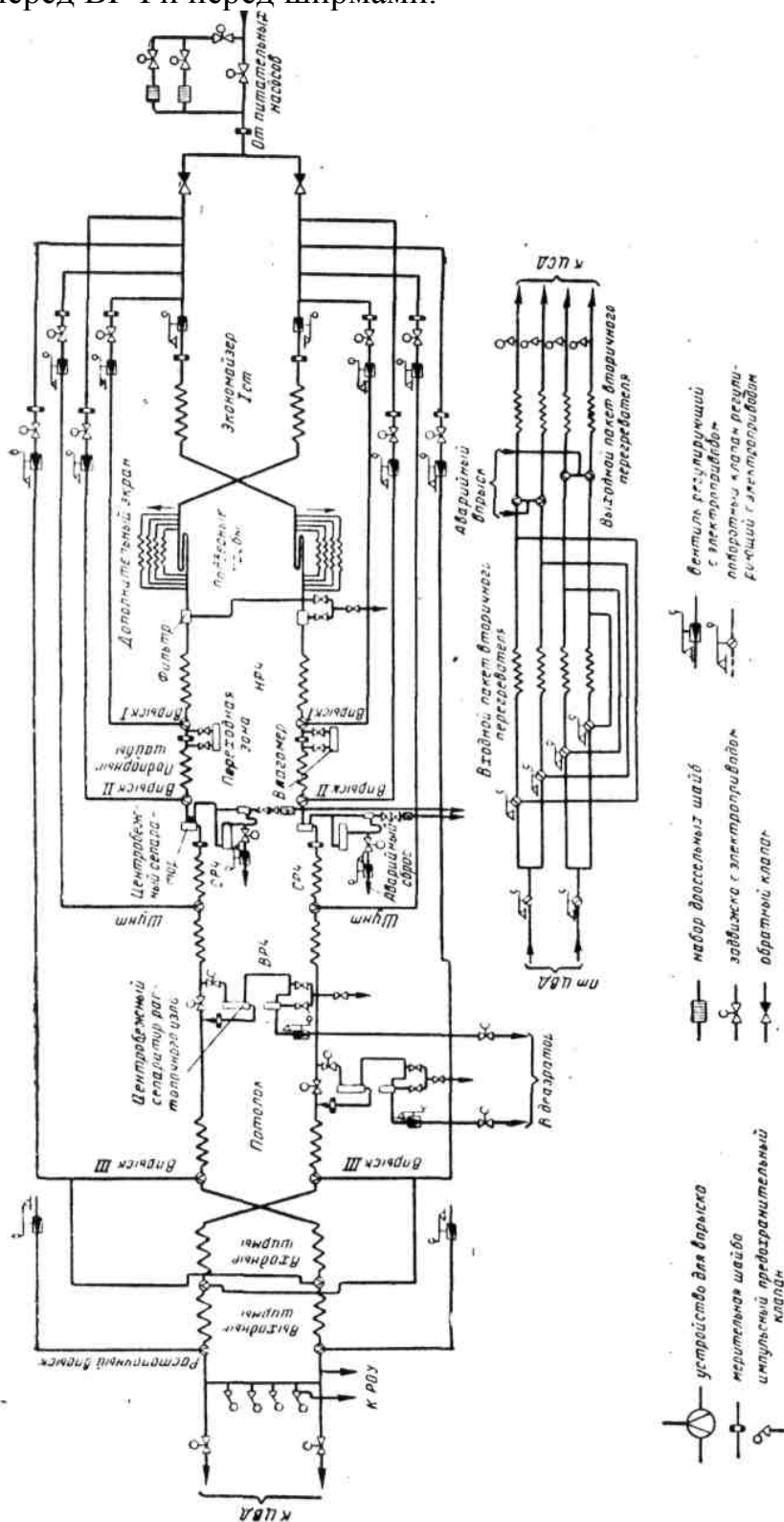


Рис. 2.37. Схема пароводяного тракта котла ПК-33

Регулирование промперегрева осуществляется байпасированием пара во входном конвективном пакете, расположенном в области дымовых газов с температурой меньше 600 °С и рециркуляцией газов вниз топочной камеры.

Как видно из схемы (рис. 2.37) тракт как первичного, так и вторичного пара состоит из двух параллельных несмешивающихся между собой контуров с независимым регулированием.

Принципиальная схема парового котла ПК-33 приведена в приложении 4 (рис. П4.20).

3. ТОПЛИВОПОДАЧИ

3.1. Система пылеприготовления

Паровые котлы, рассчитанные на сжигание твердого топлива, в основном оборудованы индивидуальными системами пылеприготовления с промежуточным бункером для пыли.

Индивидуальные системы пылеприготовления располагаются непосредственно у котла по 2-е и более на каждый агрегат и связаны с ним каналами подачи воздуха, дымовых газов и пыли.

На рис. 3.1 показана индивидуальная замкнутая система пылеприготовления с промежуточным бункером угольной пыли и подачей пыли в топку сушильно-транспортным агентом. Расположение оборудования и разводка технологических потоков показаны так, как их наиболее целесообразно расположить на чертеже. Условные обозначения и размеры оборудования изображены на рис. 3.1 согласно ГОСТ 21.403–80.

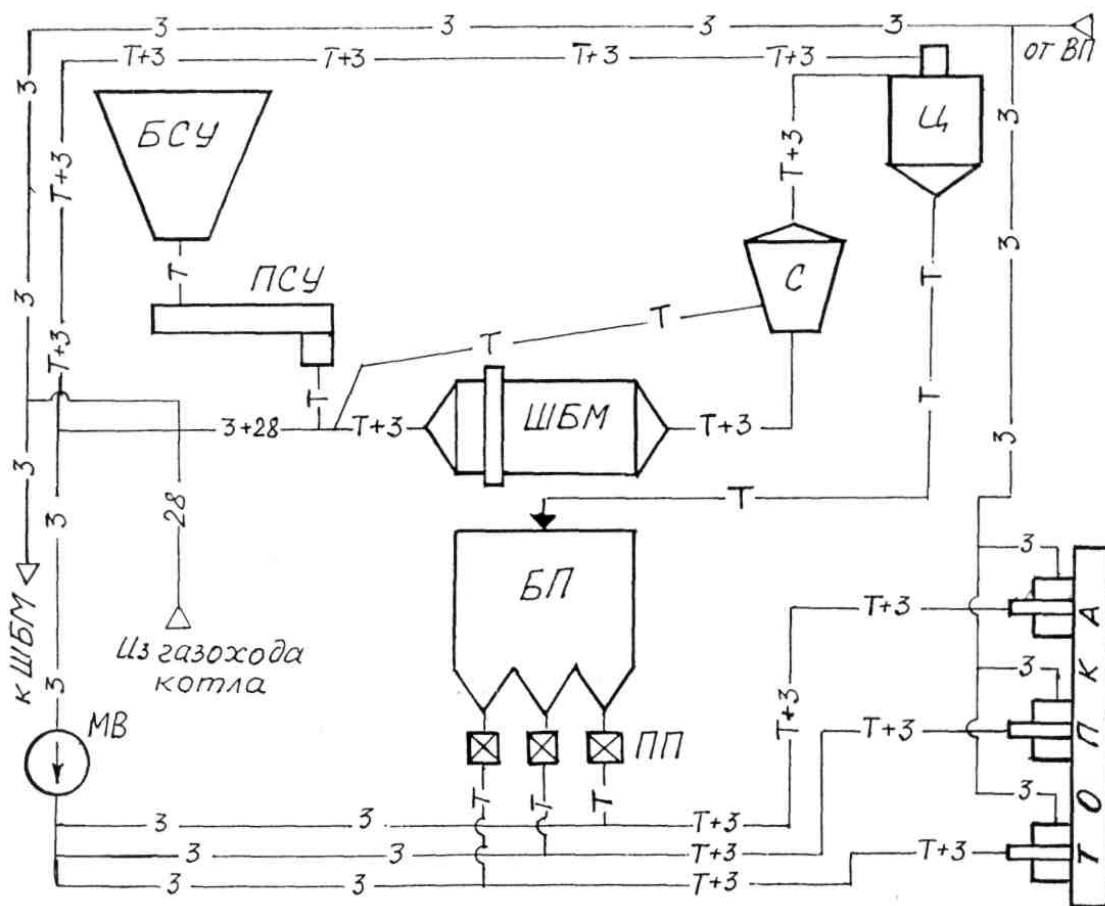


Рис. 3.1. Система пылеприготовления

Сырой дробленый уголь из бункера сырого угля (БСУ) питателем сырого угля (ПСУ) подается в мельницу (ШБМ, ММ), где размалывается до требуемой тонкости. Поток вентилирующего горячего воздуха, поступающего из воздухоподогревателя (ВП) котла, часто с топочными газами, выносит угольную пыль в сепаратор (С), в котором идет отделение готовой пыли. Готовая угольная пыль потоком воздуха уносится в циклон (Ц), а грубые недомолотые фракции снова подаются на вход мельницы. В циклоне угольная пыль закручивается тангенциальным потоком и направляется в бункер пыли (БП). Сушильный транспортный агент отсасывается по оси циклона через верхний патрубок и вместе с самой тонкой пылью, оставшейся в воздухе в количестве 10...15 %, поступает в мельничный вентилятор (МВ) и затем направляется в первичный коллектор для транспортировки пыли к рабочим горелкам. Для распределения угольной пыли по нескольким горелкам служат питатели пыли (ПП).

3.2. Подготовка газа к сжиганию

Подготовка природного газа к сжиганию на ТЭС состоит в очистке его от твердых механических примесей и поддержании постоянного давления перед горелочными устройствами, путем дросселирования поступающего из магистрали газа. На рис. 3.2 показана схема снабжения природным горючим газом парового котла.

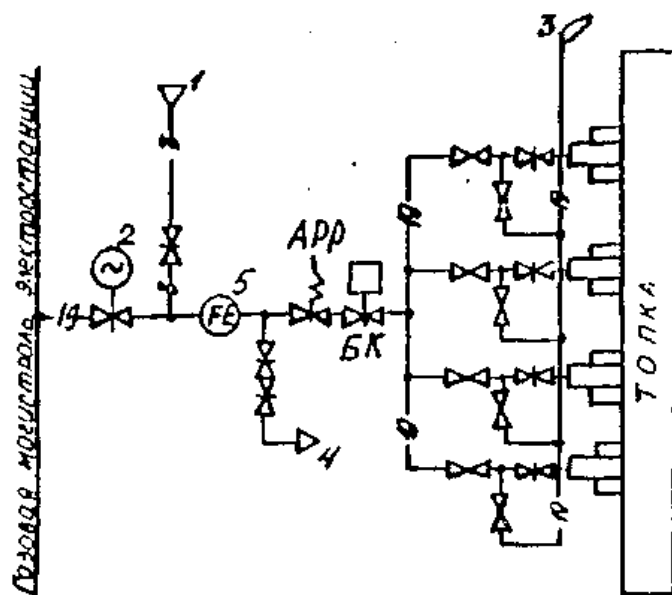


Рис. 3.2. Схема снабжения газом парового котла:
 1 – воздух для продувки; 2 – регулирующий клапан;
 3 – свеча; 4 – газ к запальнику; 5 – расходомер

На газораспределительном пункте для очистки газа от механических примесей устанавливаются грубые и тонкие фильтры, а для предупреждения аварийного роста давления устанавливаются предохранительные клапаны (на рис. 3.2 не показаны).

На газопроводе каждого котла установлены автоматический регулятор расхода газа (АРР) и быстродействующий клапан (БК). Регулятор поддерживает необходимую тепловую мощность котла, клапан отключает подачу газа в топку при аварийной ситуации (обрыв факела, остановка дымососа или вентилятора и т. п.). Измерение расхода газа производится до автоматического регулятора расхода газа с помощью расходомера 5.

3.3. Подготовка мазута к сжиганию

Мазут в топочную камеру поступает в распыленном состоянии. Различают механическое и паровое распыливание, которое осуществляется с помощью форсунок различной конструкции.

На рис. 3.3 представлена технологическая схема подготовки к сжиганию мазута от сливного резервуара до форсунок с механическим распыливанием его в топку котла.

