

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

Кафедра теплоэнергетики

**В. В. Назаревич**  
**Б. А. Анферов**

## **КОТЕЛЬНЫЙ АГРЕГАТ ТП-87-1**

**Методические указания к лабораторной работе  
для студентов всех форм обучения**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления подготовки  
бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
в качестве электронного издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2015

**Рецензенты:**

Сливной В. Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики;

Богомоллов А. Р. – доктор технических наук, председатель учебно-методической комиссии направления подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

**Владимир Владимирович Назаревич**

**Борис Алексеевич Анферов**

**Котельный агрегат ТП-87-1:** методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Котельные установки и парогенераторы» [Электронный ресурс] для студентов направления подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения / В. В. Назаревич, Б. А. Анферов; КузГТУ. – Кемерово, 2015.

Составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Котельные установки и парогенераторы» и предназначены для студентов направления подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения

© КузГТУ, 2015

© Назаревич В. В.,

Анферов Б. А., 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Топочная камера	6
Барaban и сепарационное устройство	12
Пароперегреватель	16
Конденсационная установка	18
Водяной экономайзер	23
Воздухоподогреватель	24
Обмуровка	25
Каркас котла	27
Контрольные вопросы	27
Рекомендуемые источники информации	28

## Введение

Целью настоящей работы является изучение конструкции парового котла высокого давления на примере котельного цеха Кемеровской ГРЭС и его котлов типа ТП-87-1.

Котельный агрегат типа ТП-87-1, марка Е-420/140 Ж, барабанный с естественной циркуляцией, предназначен для получения пара высокого давления при сжигании в топке в пылевидном состоянии кузнецких каменных углей марки Т (тощий), ОК, ОК<sub>2</sub> (окисленный коксовый), промпродуктов сухого и мокрого обогащения, попутного нефтяного газа Нижневартовского месторождения и рассчитан на параметры, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики котла ТП-87-1

Характеристика	Ед. изм.	Величина
1. Номинальная паропроизводительность	т/ч	420
2. Рабочее давление в паросборной камере	МПа	14,0
3. Рабочее давление в барабане котла	МПа	15,5
4. Температура перегретого пара	°С	560
5. Температура питательной воды	°С	230
6. Температура уходящих газов	°С	120 (газ) 137(уголь)
7. Температура горячего воздуха	°С	400
8. КПД котлоагрегата при номинальной нагрузке на расчетном топливе	%	92,6(уголь) 94,6(газ)

Котельный агрегат типа ТП-87-1 (рис. 1, 2) имеет П-образную компоновку. Топочная камера является восходящим газоходом.

В горизонтальном газоходе располагается конвективный пароперегреватель, в нисходящем газоходе, образующем две шахты, расположены врассечку водяной экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель.

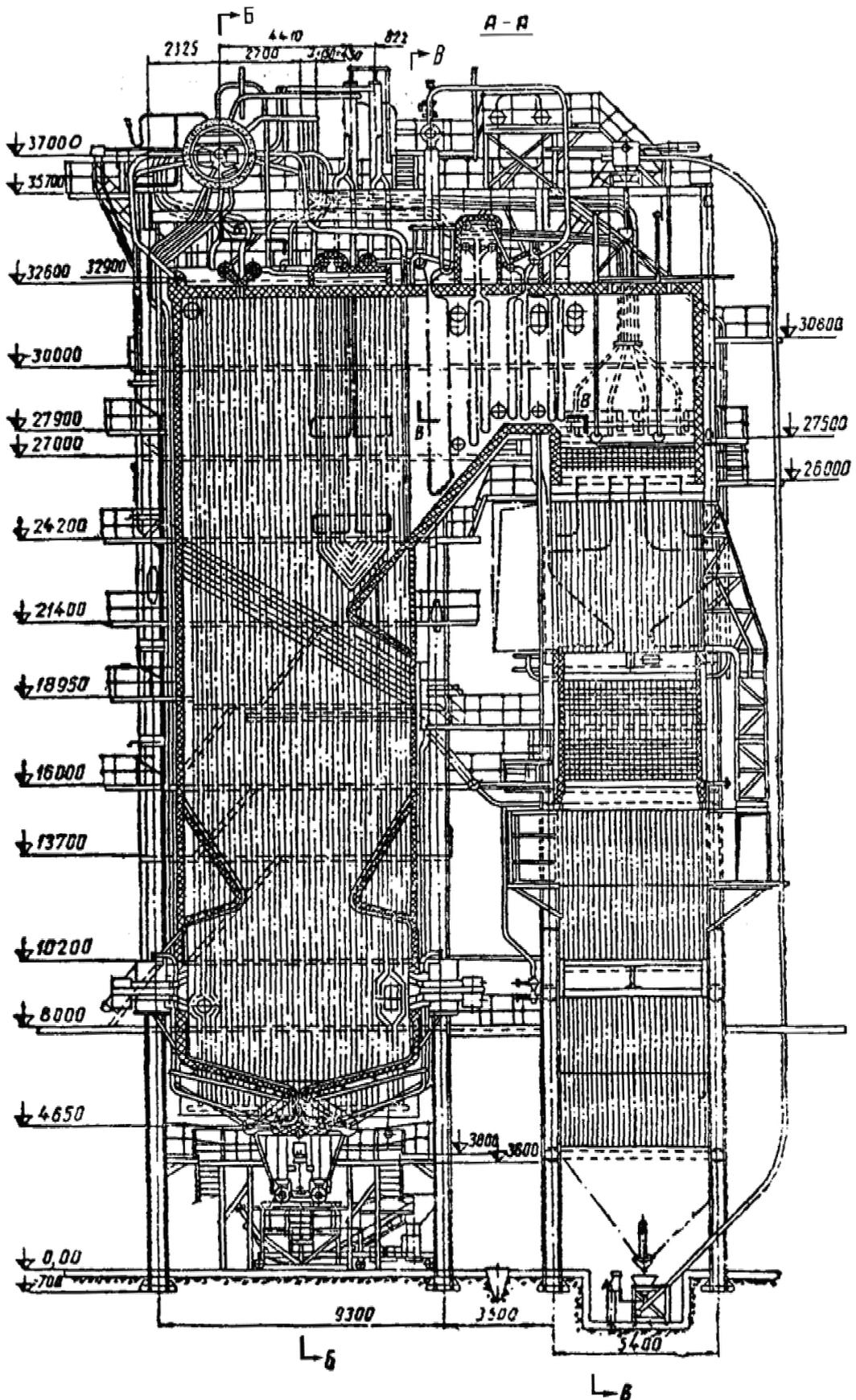


Рисунок 1. Котельный агрегат ТП-87-1 (продольный разрез)