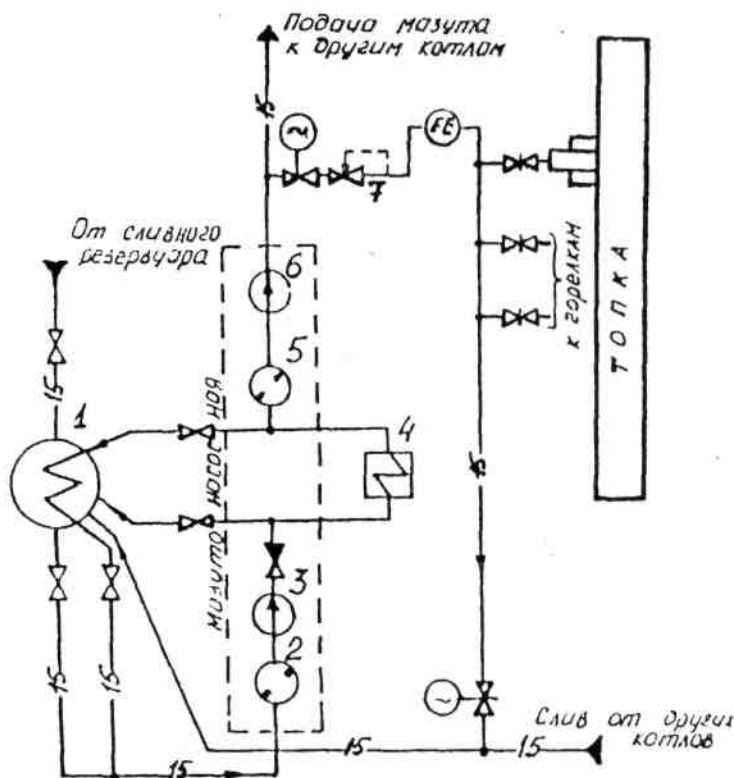


Рис. 3.3. Схема снабжения мазутом паровых котлов

При подготовке мазута к сжиганию осуществляется несколько операций: обезвоживание путем подогрева всего мазута в баке 1; отстаивание, дренаж и испарение влаги; удаление посторонних твердых включений пропуском мазута через грубые 2, а затем – тонкие 5 механические фильтры; подогрев мазута паром в подогревателе 4 для уменьшения вязкости до необходимого уровня; компрессия мазута до значения давления, необходимого для его распыления.

Обычно применяют 2-х ступенчатую схему подачи мазута: в первой ступени подача осуществляется при давлении около 1 МПа с помощью насоса низкого давления 3, во второй ступени насосы высокого давления 6 создают давление 3,5...4,5 МПа, при котором происходит распыл мазута в форсунках. Постоянное давление в мазутопроводе каждого котла поддерживается автоматически регулятором давления «после себя» 7. Измерение расхода мазута на котел производится после регулятора давления 7 с помощью расходомера переменного перепада давления.

Список сокращений

| | |
|--|--|
| АРВ – аварийный регулятор впрыскивающий; | ПУ – пылеуловитель; |
| БП – бункер пыли; | Р – разрежение; |
| БСУ – бункер сырого угля; | РВ – регулятор впрыскивающий; |
| БЭ – боковой экран; | РВП – регенеративный воздухоподогреватель; |
| ВЗ – встроенная задвижка; | РП – регулирующий пакет; |
| ВП – воздухоподогреватель; | РПК – регулирующий питательный клапан; |
| ВРЧ – верхняя радиационная часть; | РС – растопочный сепаратор; |
| ВТИ – Всесоюзный теплотехнический институт; | С – сепаратор; |
| ГПЗ – главная парозапорная задвижка; | СКД – сверхкритическое давление; |
| ГПШТО – газопаропаровой теплообменник; | СМ – смеситель; |
| ДВ – дутьевой вентилятор; | СРЧ – средняя радиационная часть; |
| ДС – дымосос; | ТВП – трубчатый воздухоподогреватель; |
| ЗБТ – зона большой теплоемкости; | ТКЗ – Таганрогский котлостроительный завод; |
| ЗУ – золоуловитель; | ФБЭ – фестон бокового экрана; |
| ЗЭ – задний экран; | ФЭ – фронтальной экран; |
| КПВД – конвективный перегреватель высокого давления; | Ц – циклон; |
| К – калорифер; | ЦВД – цилиндр высокого давления; |
| КПНД – конвективный перегреватель низкого давления; | ЦН – циркуляционный насос; |
| МВ – мельничный вентилятор; | ЦСД – цилиндр среднего давления; |
| ММ – молотковая мельница; | ЦКТИ – Центральный котлотурбинный институт; |
| Н – наддув; | ШБМ – шаровая барабанная мельница; |
| НРЧ – нижняя радиационная часть; | ШПВД – ширмовый перегреватель высокого давления; |
| ПВД – подогреватель высокого давления; | ШПНД – ширмовый перегреватель низкого давления; |
| ПЗ – переходная зона; | Э – экономайзер; |
| ПМЗ – Подольский машиностроительный завод; | ЭГХ – экран горизонтального газохода; |
| ПШТО – паропаровой теплообменник; | ЭПК – экран поворотной камеры; |
| ПРВ – пусковой регулятор впрыскивающий; | ЭКШ – экран конвективной шахты; |
| ПСУ – питатель сырого угля; | ЭХВ – экран холодной воронки. |
| ПТЭ – потолочный экран; | |
| ПТ – подвесные трубы; | |
| ПЭ – подовый экран; | |

Основные технические характеристики паровых котлов

| № п/п | Заводская маркировка | Паропроизводительность, т/ч | Топливо | Параметры пара | | | Параметры питательной воды | | Газовый тракт | Воздухогреватель | Система подачи топлива | Полоков по пару |
|-------|----------------------|-----------------------------|--------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|------------------------|-----------------|
| | | | | Давление, МПа | Температура, °С | свежего втор. | Р _{вп} | Р _{пв} , МПа | | | | |
| | | | | свежего Р _{сп} | втор. Р _{вп} | t _{сп} | t _{вп} | t _{пв} , °С | t _{гх} , °С | | | |
| 1 | ТПП-110 | 950 | АШ, газ | 25 | 3,50 | 585 | 570 | 260 | 122, Р | 4РВП | ШБМ | 4 |
| 2 | ТПП-210 | 950 | АШ, уголь | 25 | 3,50 | 565 | 570 | 260 | 116, Р | 4РВП | ШБМ | 4 |
| 3 | ПК-39 | 950 | Экиб. уголь | 25 | 3,90 | 565 | 570 | 265 | 135, Р | 4РВП | ММ | 4 |
| 4 | ПК-41 | 950 | Мазут, газ | 25 | 3,90 | 565 | 570 | 265 | 144, Р | 4РВП | – | 4 |
| 5 | ТГМП-114 | 950 | Мазут, газ | 25 | 3,50 | 565 | 570 | 260 | 160, Р | 4РВП | – | 4 |
| 6 | П-50 | 950 | Дон. уголь | 25 | 3,90 | 565 | 570 | 265 | 117, Р | 4РВП | ШБМ | 4 |
| 7 | ТПП-312 | 950 | ГСШ | 25 | 3,80 | 565 | 570 | 260 | 136, Р | 2РВП | ШБМ | 2 |
| 8 | ТГМП-314 | 1000 | Мазут, газ | 25 | 3,60 | 545 | 545 | 265 | 144, Р | 2РВП | – | 2 |
| 9 | ТГМП-324 | 950 | Мазут, газ | 25 | 3,90 | 565 | 570 | 265 | 119, Н | 2РВП | – | 2 |
| 10 | П-59 | 950 | Подмоск.б.у. | 25 | 3,90 | 565 | 570 | 260 | 150, Р | 4РВП | ММ | 2 |
| 11 | П-57 | 1650 | Экиб. уголь | 25 | 3,95 | 545 | 545 | 277 | 131, Р | 4РВП | ММ | 2 |
| 12 | ТПП-200 | 2500 | АШ, газ | 25 | 3,64 | 565 | 570 | 271 | 125, Р | 5РВП | ШБМ | 4 |
| 13 | ТГМП-204 | 2650 | Мазут, газ | 25 | 3,60 | 545 | 545 | 273 | 127, Н | 4РВП | – | 2 |
| 14 | П-67 | 2650 | Канск. уголь | 25 | 3,44 | 545 | 545 | 275 | 160, Р | ТВП | ММ | 2 |
| 15 | ТГМП-1204 | 3950 | Мазут, газ | 25 | 3,60 | 545 | 545 | 274 | 127, Н | 3РВП | – | 4 |
| 16 | ТП-87 | 420 | АШ, газ | 14 | – | 570 | – | 230 | 130, Р | ТВП | ШБМ | 4 |
| 17 | ТП-100 | 640 | АШ, газ | 14 | 2,16 | 570 | 570 | 230 | 128, Р | 2РВП | ШБМ | 2 |
| 18 | ТГМ-94 | 500 | Мазут, газ | 14 | 2,15 | 570 | 570 | 230 | 141, Р | 3РВП | – | 2 |
| 19 | ТП-101 | 640 | Эст. сланцы | 14 | 2,42 | 540 | 540 | 240 | 178, Р | ТВП | ММ | 2 |
| 20 | ПК-33 | 640 | Челяб.б.у. | 14 | 2,42 | 570 | 570 | 242 | 139, Р | ТВП | ММ | 2 |

Значения контролируемых параметров паровых котлов

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|
| Наименование | Ед. изм | ТШП-110 | ПК-39 | ПК-41 | ТШП-312 | ТГМП-324 | ТГМП-314 | ТШП-200 | П-57 | ТГМП-204 | ТП -101 | ТГМ-94 | ТП-100 |
| 1 | шт. | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Число корпусов | шт. | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Производительность | т/ч | 2х475 | 2х475 | 2х475 | 950 | 950 | 1000 | 2х1250 | 1650 | 2650 | 2х320 | 500 | 640 |
| Количество горелок | шт. | 24 | 12 | 16 | 16 | 16 | 16 | 26 | 24 | 36 | 16 | 28 | 16 |
| | | 32 | 12 | 12 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 48 | 18 | 18 | 12 |
| Диаметр (D _н x S) и материал трубопроводов (марка стали) | | | | | | | | | | | | | |
| свежего пара | мм | 245х45 | 245х45 | 245х45 | 325х60 | 325х60 | 325х60 | 377х60 | 377х60 | 465х75 | 219х25 | 273х32 | 273х32 |
| питательной воды | мм | 15Х1М1Ф | 15Х1М1Ф | 15Х1М1Ф | 15ХШ1Ф | 15ХШ1Ф | 15Х1М1Ф | 15Х1М1Ф | 15Х1М1Ф | 15Х1М1Ф | 12Х1МФ | 12Х1МФ | 12Х1МФ |
| | | 194х26 | 194х26 | 194х26 | 273х36 | 273х36 | 273х36 | 273х36 | 325х42 | 377х50 | 219х19 | 273х24 | 325х28 |
| | | 15ГС | 15ГС | 15ГС | 15ГС | 15ГС | 15ГС | 15ГС | 15ГС | 15ГС | 15ГС | 15ГС | 15ГС |
| Параметры паровых котлов и топливоподач | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Температура питательной воды | °С | 260 | 265 | 265 | 260 | 265 | 265 | 271 | 277 | 273 | 240 | 230 | 230 |
| | | | | | | | | | 275 | 274 | | 242 | 242 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--|-----|------------|-------|------------|------------|-----|-----|------|--------------|---------------|------|--------------|------------|
| 2. Температура пара перед ВЗ | °С | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 | 440 |
| 3. Температура металла коллекторов | °С | 575 555 | 555 | 555 | 555 | 555 | 535 | 555 | 535 | 535 | 530 | 560 | 560 |
| 4. Температура свежего пара | °С | 585 565 | 565 | 565 | 565 | 565 | 545 | 565 | 545 | 545 | 540 | 570 | 570 |
| 5. Температура вторичного пара | °С | 570 | 570 | 570 | 570 | 570 | 545 | 570 | 545 | 545 | 540 | 570 | 570 |
| 6. Давление питательной воды в магистрали | МПа | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 16 | 16 | 16 |
| 7. Давление пара до ВЗ | МПа | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 15 | 15 | 15 |
| 8. Давление свежего пара | МПа | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 14 | 14 | 14 |
| 9. Давление вторичного пара | МПа | 3,5 | 3,9 | 3,9 3,5 | 3,8 3,9 | 3,9 | 3,6 | 3,64 | 3,95 3,44 | 3,6 | 2,42 | 2,15 2,42 | 2,16 |
| 10. Расход питательной воды по каждому тракту | т/ч | 254 | 254 | 254 | 508 | 508 | 535 | 670 | 900 1420 | 1420 2115 | 352 | 552 706 | 706 464 |
| 11. Расход свежего пара по каждому паропроводу | т/ч | 237,5 | 237,5 | 237,5 | 475 | 475 | 500 | 625 | 825 1325 | 1325 987,5 | 160 | 250 320 | 320 210 |
| 12. Температура воздуха перед ДВ | °С | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |

Продолжение прил. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--|-----|------------|------------|-------------|--------------------|------|------|---------|-------------|-------------|-----|------------|------------|
| 13. Температура воздуха перед ВП | °С | 30 | 45 30 | 30 70 | 30 | 52 | 52 | 71/30 | 50 | 50 | 50 | 30 | 30 |
| 14. Температура воздуха за ВП | °С | 350 351 | 312 350 | 322 331 | 287/370 285/436 | 346 | 346 | 195/387 | 340 361 | 336 327 | 295 | 250 409 | 403 |
| 15. Давление воздуха за ДВ | кПа | | 3,3 | 3,3 | | 7 | | 3,3 | | 7 | | 3,3 | |
| 16. Давление воздуха перед ВП | кПа | | 3,3 | 3,3 | | 6,8 | | 3,3 | | 6,8 | | 3,3 | |
| 17. Давление воздуха за ВП | кПа | | 2,3 | 2,3 | | 5,8 | | 2,3 | | 5,8 | | 2,3 | |
| 18. Давление перед горелками по вторичному воздуху | кПа | | 2,2 | 2,2 | | 5,7 | | 2,2 | | 5,7 | | 2,2 | |
| 19. Температура газов в поворотной камере | °С | 851 833 | 910 865 | 981 1025 | 913 988 | 1054 | 1018 | 1025 | 993 1032 | 982 1057 | 900 | 950 | 1050 |
| 20. Температура газов перед ВП | °С | 384 387 | 348 388 | 391 385 | 393 385 | 386 | 385 | 461/325 | 385 379 | 388 380 | 349 | 400 404 | 517 540 |
| 21. Температура газов за ВП | °С | 122 116 | 135 117 | 144 160 | 136 150 | 119 | 144 | 117/125 | 131 160 | 127 | 178 | 141 139 | 128 130 |
| 22. Температура подшипников ДС и ДВ | °С | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение прил. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--|-----|--------------|--------|--------------|---|--------------|--------------|--------|----|--------------|----|------|----|
| 23. Разрежение или давление вверху топки | кПа | | -0,3 | | | 3,3 | | -0,3 | | 3,3 | | -0,3 | |
| 24. Разрежение за 1-ой конвективной ступенью пароперегревателя | кПа | | -1,5 | | | 2,2 | | -1,5 | | 2,2 | | -1,5 | |
| 25. Разрежение перед РВП или последней ступенью ТВП | кПа | | -2,3 | | | 1,5 | | -2,3 | | 1,5 | | -2,3 | |
| 26. Разрежение за ВП | кПа | | -3,9 | | | -0,3 | | -3,9 | | -0,3 | | -3,9 | |
| 27. Содержание O ₂ в дымовых газах | % | От 5,4 до 10 | | | | | | | | | | | |
| 28. Разрежение перед ДС | кПа | | -4 | | | -0,7 | | -4 | | -0,7 | | -4 | |
| 29. Давление мазута (газа) до регулирующего клапана | МПа | (1) | (1) | 4(1) | - | 4(1) | 4(1) | (1) | - | 4(1) | - | 4 | - |
| 30. Давление мазута (газа) после регулирующего клапана | МПа | (0,4) | (0,4) | 3,5 (0,4) | - | 3,5 (0,4) | 3,5 (0,4) | (0,4) | - | 3,5 (0,4) | - | 3,5 | - |
| 31. Давление мазута (газа) перед каждой горелкой | МПа | (0,25) | (0,25) | 3 (0,25) | - | 3 (0,25) | 3 (0,25) | (0,25) | - | 3 (0,25) | - | 3,0 | - |

Окончание прил. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|-----|---------|----------------|------------|--------------|-------|------|-------|---------|--------------|------|----------|--------------|
| 32. Расход топлива | т/ч | 120 116 | 156,6 100,8 | 71,7 72 | 136 256,6 | 67,48 | 71,2 | 271,4 | 312 240 | 184 274,5 | 242 | 41,6 125 | 84,4 51,6 |
| 33. Температура мазута | °C | - | - | 140 | - | 140 | 140 | - | - | 140 | - | 100 | - |
| 34. Температура пыле-газовоздушной смеси | °C | 100 | 100 | - | 100 | - | - | 100 | 100 | - | 100 | 100 | 100 |
| 35. Температура пыли в бункере | °C | 80 | 80 | - | 80 | - | - | 80 | 80 | - | 80 | 80 | 80 |
| 36. Температура пыле-газовоздушной смеси в пылепроводах перед горелками | °C | 70 | 70 | - | 70 | - | - | 70 | 70 | - | 70 | 70 | 70 |
| 37. Уровень пыли в бункере | м | 6 | 6 | - | 6 | - | - | 6 | 6 | - | 6 | 6 | 6 |
| 38. Давление в барабане | МПа | | | | | | | | | | 15,5 | 15,5 | 15,5 |
| 39. Уровень воды в барабане | мм | | | | | | | | | | ±315 | ±200 | ±315 |