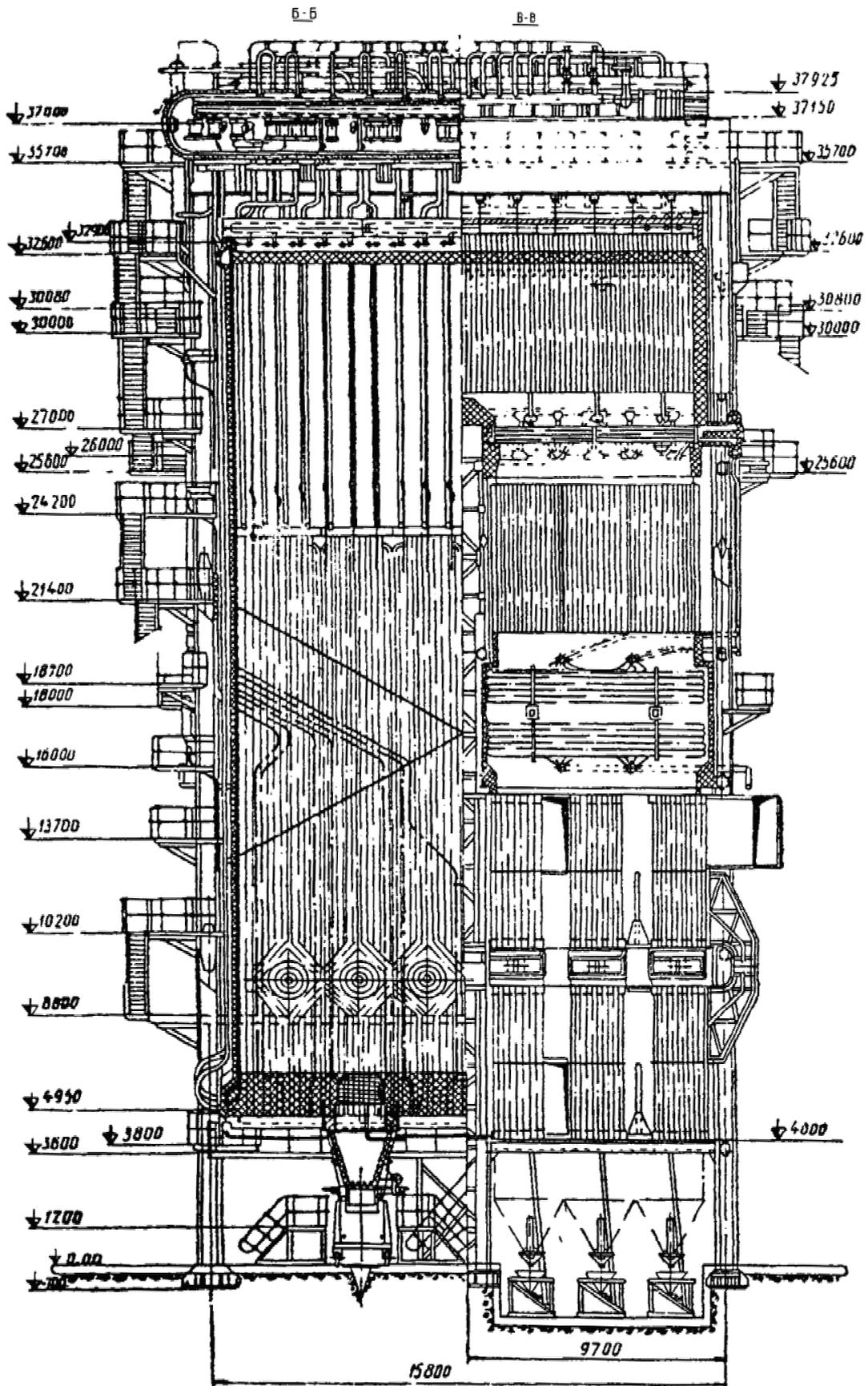


Рисунок 2. Котельный агрегат ТП-87-1 (поперечные разрезы)

## Топочная камера

Топочная камера, в отличие от обычных призматических камер, в нижней части имеет пережим, образованный гнутыми во внутрь топочной камеры трубами фронтального и заднего экранов. Часть этих труб, примерно 50 %, изогнута по профилю выступа без развилки, а другая часть имеет развилки в нижней и верхней частях выступов.

Основная часть пароводяной смеси экранов движется по трубам, изогнутым по профилю, а небольшая часть – по прямым трубам, несущим вес экранов. Необходимый для охлаждения этих участков расход пароводяной смеси обеспечивается установкой дросселей  $\varnothing 5$  мм в начале прямых участков труб.

Глубина выступов пережима – 1890 мм с каждой стороны. Нижняя часть топки является камерой горения (**предтопок**). Выше пережима расположена **камера догорания**. Экранные трубы  $\varnothing 60 \times 6$ , ст.20 с шагом 64 мм закрывают полностью фронтальную, заднюю и боковые стены топочной камеры и, сходясь вниз, образуют **под топку с двумя летками** для удаления жидкого шлака. Конструктивные и тепловые параметры топочной камеры представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные параметры топочной камеры

Характеристика	Ед. изм.	Вся топка	Предтопок
1. Размеры камеры топки в свету	мм	7552×14080	7552×14080
2. Расчетный объем камеры топки	м <sup>3</sup>	2180	580
3. Температура уходящих газов на выходе	°C	1234	1785
4. Радиационная поверхность нагрева	м <sup>2</sup>	1235	411
5. Тепловое напряжение объема	$\frac{\text{кВт}}{\text{м}^3}$	149	578

Для лучшего заполнения камеры догорания и лучшего обтекания газами ширмового и потолочного пароперегревателей трубы заднего экрана в верхней части топки перед горизонтальным газоходом образуют выступ в топку глубиной 2000 мм (**аэродинамический выступ**, выполненный конструктивно по типу пе-

режима предтопка с дроссельными шайбами  $\text{O}10$  мм). На экранах устанавливаются пояса жесткости, которые размещены через каждые 3 м по высоте топки и ограничивают смещение труб экранов в горизонтальной плоскости.

Удаление жидкого шлака из топки котла производится через две **летки** шестиугольной формы размером  $880 \times 600$  мм. Для лучшего воспламенения топлива и режима жидкого шлакоудаления в камере сгорания экраны ошпированы и покрыты хромитовой массой типа ПХМ-6 до пережима топки. Устье леток выложено огнеупорным кирпичом, бетоном и обмазано хромитовой массой ПХМ-6. Для предохранения леток от разрушения и оплавления, а также лучшей грануляции жидкого шлака в устье леток по периметру установлены змеевики, охлаждаемые технической водой от орошающих или смывных насосов.

Топочная камера оборудована 12-ю пылегазовыми горелками, разработанными НИИгазом, производительностью 5,0 т/ч пыли или  $2500\text{--}3000$  м<sup>3</sup>/ч газа. Горелки расположены встречно по фронтальной и задней стенам топки на отметке 9,15 м. Нумерация горелок выполнена слева направо: фронтальных: 1–6; задних: 12–7 (рис. 3). Закрутка вторичного воздуха осуществляется конфигурацией улитки и языковыми шиберами.