Принципиальные схемы паровых котлов

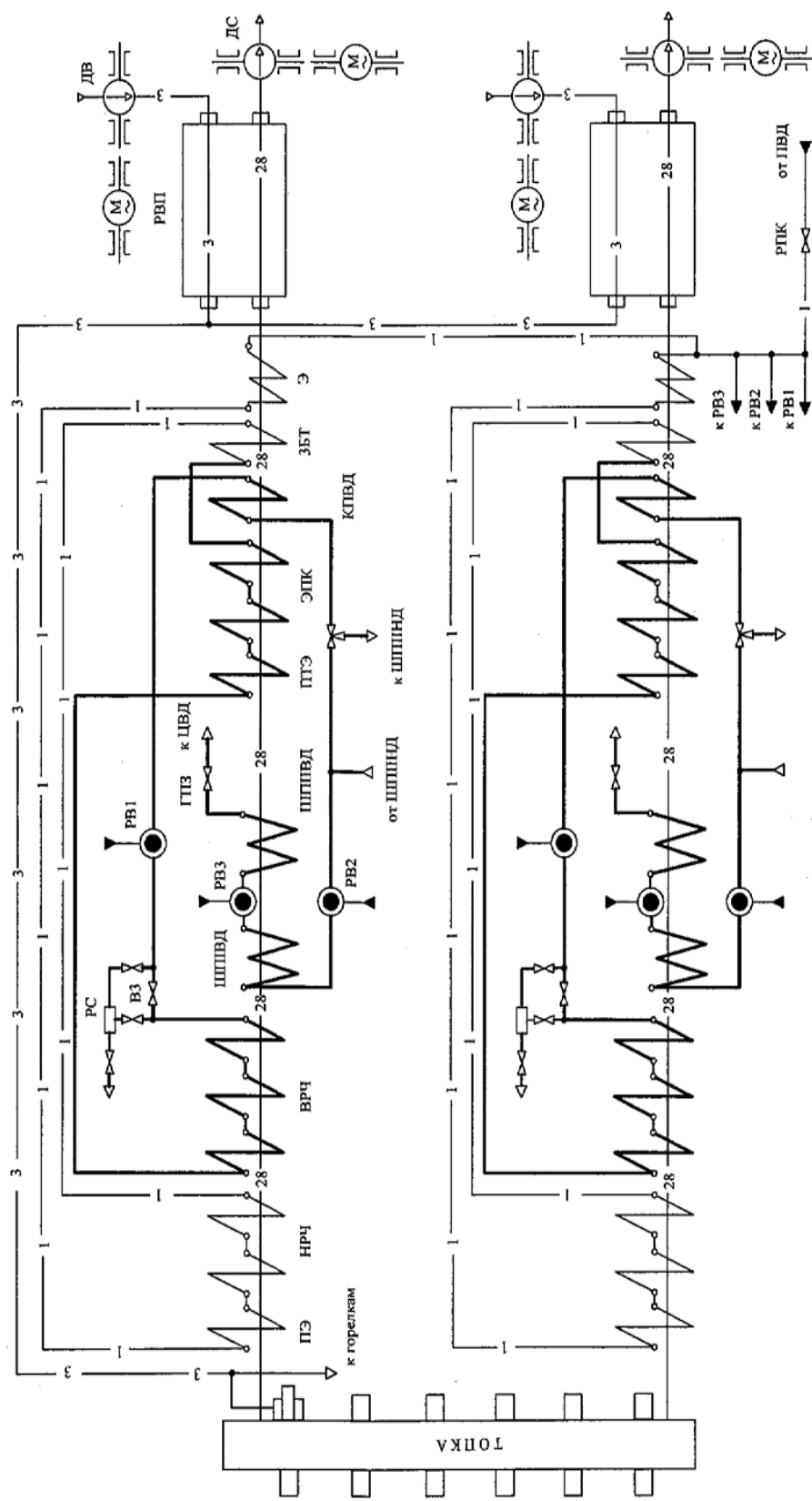


Рис. П4.1. Принципиальная схема парового котла ТПП-110

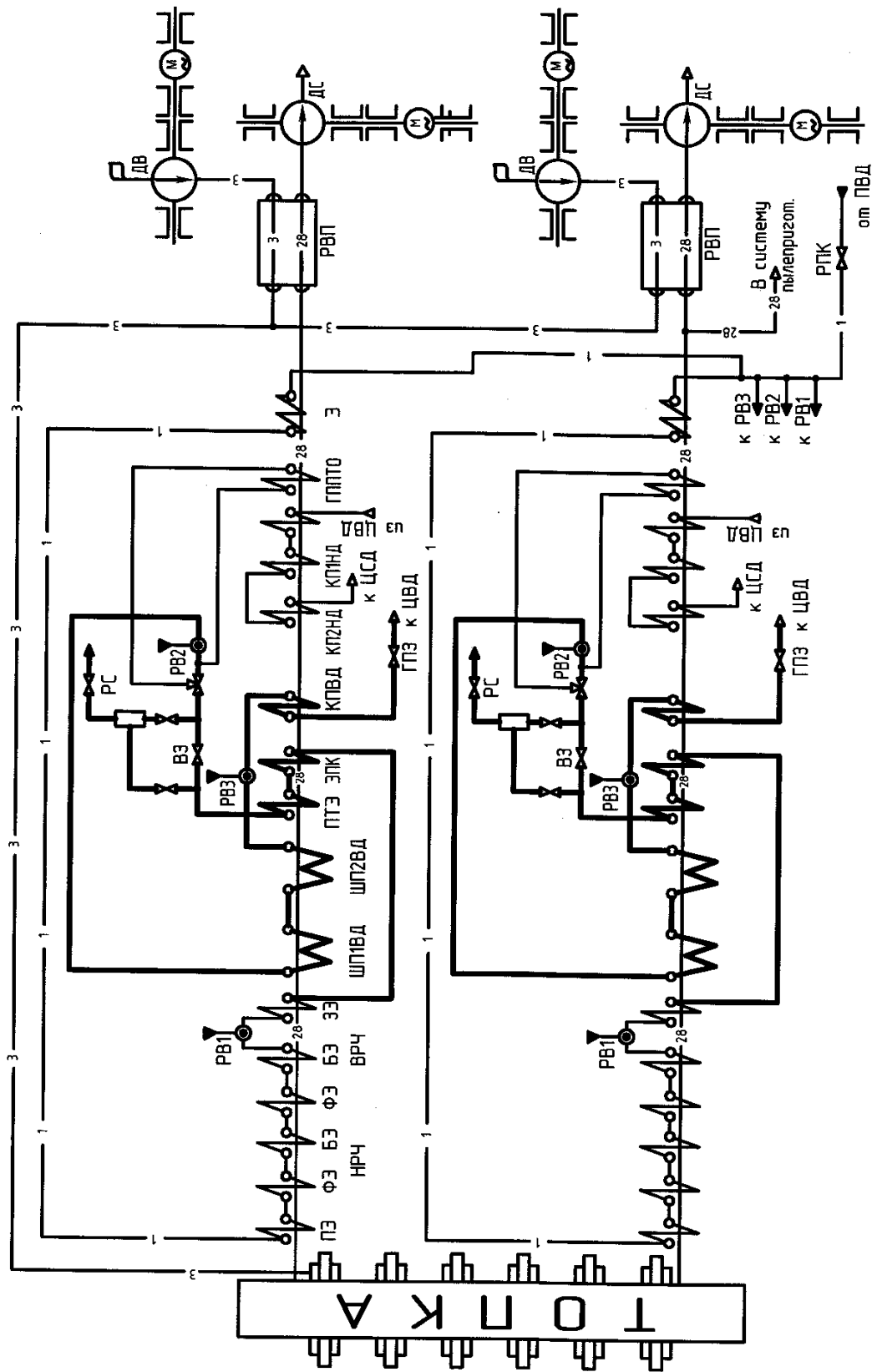


Рис. П4.2. Принципиальная схема парового котла ТПП-210

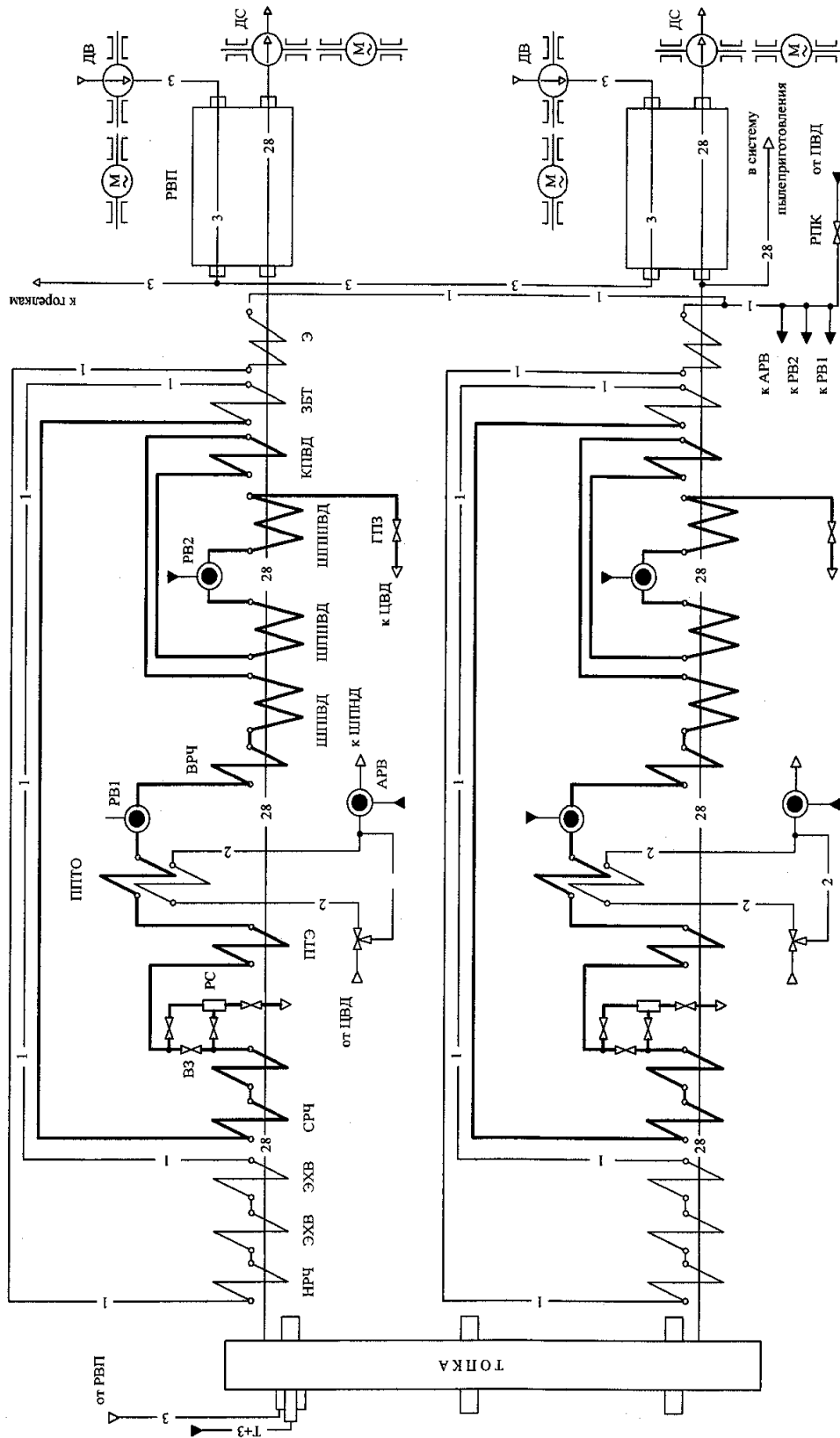


Рис. П4.3. Принципиальная схема парового котла ПК-39

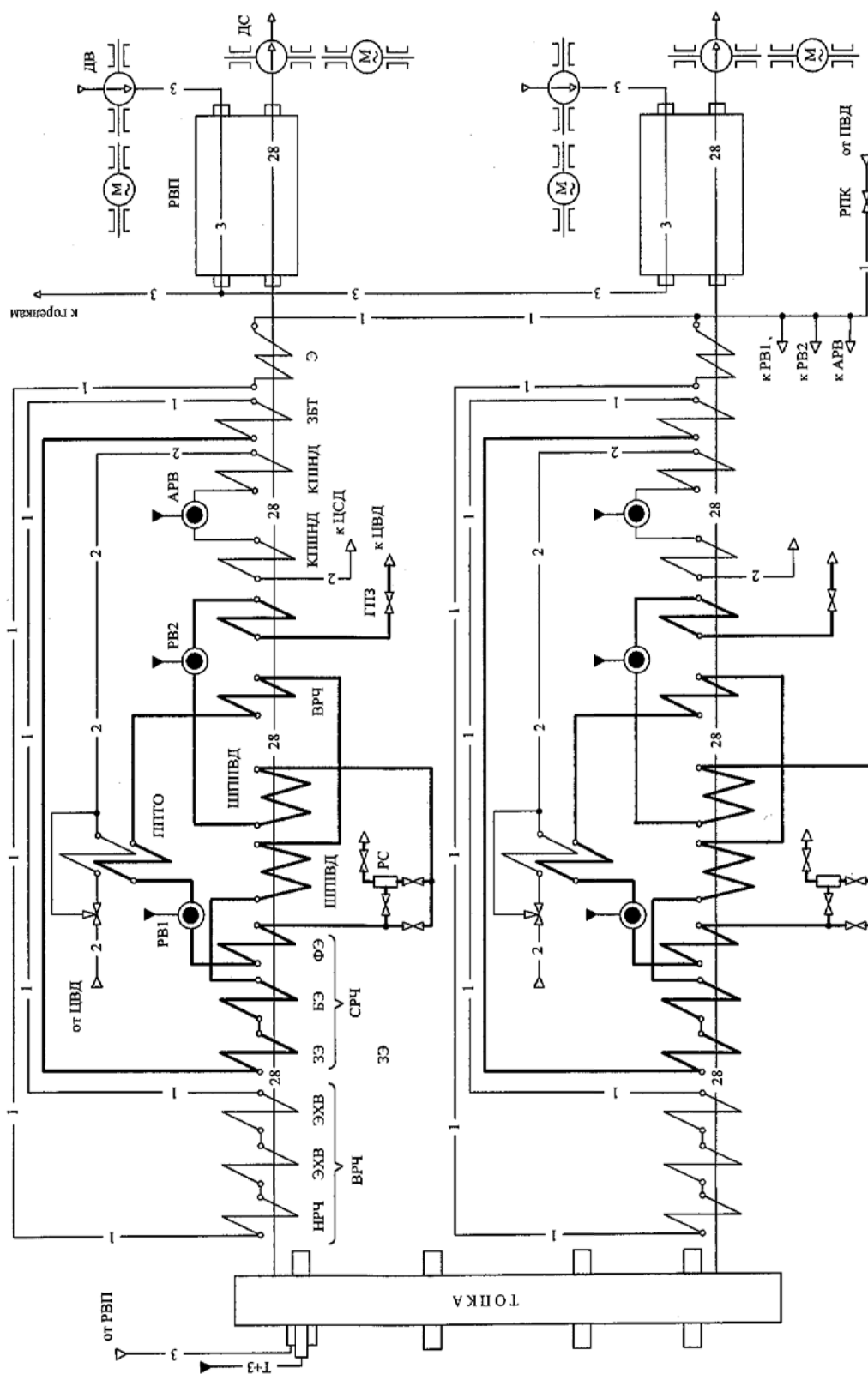


Рис. П4.4. Принципиальная схема парового котла ПК-41

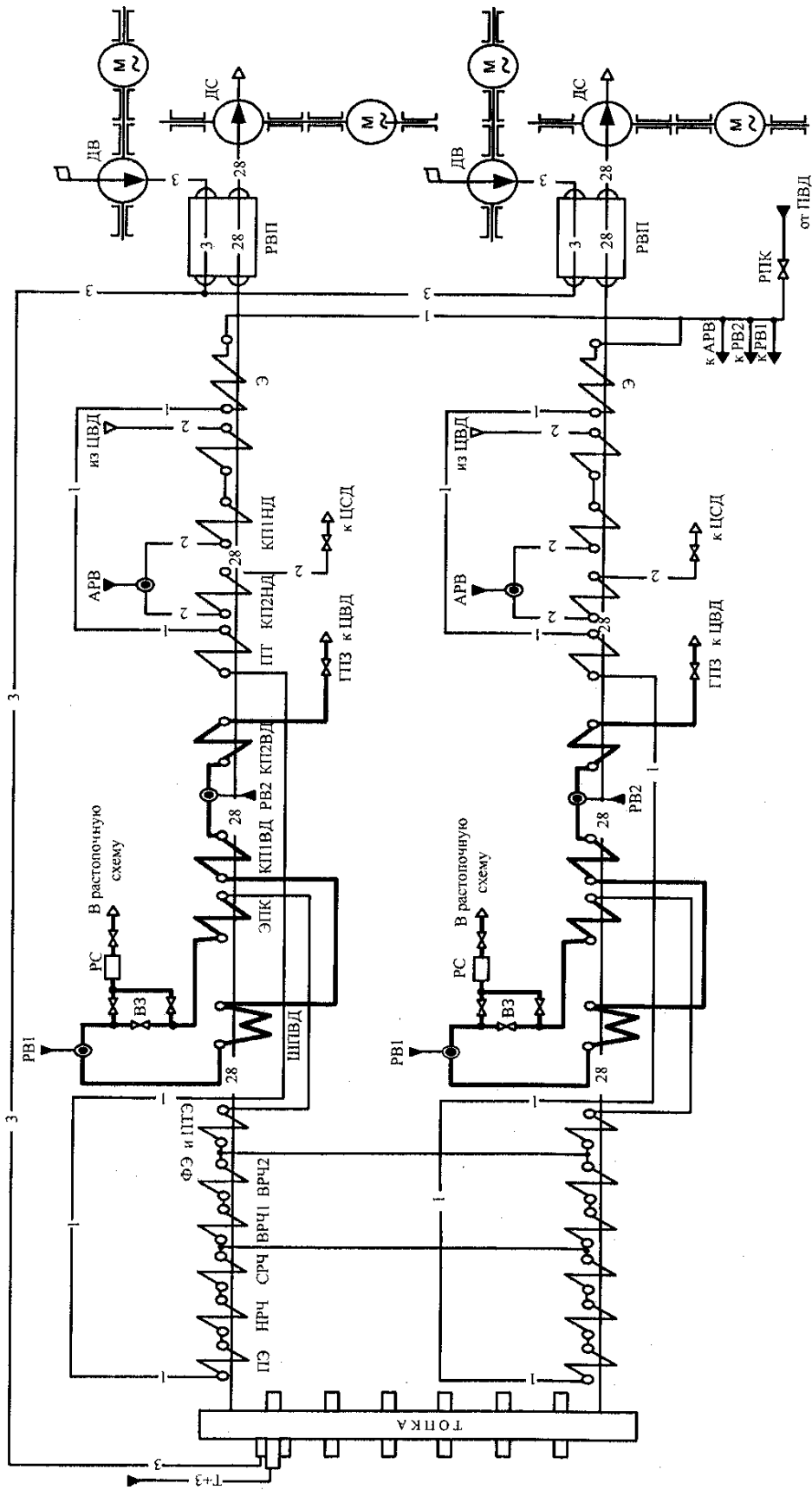


Рис. П4.5. Принципиальная схема парового котла ТГМП-114

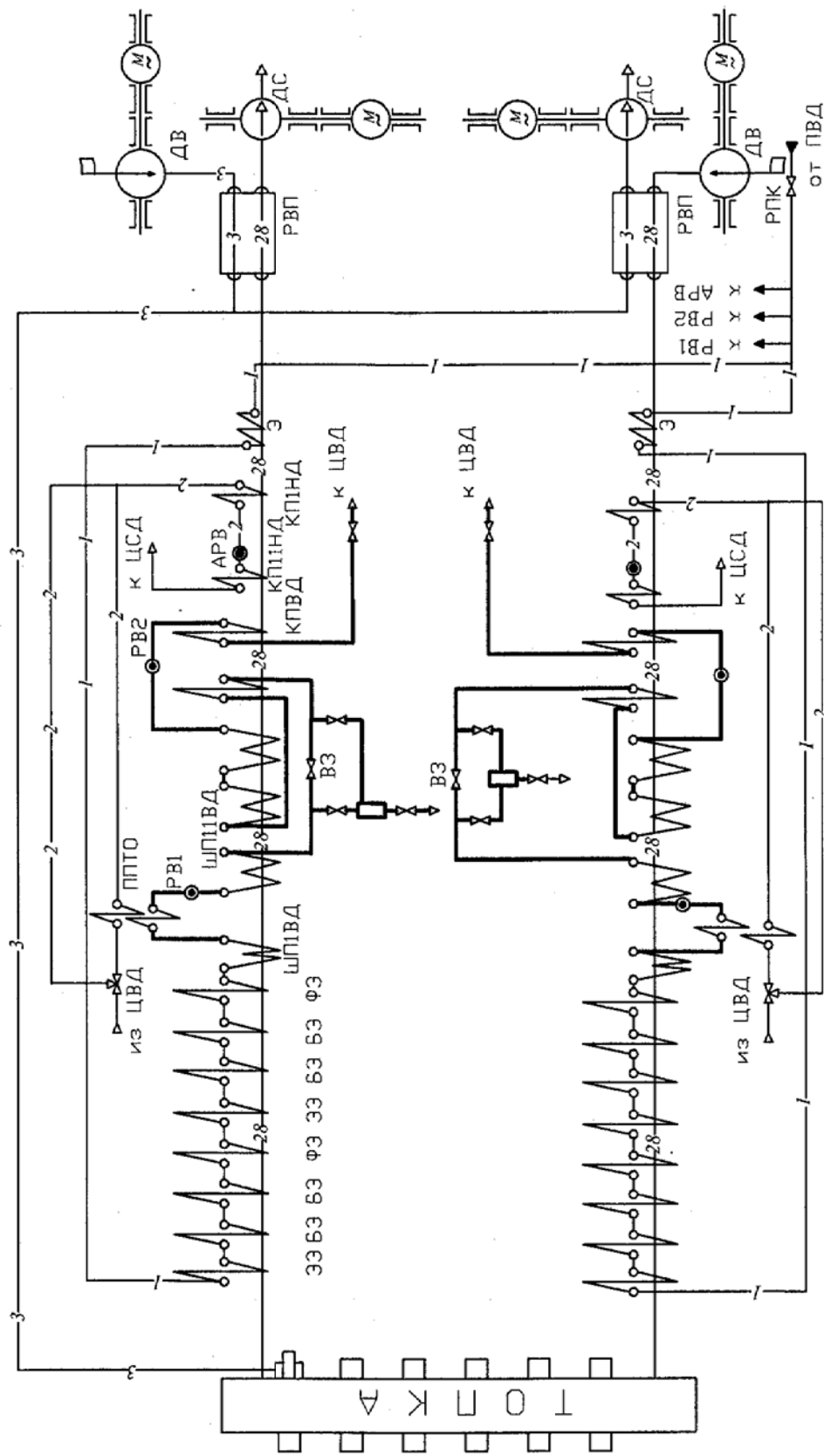


Рис. П4.6. Принципиальная схема парового котла П-50

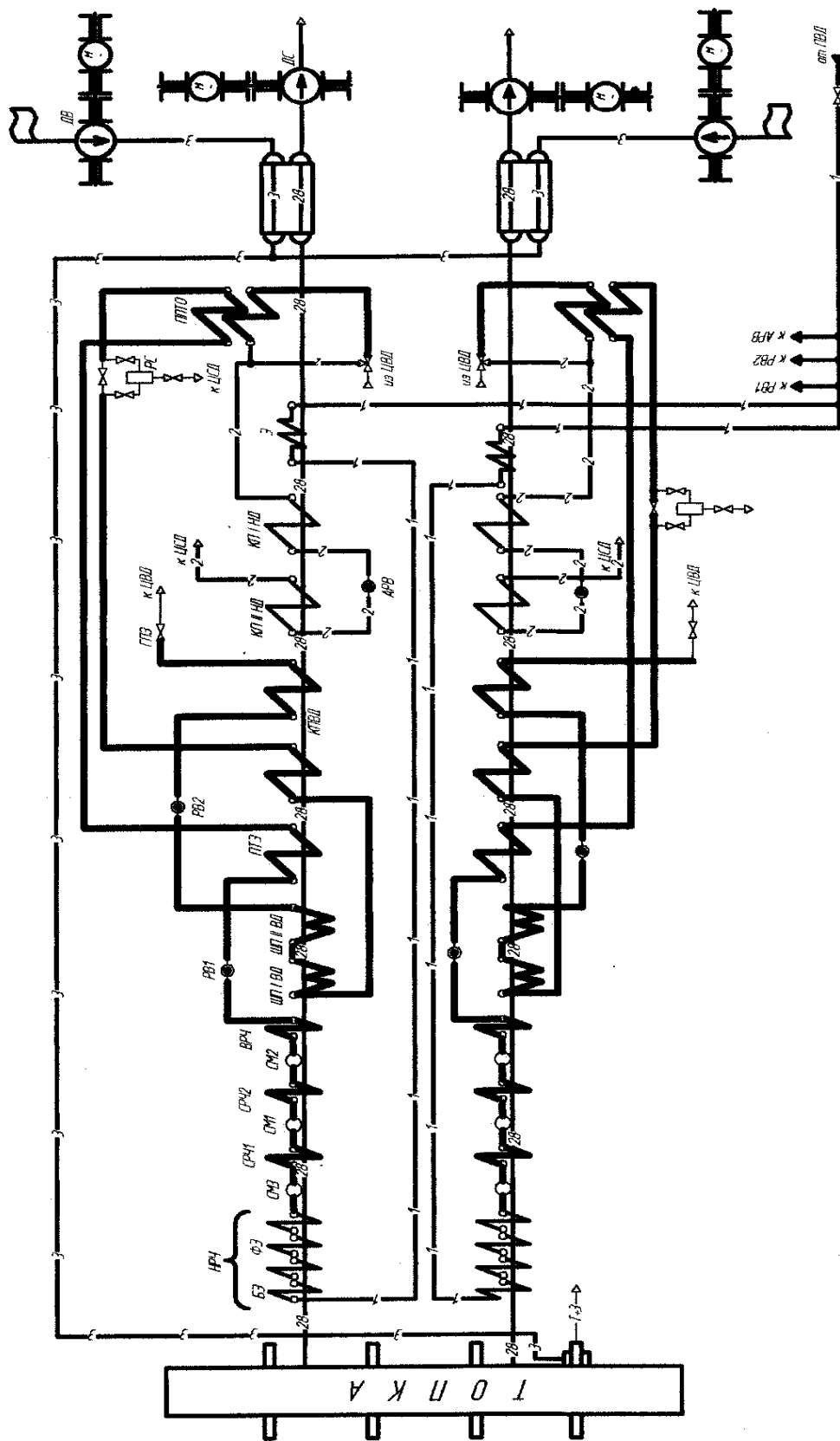


Рис. П4.7. Принципиальная схема парового котла ТЩ-312

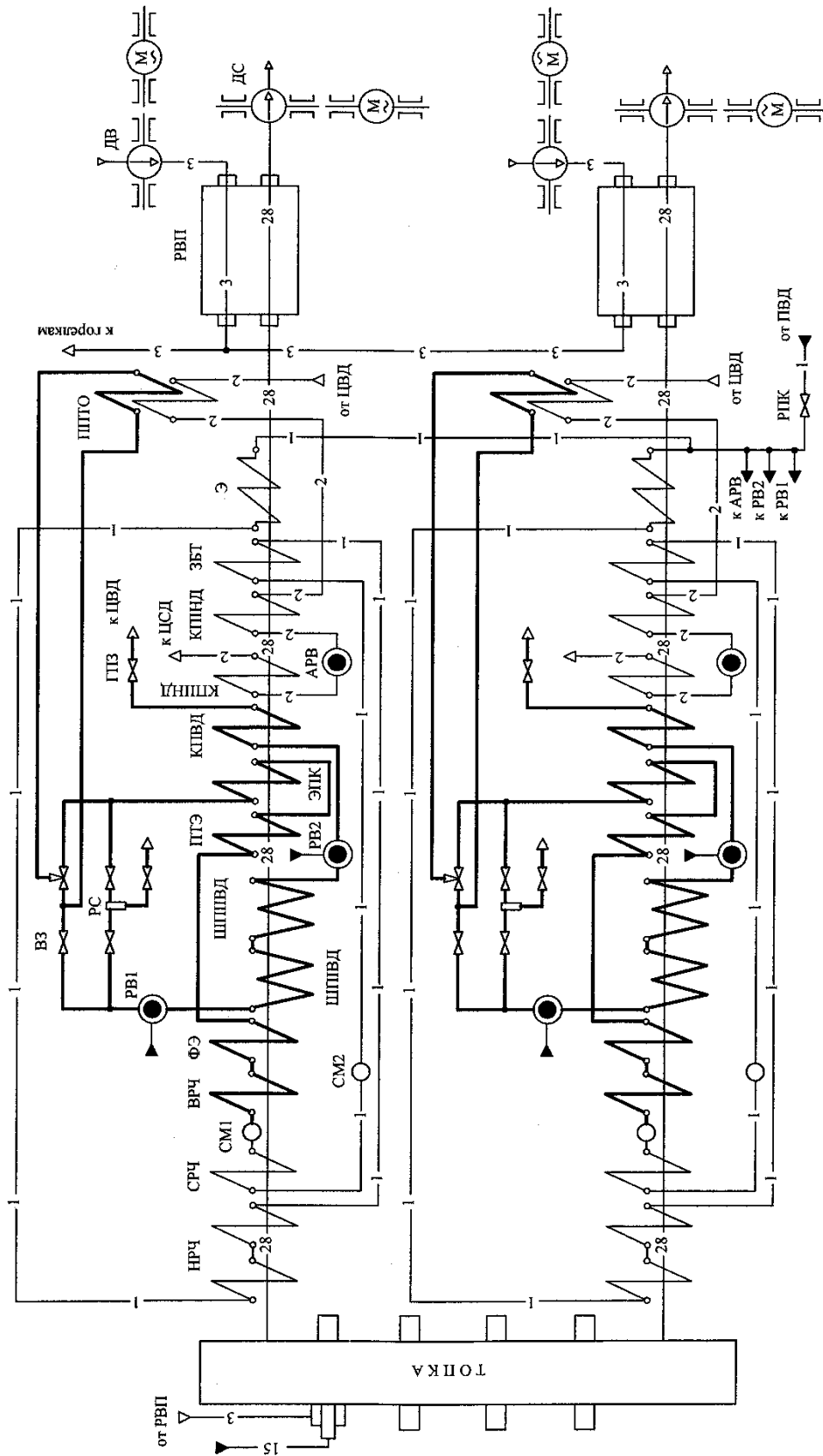


Рис. П4.8. Принципиальная схема парового котла ТГМП-314

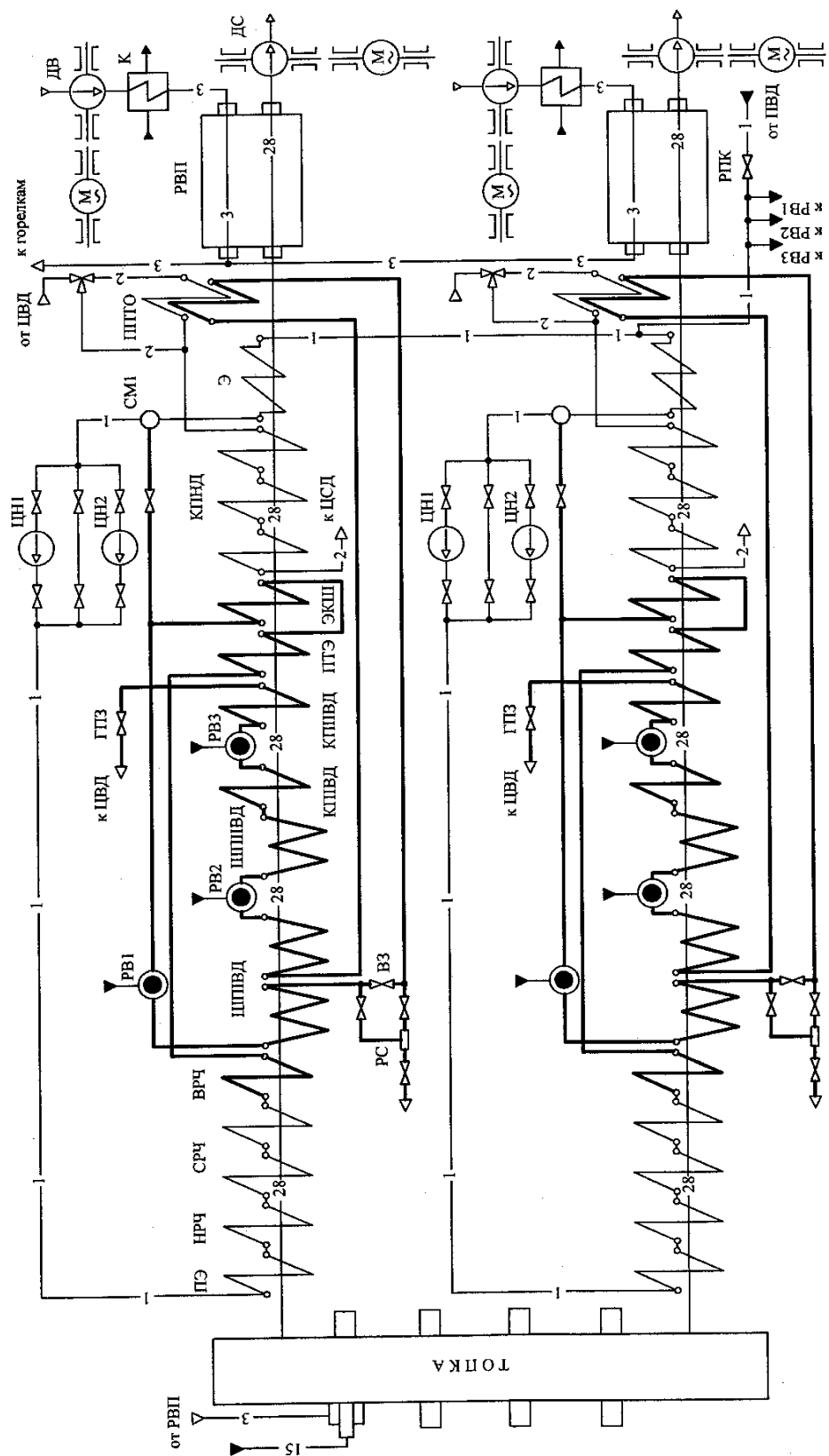


Рис. П4.9. Принципиальная схема парового котла ТГМП-324

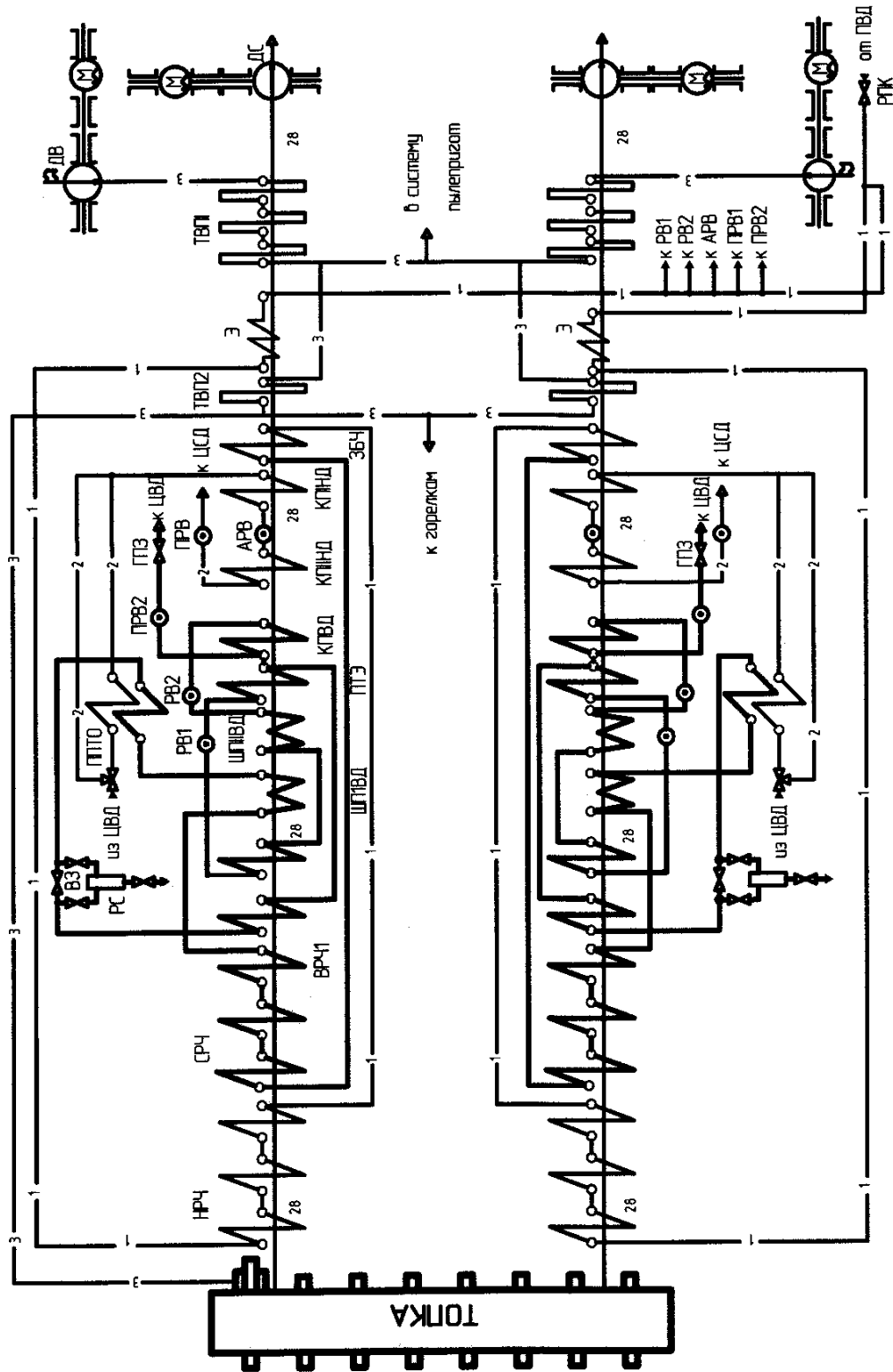


Рис. П4.10. Принципиальная схема парового котла П-59

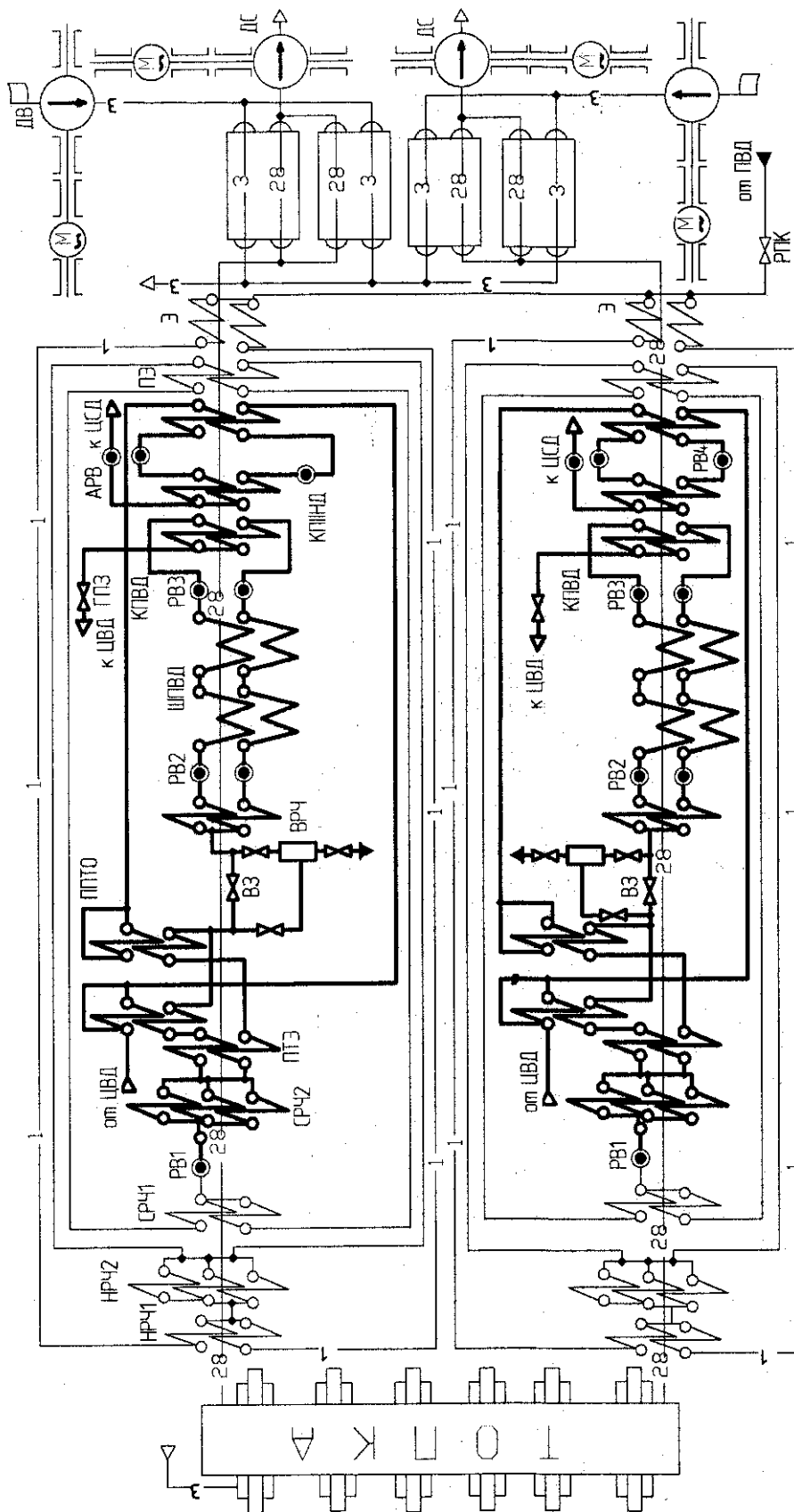


Рис. П4.11. Принципиальная схема парового котла П-57

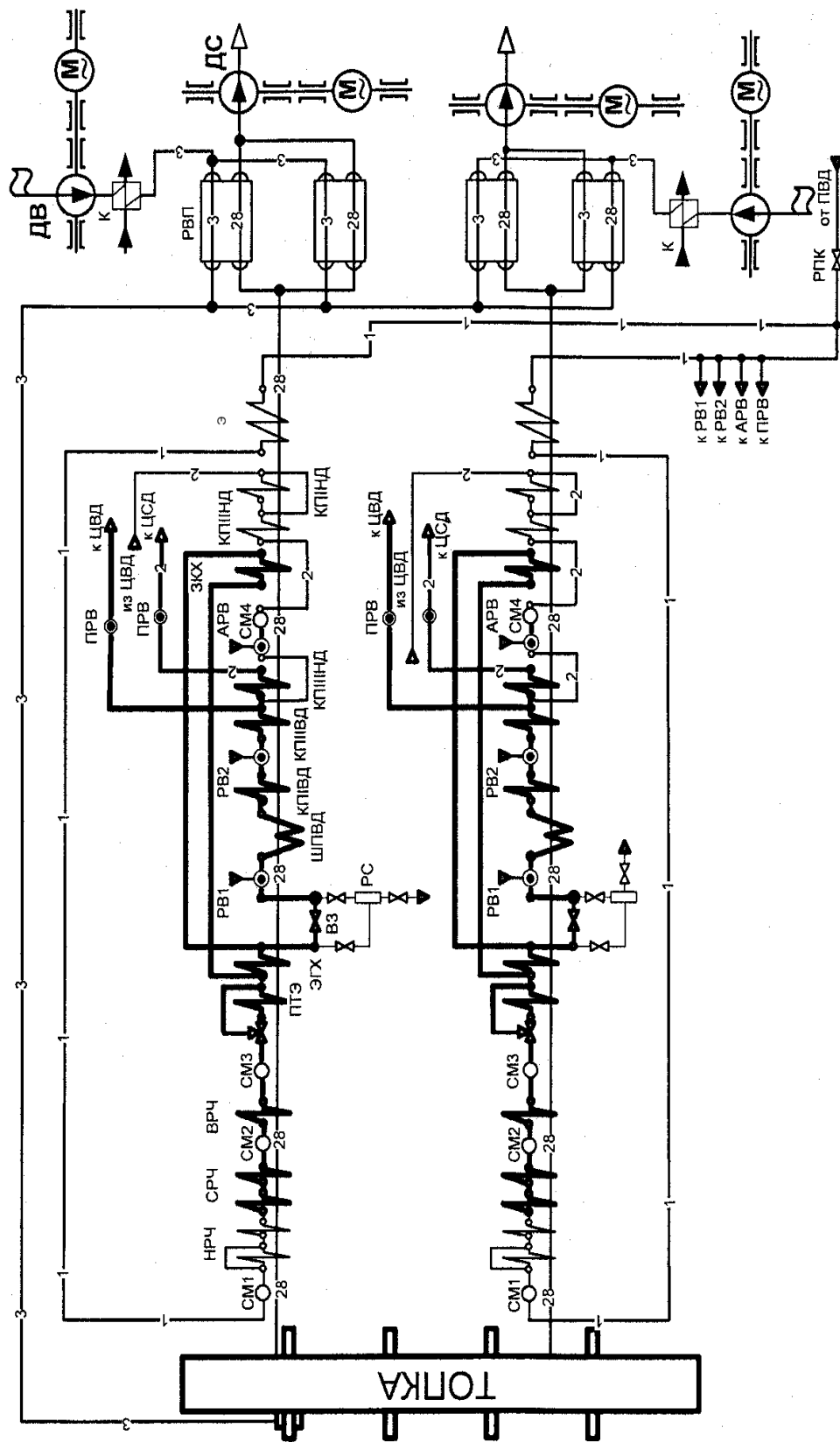


Рис. П4.13. Принципиальная схема парового котла ТГМП-204

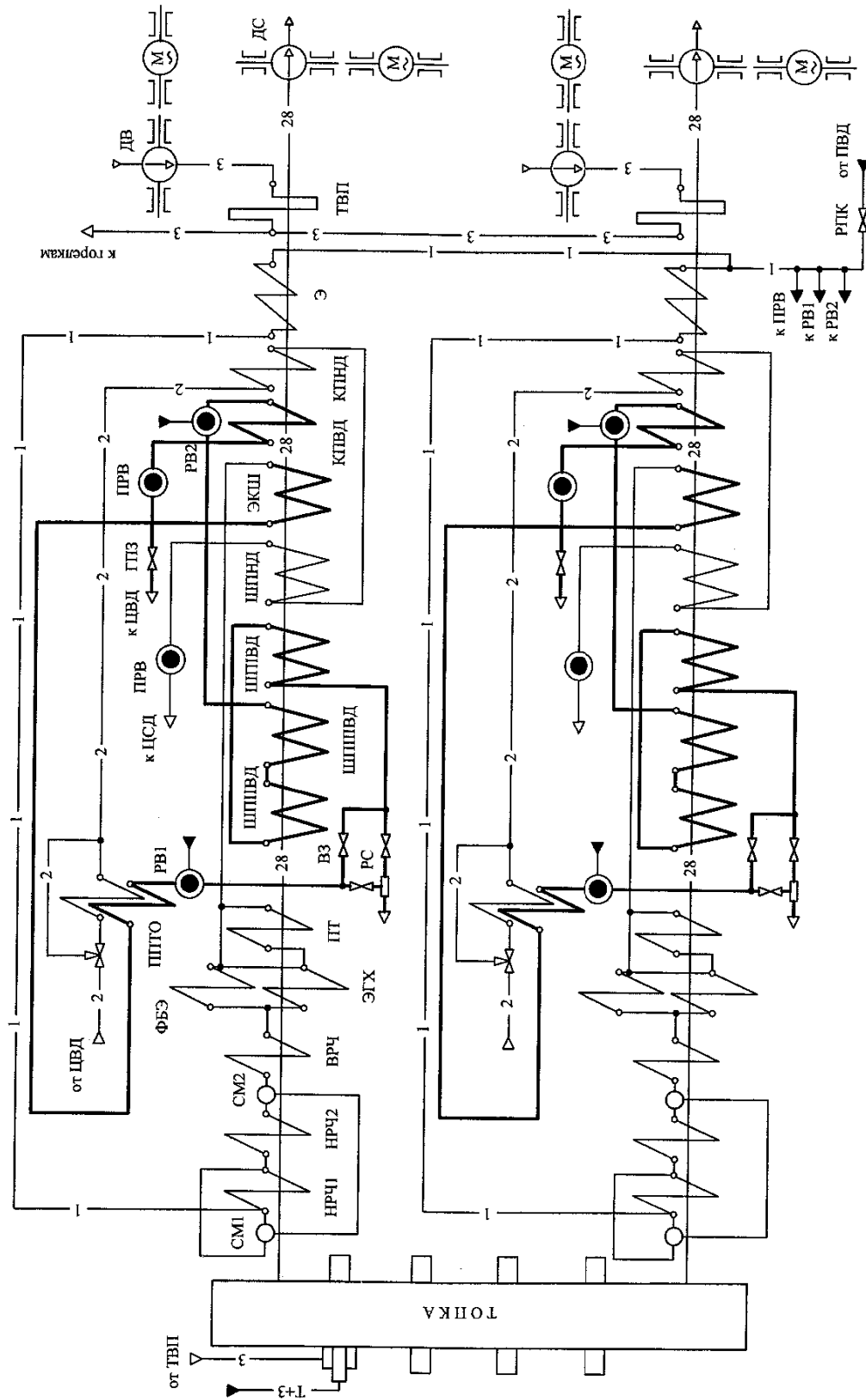


Рис. П4.14. Принципиальная схема парового котла П-67

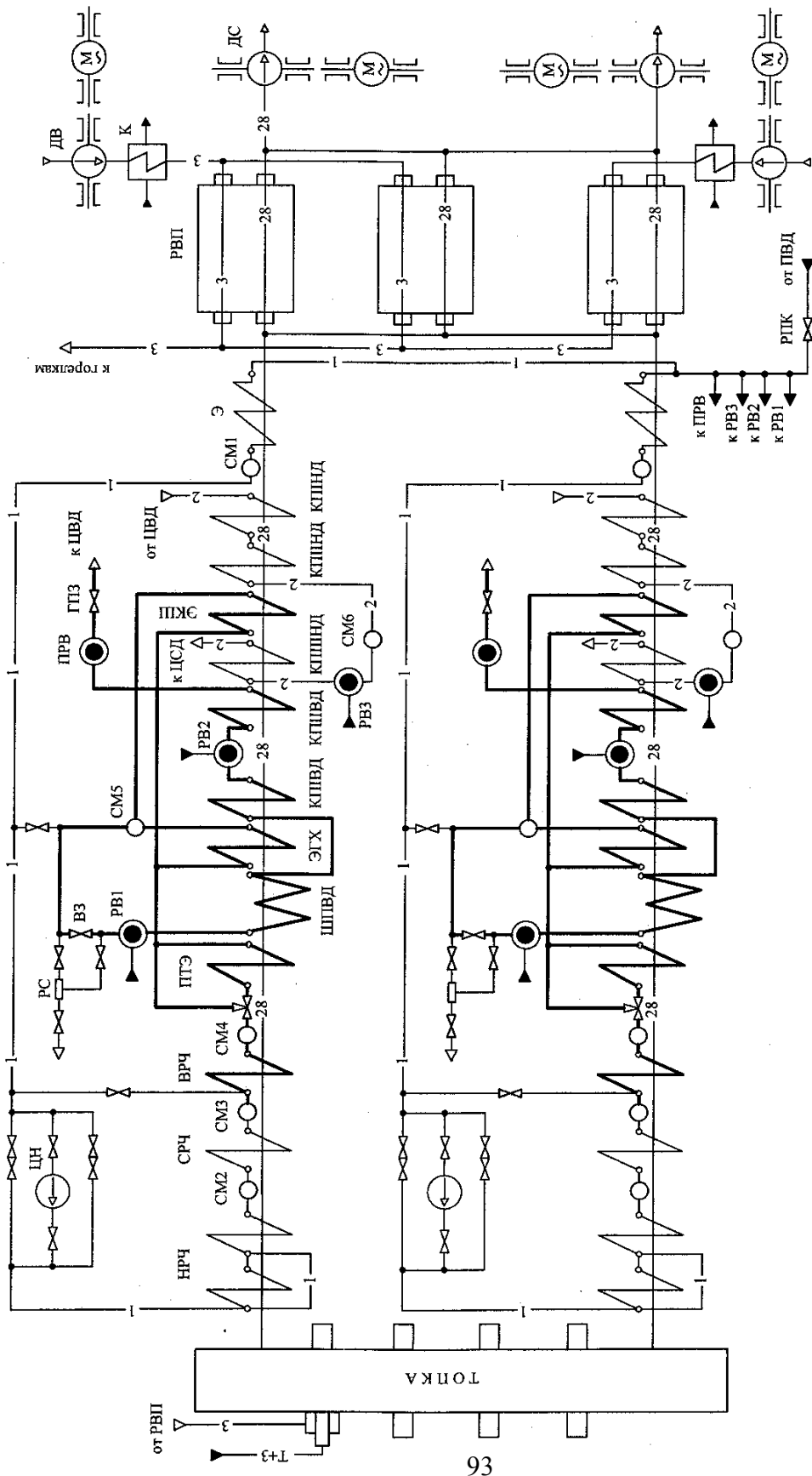


Рис. П4.15. Принципиальная схема парового котла ТГМП-1204

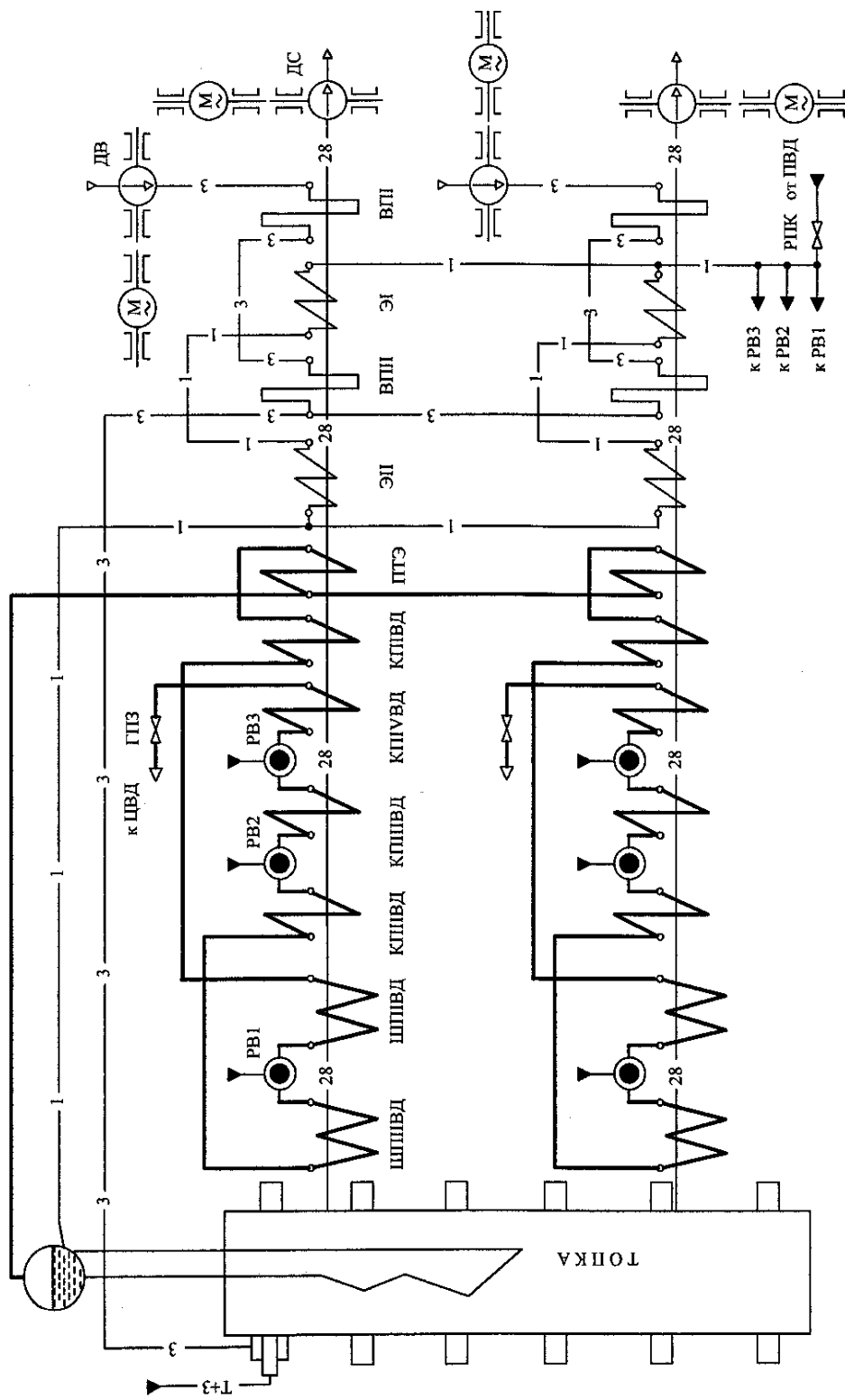


Рис. П4.16. Принципиальная схема парового котла ТП-87

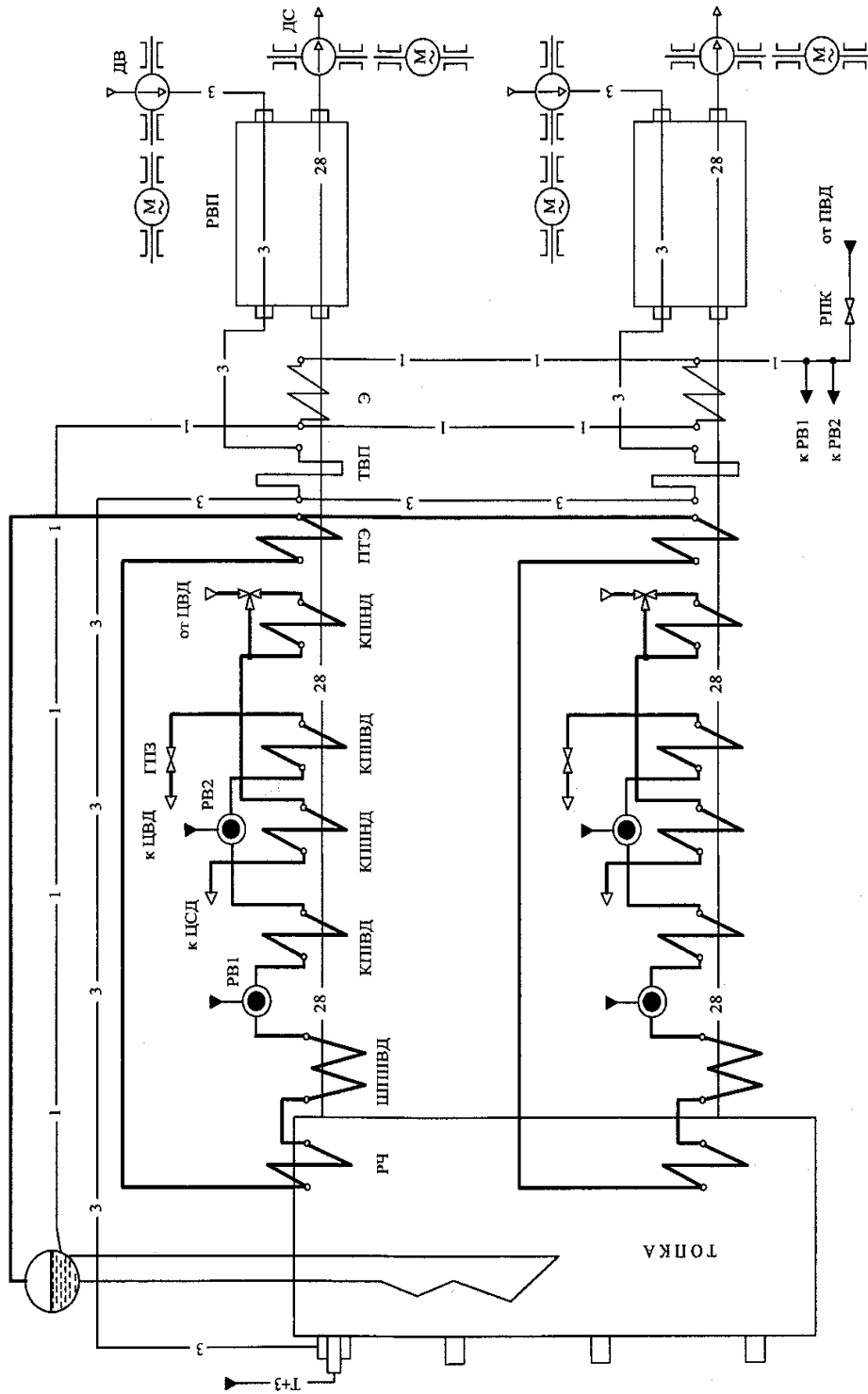