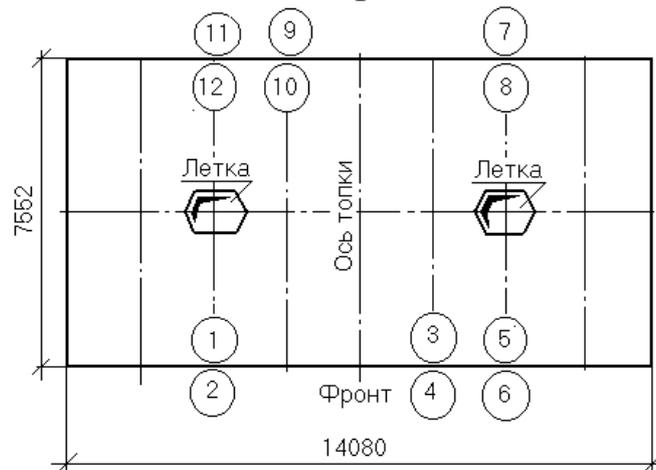


Рисунок 3. Схема расположения горелок на стенах топки

Пылегазовая горелка (рис. 4) предназначена для работы на газе или угольной пыли, в исключительных случаях разрешается включение горелки с одновременной подачей газа и угольной пыли на кратковременную работу (момент перехода с одного вида топлива на другой). Подача первичного воздуха осуществляет-

ся от короба первичного воздуха вентилятором горячего дутья (ВГД) по трубам 1 ( $\varnothing 426$  мм) через прямоточные мундштуки 2 горелок с приваренными к ним со стороны топки наконечниками 3 длиной 400 мм из жаропрочной стали, утопленные в амбразурах 4 на 200 мм. Подача газа осуществляется от газопровода котла последовательно через две задвижки  $D_y = 150$  мм (на каждую горелку) и газопровод  $D_y = 150$  мм, от которого расходятся два полукольца 5 ( $\varnothing 133$  мм), врезанные диаметрально противоположно в кольцо газовой горелки  $\varnothing 108$  мм, расположенное вокруг пылепровода  $\varnothing 426$  мм у улитки 6 вторичного воздуха. Из кольца  $\varnothing 108$  мм равномерно отводятся 20–24 трубки-сопла 7 ( $D_y = 20$  мм) газовой горелки, прижатые к мундштуку 2 пылепровода, закрепленные на нем и закрытые кожухом для снижения сопротивления движению вторичного воздуха. Наконечники газовых трубок длиной 400 мм выполнены из жаропрочной стали, их концы длиной 60–70 мм отогнуты от воздухопровода на 15–20 градусов. Для снижения тепловосприятия боковых экранов на крайних газовых горелках отглушено по восемь газовых трубок, обращенных к боковым экранам.

Подача вторичного воздуха в топку котла осуществляется из улитки вторичного воздуха 6 двумя потоками: по кольцевому каналу 8, после закрутки в улитке 6 между наконечником 3 и стенкой амбразуры 4 ( $\varnothing 800$  мм), выложенной из фасонных огнеупорных кирпичей; в отверстие 9 треугольной формы над горелкой (длина стороны треугольника равна 250 мм) для защиты горелки от перекрытия расплавленным шлаком, стекающим со стен.

Для растопки котла на пыли предусмотрены мазутные форсунки парового распыливания, длиннопламенные, производительностью 1,0–0,75 т/ч, которые устанавливаются в специальных трубах 10 ( $\varnothing 80$  мм), проходящих через улитку вторичного воздуха. Мазутные форсунки устанавливаются во все фронтные горелки. Для нормальной работы мазутных форсунок параметры мазута и пара перед ними должны быть: давление мазута  $\leq 1$  МПа, температура мазута 75–80°C, давление пара в паровом кольце 1,1–1,3 МПа. Для контроля за работой горелки, горением мазута и установки растопочного факела в улитке вторич-



протекании топочных процессов. Соосно-симметричное расположение четырех крайних плоскофакельных горелок относительно шлаковых леток обеспечивает глубокое регулирование топочных процессов, в первую очередь – выход жидкого шлака. При снижении нагрузки котлоагрегата предусмотрено, что в первую очередь подлежат отключению две средние горелки: 3–4; 9–10.

Плоскофакельная горелка (рис. 5) – это комбинированная горелка, позволяющая сжигать в котлоагрегатах твердое топливо различного качества, а также природный газ и, при необходимости, жидкое топливо. Принцип ее действия основан на использовании эффекта соударения двух струй воздуха, направленных под углом друг к другу. Между этими струями и горелкой образуется «треугольник», в который подается топливо, воспламеняемое эжектируемыми в него раскаленными продуктами сгорания. Интенсивное перемешивание воспламенившегося топлива с воздухом и продуктами сгорания начинается при соударении струй. Раздавливание струй после соударения приводит к образованию плоской горизонтальной струи, обладающей большой поверхностью на единицу площади ее сечения, что определяет и повышенную эжекционную способность.

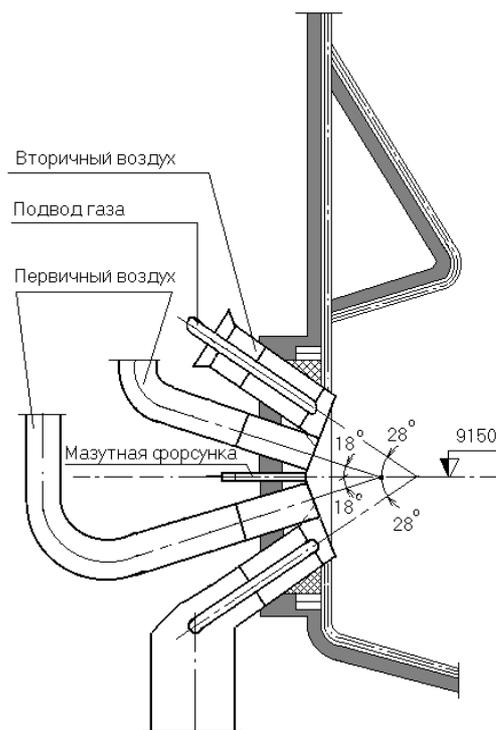


Рисунок 5. Горелка плоскофакельная

Наклон горизонтального факела регулируется изменением соотношения расходов воздуха по верхнему и нижнему соплам. Это важное свойство горелки может быть использовано как при изменении вида (качества) топлива, так и при изменении нагрузки котлоагрегата.

Для растопочного мазута в плоскофакельной горелке предусмотрена установка мазутной форсунки. В соплах вторичного воздуха установлены газораспределительные устройства (газовые насадки).

Аэросмесь подается через сопла, являющиеся продолжением пылепроводов, со скоростью около 32 м/с. Скорость вторичного воздуха на выходе из горелок при номинальной нагрузке, работе на угле и равномерном распределении воздуха между верхними и нижними соплами составляет 42–43 м/с. При работе на газе скорость газа в отверстиях насадка составляет 158 м/с. Через сопла вторичного воздуха подается примерно 65–70 % всего воздуха с выходной скоростью 55–60 м/с. Остальной воздух, необходимый для горения, подается через сопла аэросмеси со скоростью 30–35 м/с.

Номинальная производительность плоскофакельной горелки по углю – 10 т/ч; по газу – 5000 м<sup>3</sup>/ч.

### **Барaban и сепарационное устройство**

На котле установлен один барабан сварной конструкции, изготовленный из стали 16ГНМА. Внутренний диаметр барабана 1800 или 1600 мм, толщина стенки 115 мм, длина цилиндрической части 16200 мм. Барабан установлен на двух роликовых опорах, обеспечивающих его свободное удлинение при нагревании. Средний уровень воды в барабане на 200–175 мм (в зависимости от его диаметра) ниже осевой линии барабана (геометрической оси барабана). Эксплуатационные допустимые уровни воды в барабане указываются в «**Карте уставок тепловых защит**», утверждаемой главным инженером энергетической станции.

Внутрибарабанные сепарационные устройства (рис. 6) включают:

- циклоны грубой сепарации  $\varnothing 350$  мм и  $\varnothing 315$  мм, установленные на вводах пароводяной смеси в барабан из экранных

поверхностей. Часть из них правого закручивания, часть – левого. В чистом отсеке размещено 40–42 циклонов; в солевых по 12;

- устройства для **барботажной** промывки пара;
- дырчатые щиты для отделения влаги при выходе пара из барабана.

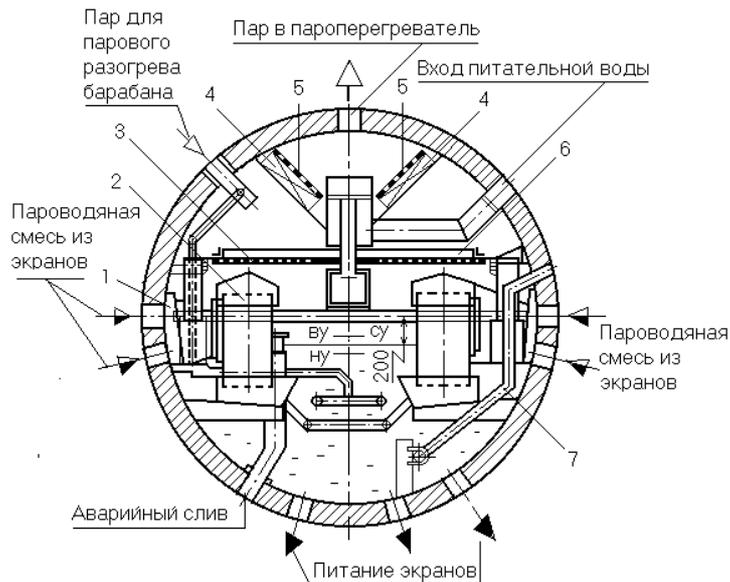


Рисунок 6. Внутреннее устройство барабана

Пароводяная смесь из экранной системы котла по паропроводящим трубам подводится к продольным раздающим коробам 1. Из этих коробов пар равномерно раздается по циклонам 2, в которых создается завихрение смеси (левое и правое), в результате чего влага, содержащаяся в смеси, образует пленку на внутренней поверхности циклона и стекает по ней через лопастные вставки в поддон и далее в водяной объем барабана. Отделившийся в циклоне пар поднимается вверх и выходит через пластинчатые сепараторы в одних циклонах или через круговые листы с отверстиями  $\varnothing 12$  мм в других. Пройдя эти сепараторы, пар поступает в барботажно-промывочное устройство 3.

В верхней части барабана размещаются пластинчатые (жалюзийные) сепараторы 4, а над ними – стальные листы 5 с отверстиями (дырчатые щиты).

До 50 % питательной воды подается в корыто барботажно-промывочного устройства, остальные 50 % – к опускным трубам чистого отсека. Разделение потока питательной воды вызвано

тем, что в случае подачи всей питательной воды на промывку будет иметь место чрезмерно большая конденсация пара в промывочной воде из-за большой величины недогрева питательной воды в экономайзере (температура недогрева  $\sim 36$  °С), т. е. в этом случае имело бы место повышенное напряжение парового пространства барабана. Кроме того, подача половинного количества питательной воды на промывку уменьшает толщину промывочного слоя и, следовательно, возможность уноса воды в пароперегреватель.

Для предупреждения образования в котле солевой накипи производят **фосфатирование** котловой воды. Необходимый избыток фосфатов в котловой воде устанавливается на основе химического анализа ее качества и обеспечивается равномерной и непрерывной подачей в котловую воду фосфатного раствора по трубе 7. Кальций образует твердую фазу не на поверхности нагрева, а в толще котловой воды. Рыхлый неприкипающий шлам легко удаляется из котла с продувкой. Свойствами неприкипающего шлама обладает труднорастворимое комплексное соединение кальция - гидроксилapatит  $[3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{Ca}(\text{OH})_2]$ . Для получения гидроксилapatита необходимо, чтобы в растворе были не только ионы  $\text{PO}_{4-3}$ , но и ионы  $\text{OH}$ , т. е. была щелочная среда, характеризующаяся определенным значением рН (9,2–10) котловой воды. В зависимости от щелочности обрабатываемой воды используются различными реагентами:  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  и др.

На котле применена трехступенчатая схема испарения (рис. 7).

В первую ступень испарения включены фронтальной 1 и задний 2 экраны и средняя часть барабана 3 между перегородками (чистый отсек). Во вторую ступень включены фронтальные и средние панели левого 4 и правого 5 боковых экранов с торцами барабана, отделенными от средней части перегородками (солевые отсеки). В третью ступень включены задние панели боковых экранов и четыре выносных циклона 6, питание к которым подведено из солевых отсеков барабана.

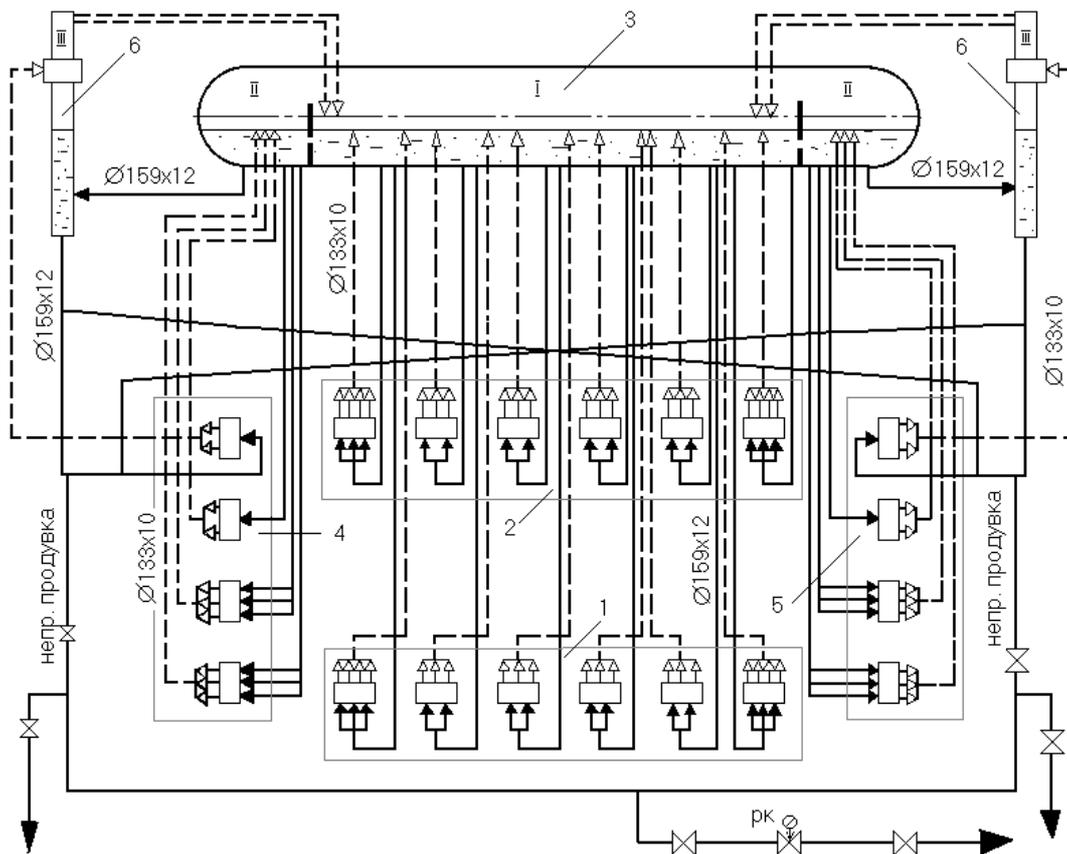


Рисунок 7. Схема циркуляции и непрерывной продувки котла

Для повышения надежности циркуляции все экраны секционированы. Каждая панель выделена в самостоятельный циркуляционный контур. Панели солевых контуров имеют дополнительное перекрестное питание от выносных циклонов для выравнивания солесодержания котловой воды по сторонам. Для поддержания нормального солесодержания котловой воды из солевых контуров выполнена непрерывная продувка котла.

Вся система экранов представляет собой конструкцию, подвешенную к верхним балкам каркаса, и имеет возможность свободного перемещения при тепловом расширении в период растопки и прогрева элементов котла.

### Пароперегреватель

Пароперегреватель конструктивно выполнен из потолочного 1, ширмового 2 и четырех ступеней конвективного 3 пароперегревателей (рис. 8).

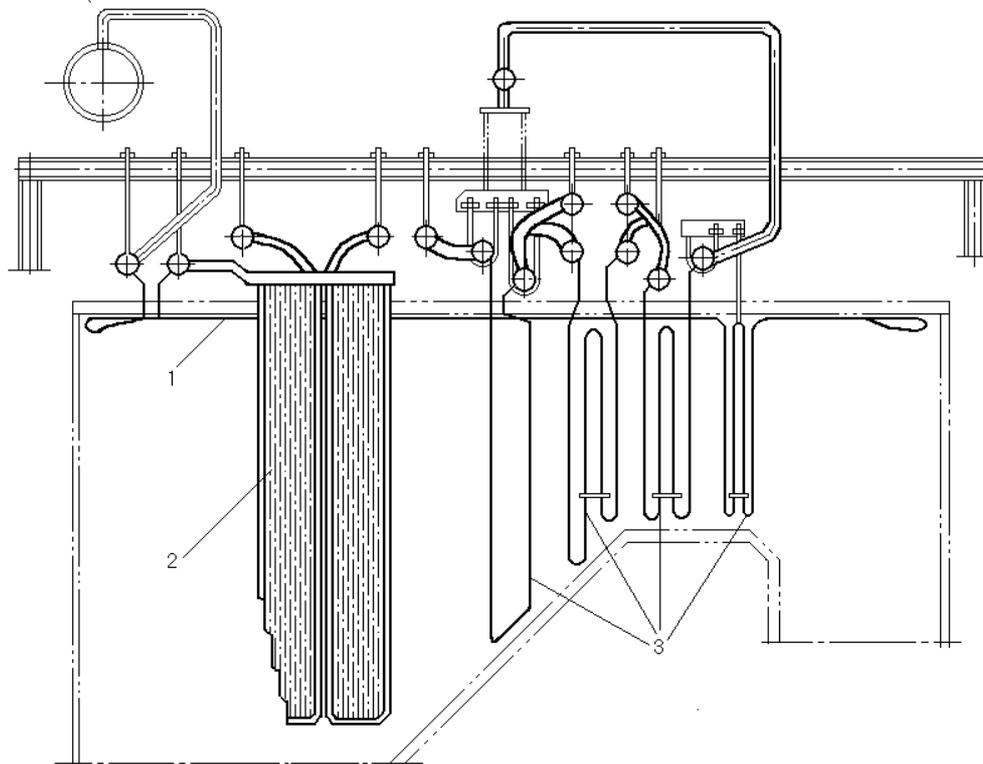


Рисунок 8. Общий вид пароперегревателя

По характеру тепловосприятия пароперегреватель разделяется на радиационную, полурadiационную и конвективную части. К радиационной части относится часть потолочного пароперегревателя, расположенная над топочной камерой; к полурadiационной – ширмовый пароперегреватель; к конвективной части – остальная часть потолочного пароперегревателя и 1, 2, 3 и 4 ступени конвективного пароперегревателя. Первая ступень конвективного пароперегревателя не имеет промежуточных камер и образована из труб потолочного пароперегревателя. Полурadiационный пароперегреватель состоит из 20 ширм, изготовленных из U-образных труб. Пароперегреватель двухпоточный, с независимым регулированием температуры пара в каждом потоке. Для регулирования температуры пара каждый поток имеет три горизонтальных пароохладителя впрыскивающего типа, расположенных в следующих местах: 1-й пароохладитель (1А,1Б) – в расщепке средних (холодных) и крайних (горячих) ширм; 2-й пароохладитель (2А,Б) – перед третьей ступенью конвективного пароперегревателя; 3-й пароохладитель (3А,3Б) – перед четвертой ступенью конвективного пароперегревателя (рис. 9).

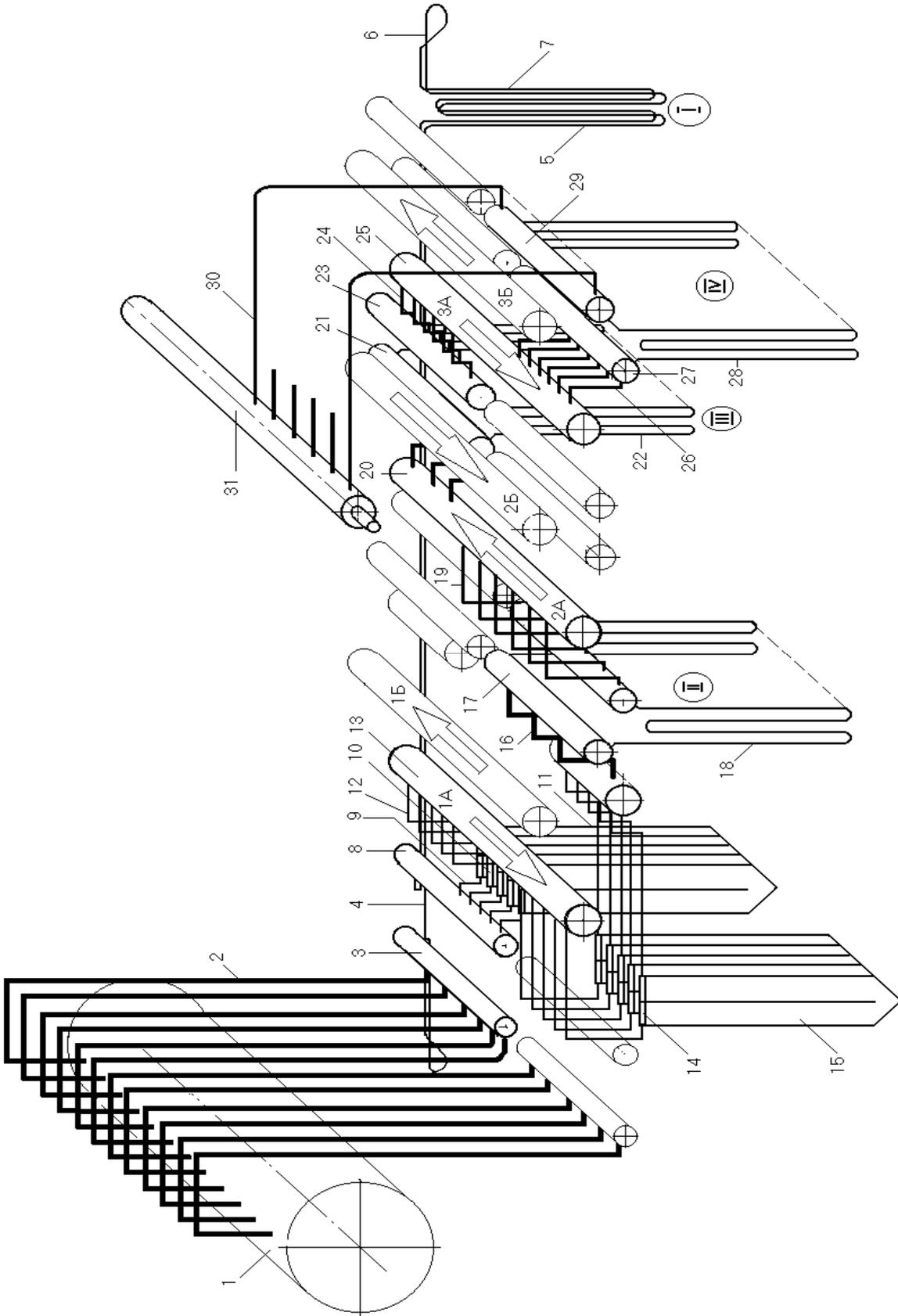


Рисунок 9. Пароперегреватель

Пароохладитель конструктивно представляет собой горизонтальный коллектор, в который включены подводящие и отводящие трубы предыдущей и последующей ступени пароперегревателя. Стенки камеры пароохладителя защищены рубашкой от резкого охлаждения брызгами конденсата.

Для увеличения перепада давления на соплах впрыска сопла устанавливаются в диффузоре.

Дистанционирование рядов труб пароперегревателя по ширине газохода производится посредством гребенок. Крепление пароперегревателя к металлоконструкциям потолочного перекрытия производится с помощью тяг и хомутов.

Насыщенный пар из барабана 1 котла (рис. 9) по 12 необогреваемым пароперепускным трубам 2 ( $\varnothing 108 \times 9$  /ст.20/) поступает во входную камеру потолочного пароперегревателя 3 ( $\varnothing 219 \times 26$ ), где разделяется на два потока (правый и левый). Пройдя потолочные трубы 4 пароперегревателя, прямоточные змеевики 5 конвективной части I ступени ( $\varnothing 38 \times 4$  /ст.20/) и далее потолочные трубы 6 над поворотной камерой, пар возвращается по противоточным змеевикам 7 в обратной последовательности в выходной коллектор 8 ( $\varnothing 219 \times 26$ ). Далее из выходной камеры по пяти пароперепускным трубам 9 ( $\varnothing 133 \times 10$ ) пар поступает во входные коллекторы 10 средних ширм 11 (6...10) левой стороны, пройдя средние ширмы, пар по пяти пароперепускным трубам 12 ( $\varnothing 133 \times 10$ ) направляется в 1-й пароохладитель 13 ( $\varnothing 325 \times 24$ ) и по нему перебрасывается в правую половину по ширине котла во входные коллекторы 14 крайних ширм 15 (16...20), после крайних ширм по трем пароперепускным трубам 16 ( $\varnothing 159 \times 15$  /ст.12Х1МФ/) пар поступает во входную камеру 17 ( $\varnothing 273 \times 26$ ) II ступени, где распределяется с 88-го по 174 пакет змеевиков 18 ( $\varnothing 32 \times 5$  /ст.12ХМФ/) II ступени, пройдя II ступень по шести пароперепускным трубам 19 ( $\varnothing 133 \times 13$ ), пар поступает во 2-й пароохладитель 20 ( $\varnothing 325 \times 32$  /ст.12ХМФ/), где перебрасывается в левую сторону газохода котла. Далее пар в коллекторе 21 распределяется между 1...87 пакетами 22 ( $\varnothing 32 \times 5$  /ст.12ХМФ/) змеевиков III ступени пароперегревателя. Пройдя змеевики III ступени, пар через коллектор 23 по трубам 24 поступает в 3-й пароохладитель 25 ( $\varnothing 325 \times 40$  /ст.12ХМФ/) и перебрасывается в правую сторону

газохода, где по трубам 26 поступает во входной коллектор 27. В коллекторе 27 пар распределяется между 88...174 пакетами 28 ( $\varnothing 32 \times 6$  /ст.12ХМФ/) змеевиков IV ступени, пройдя которые собирается в выходном коллекторе IV ступени 29 ( $\varnothing 275 \times 45$ ), откуда по шести пароперепускным трубам 30 ( $\varnothing 133 \times 17$  /ст.12ХМФ/) направляется в паросборную камеру 31 ( $\varnothing 325 \times 40$  /ст.12ХМФ/), расположенную на отметке 37,7 м. По обоим потокам движение пара аналогичное. Таким образом, правый поток пара находится в левой половине газохода в следующих поверхностях: потолочном и I ступени конвективного пароперегревателя, средних ширмах (6...10) и III конвективной ступени, остальные поверхности нагрева правого потока расположены в правой половине газохода котла.

Наименование впрыскивающих пароохладителей (левый, правый) независимо от их расположения по ширине газохода котла соответствует наименованию потока, на температуру пара которого они воздействуют.

Наименование потоков пара и расположенных по его ходу пароохладителей следующее: для левого потока пара – 1А, 2А, 3А; для правого – 1Б, 2Б, 3Б. Нумерация пароохладителей определяется стороной выхода пара в паросборную камеру, левый поток пара – паропровод 1 («А»), правый – паропровод 2 («Б»). Схема движения пара по обоим потокам идентична.

Перебросы пара в горизонтальном газоходе применены для выравнивания температурного перекоса перегретого пара при возможных нарушениях в работе горелок или режима горения в топке котла.

### **Конденсационная установка**

Конденсационная установка котла предназначена для производства собственного конденсата для впрыска в паровой тракт с целью регулирования температуры пара и состоит из четырех конденсаторов и конденсатосборника (рис. 10).

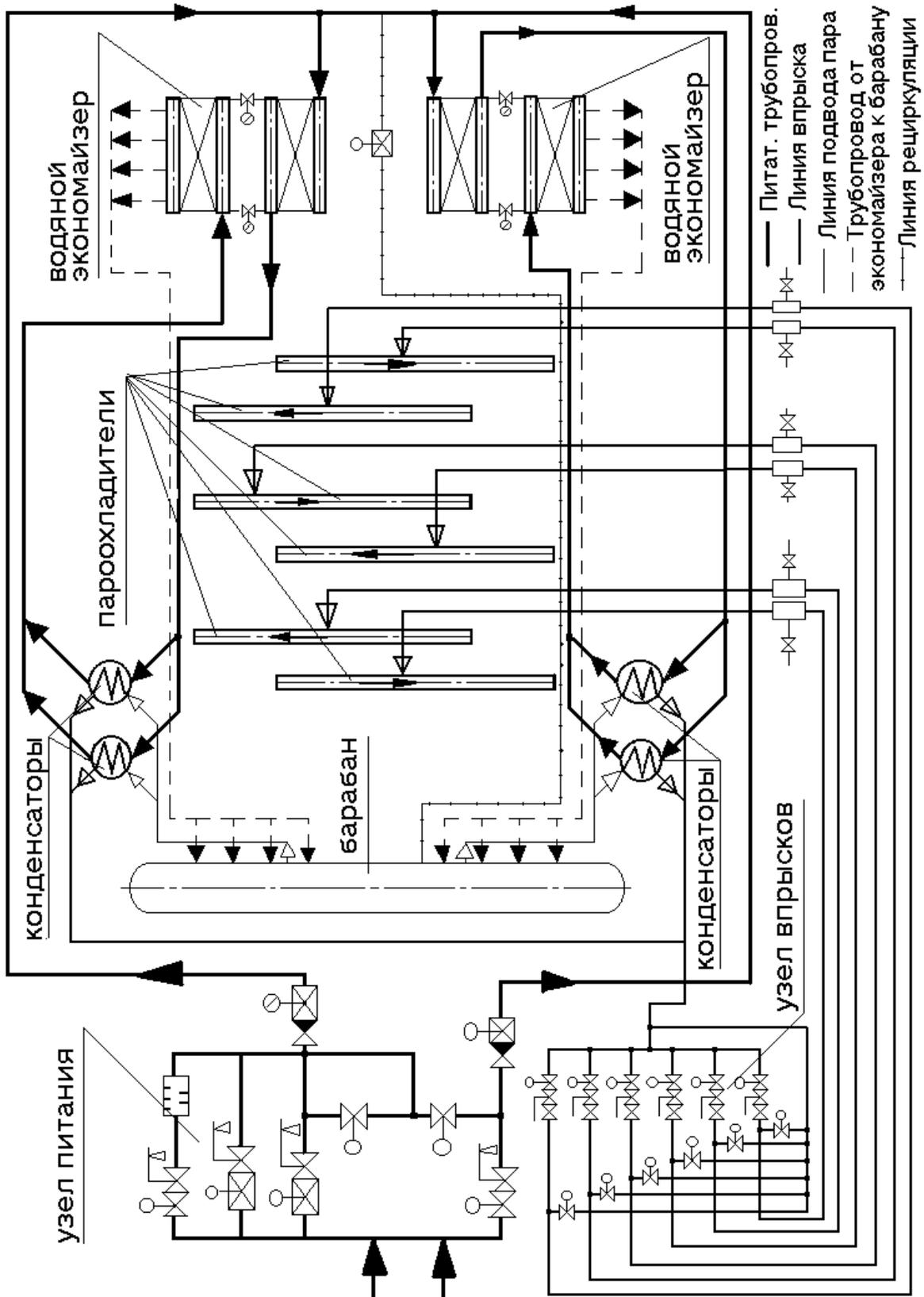


Рисунок 10 Схема конденсационной установки

Охлаждающей средой служит питательная вода котла, которая поступает после первой ступени водяного экономайзера и, пройдя конденсаторы, направляется во вторую ступень экономайзера. Конденсат образуется из насыщенного пара, поступающего в конденсаторы из барабана котла по двум трубам  $\varnothing 108 \times 10$ . Подача конденсата в пароохладители из конденсационной установки осуществляется за счет перепада давления между барабаном и точками впрыска в пароохладителях. Конденсатор представляет собой камеру  $\varnothing 426 \times 35$ , длиной 6450 мм, заполненную трубными пучками (рис. 11).

Трубный пучок набран из труб  $\varnothing 25 \times 3$ , выполненных в виде петель. Пар обтекает трубный пучок снаружи, охлаждающая вода проходит внутри трубок-петель. Образующийся конденсат из конденсатора поступает по 32 трубам  $\varnothing 60 \times 6$  в конденсатосборник  $\varnothing 219 \times 20$  и далее по трубам  $\varnothing 133 \times 10$  подается к регулирующей арматуре впрыска, расположенной на отметке 8,0 м. Поверхность нагрева конденсаторов составляет 32,4 м<sup>2</sup>.

Температура питательной воды до и за конденсационной установкой соответственно 269<sup>o</sup>C и 276<sup>o</sup>C. Производительность конденсационной установки 75,3 т/ч собственного конденсата.

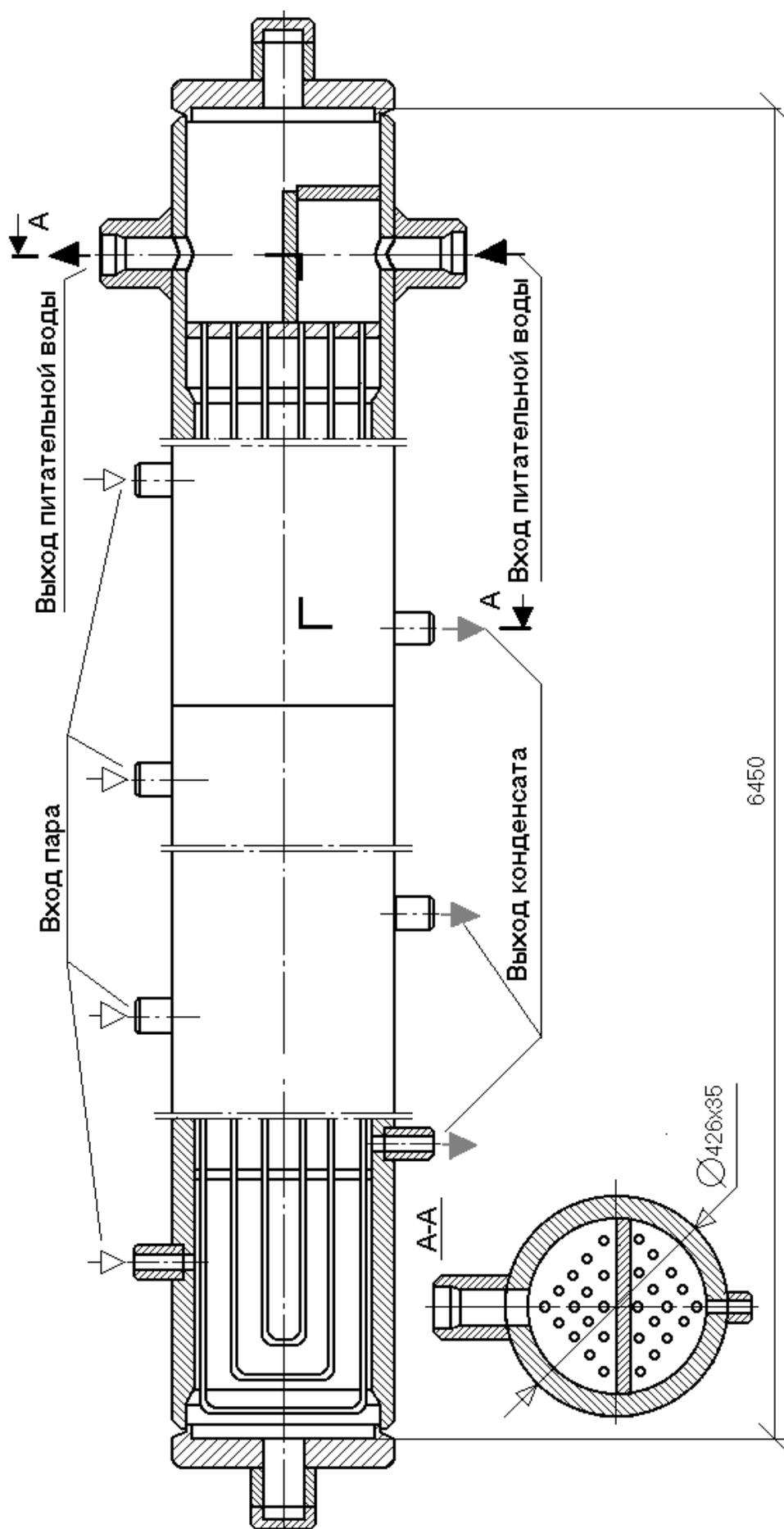


Рисунок 11. Конденсатор

### Водяной экономайзер

Водяной экономайзер выполнен из змеевиков с горизонтальным расположением. Змеевики и камеры выполнены из стали марки ст.20. Диаметр труб змеевиков  $25 \times 3,5$  мм. Водяной экономайзер рассчитан для подогрева питательной воды от  $230^\circ\text{C}$  до  $330^\circ\text{C}$  и выполнен врассечку с воздухоподогревателем.

Поверхность нагрева нижней части (первой ступени по ходу воды) водяного экономайзера равна  $2580 \text{ м}^2$ , а верхней (второй ступени по ходу воды) –  $1450 \text{ м}^2$ . Змеевики экономайзера располагаются параллельно фронту котла в шахматном порядке с шагом 85 мм в верхней ступени и 80 мм в нижней.

Входные и выходные камеры экономайзера изготовлены из труб, причем камеры нижней ступени находятся внутри газохода, что позволяет уменьшить присосы холодного воздуха в эту часть газохода.

В вертикальном положении пакеты змеевиков дистанционируются стояками, которые привариваются к балкам и камерам, являющимся одновременно и несущими конструкциями водяного экономайзера.

Питательная вода после нижней ступени водяного экономайзера по четырем трубам  $\text{Ø}159 \times 12$  подводится в конденсаторы и из них в верхнюю ступень водяного экономайзера. На трубопроводах в рассечке экономайзера имеются четыре дренажа – перемычки с запорной арматурой  $D_y = 50$  мм, служащих для соединения нижней ступени с верхней при спуске воды с экономайзера и охлаждения труб водяного экономайзера при пусках и остановках котла.

Подвод воды из экономайзера в барабан осуществляется по восьми трубам  $\text{Ø}133 \times 10$ .

Для охлаждения балок верхней ступени экономайзера выполнен отсос холодного воздуха из балок на всас дутьевых вентиляторов с шиберами и открытыми торцами балок со стороны топки котла и разделительного пространства между газоходами. Контроль за нагревом балок водяного экономайзера ведется по специальным приборам на щите управления (допустимая температура балок – не более  $200^\circ\text{C}$ ).

## Воздухоподогреватель

Воздухоподогреватель стальной, трубчатый, двухступенчатый, выполнен в рассечку с водяным экономайзером, чем достигается подогрев воздуха до температуры 400 °С (рис. 12).

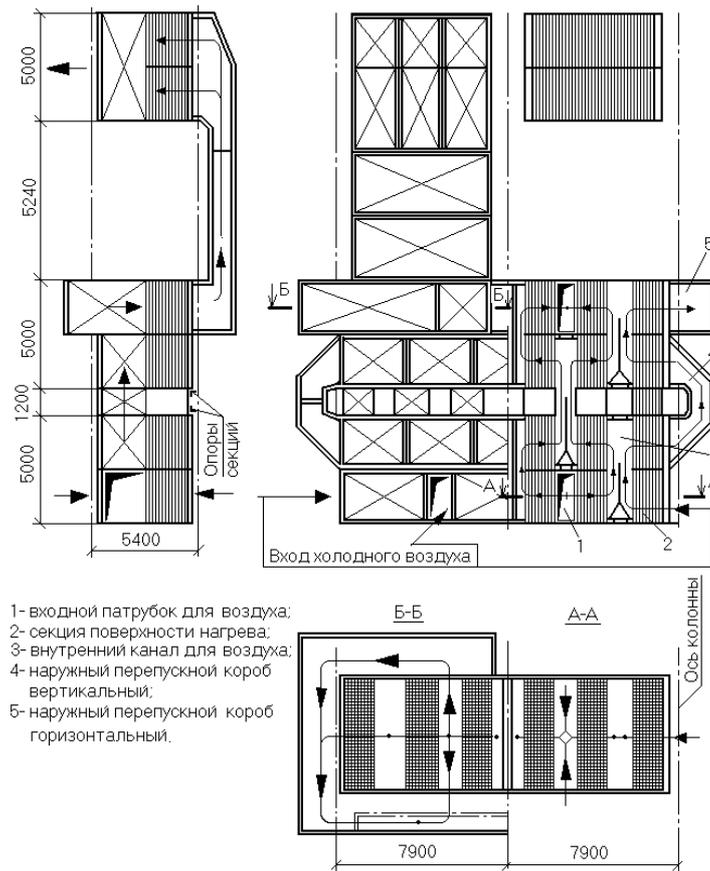


Рисунок 12. Схема воздухоподогревателя

## Обмуровка

Обмуровка – система огнеупорных и теплоизоляционных ограждений или конструкций, предназначенная для уменьшения тепловых потерь и обеспечения плотности. В котлах типа ТП-87-1 применена многослойная обмуровка облегченного типа, состоящая из следующих основных узлов (рис. 13): обмуровки топочной камеры (*а*); обмуровки потолочного перекрытия (*б*), опирающейся на трубы поверхностей нагрева; обмуровки горизонтального газохода (*в*); обмуровки газоходов хвостовых поверхностей нагрева (*г*). Наружная температура обмуровки при температуре окружающего воздуха 25 °С не должна превышать 45 °С.