Рис. П4.17. Принципиальная схема парового котла ТП-100

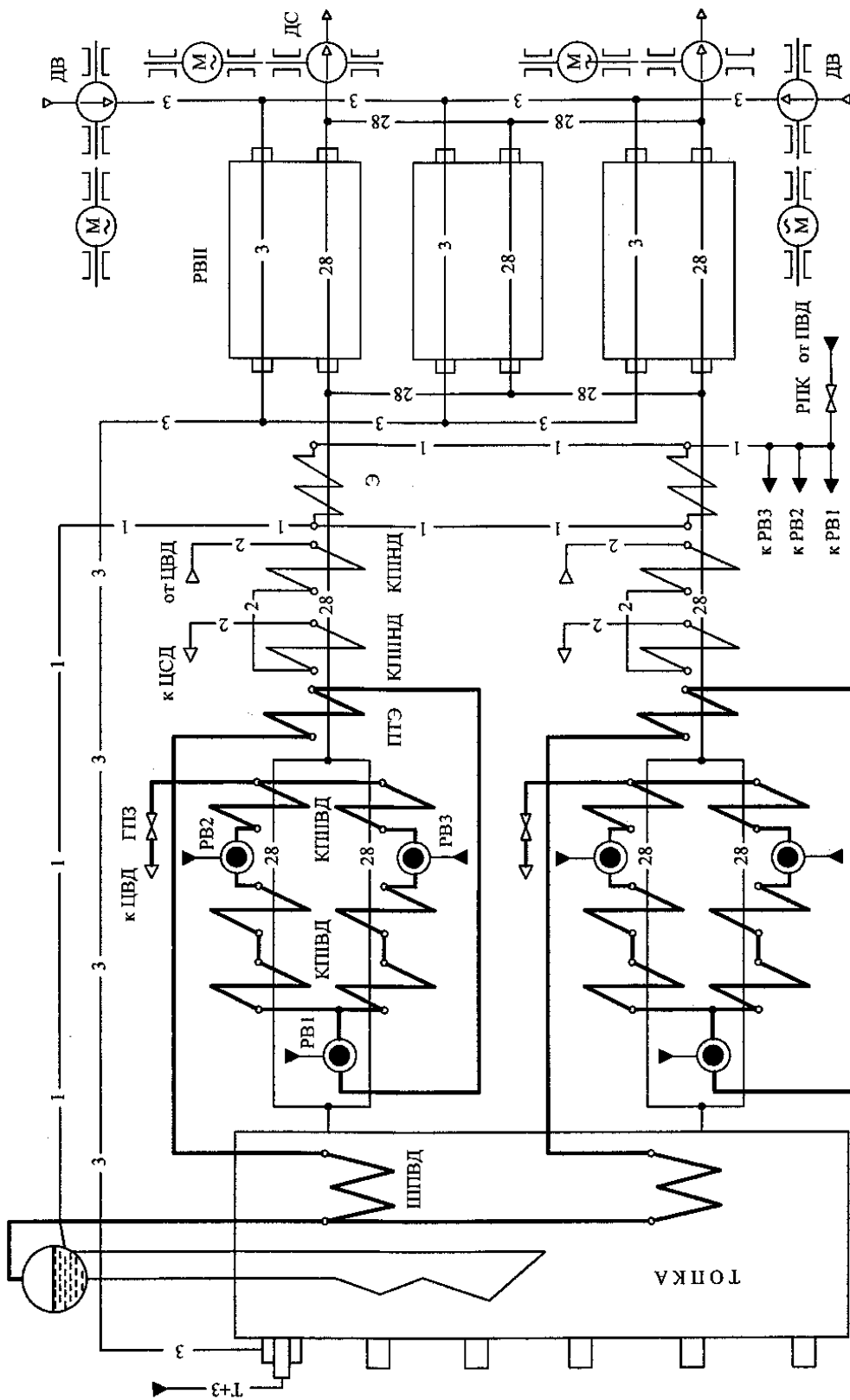


Рис. П4.18. Принципиальная схема парового котла ТГМ-94

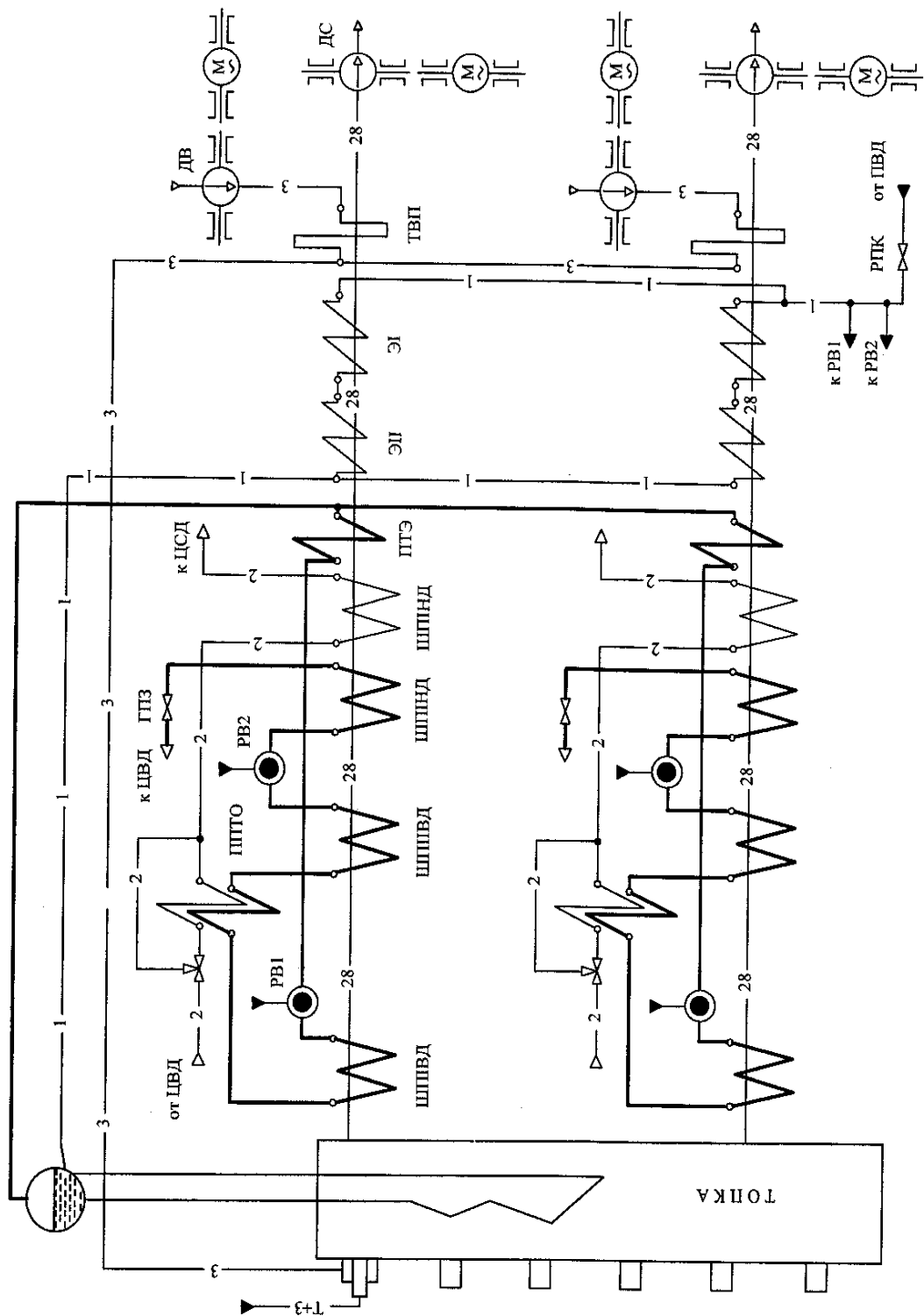


Рис. П4.19. Принципиальная схема парового котла ТП-101

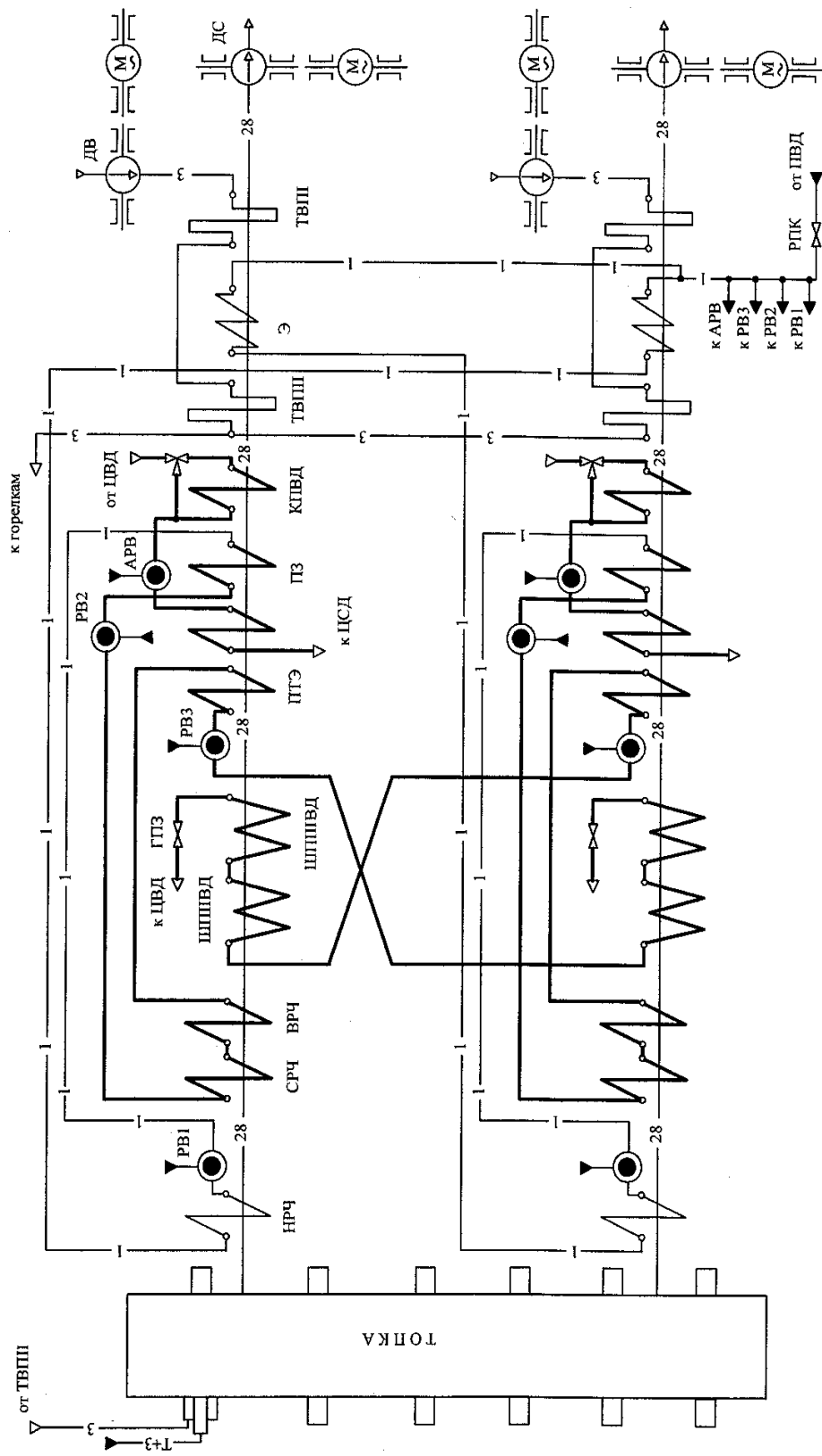


Рис. П4.20. Принципиальная схема парового котла ПК-33

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орнатский А.П. и др. Парогенераторы сверхкритического давления. – Киев: Вища школа, 1980. – 288 с.
2. Ковалев А.П., Лелеев Н.С., Виленский Т.В. Парогенераторы: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 376 с.
3. Резников М.И. Парогенераторные установки электростанций: учебник для техникумов. Изд. 2-е. – М.: Энергия, 1974. – 360 с.
4. Резников М.И., Липов Ю.М. Котельные установки электростанций: учебник для техникумов. Изд. 3-е. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 288 с.
5. Теплотехнический справочник / под общ. ред. В.Н. Юренева и П.Д. Лебедева, Т. 1, 2. – М.: Энергия, 1975. – 734 с.; 1976. – 896 с.
6. ГОСТ 21.403–80. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 34 с.
7. ГОСТ 2.784–70. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 12 с.
8. ГОСТ 2.785–70. Обозначения условные графические. Арматура трубопроводная. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 16 с.
9. Руководящие указания по объему технологических измерений, сигнализации, автоматического регулирования и технологической защиты на тепловых электростанциях. – М.: Союзтехэнерго, 1990. – 64 с.
10. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев: Под ред. А.С. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
11. Проектирование автоматизированных систем управления технологических процессов: справочное пособие / А.И. Емельянов, О.В. Капник. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 400 с.

Учебное издание

ВОЛОШЕНКО Александр Викторович
МЕДВЕДЕВ Валерий Васильевич
ОЗЕРОВА Ирина Петровна

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПАРОВЫХ КОТЛОВ И ТОПЛИВОПОДАЧ

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Научный редактор
*кандидат технических наук,
доцент В.С. Андык*

Дизайн обложки *О.Ю. Аршинова*


**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 03.11.2011. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 5,82. Уч.-изд. л. 5,26.
Заказ 1409-11. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru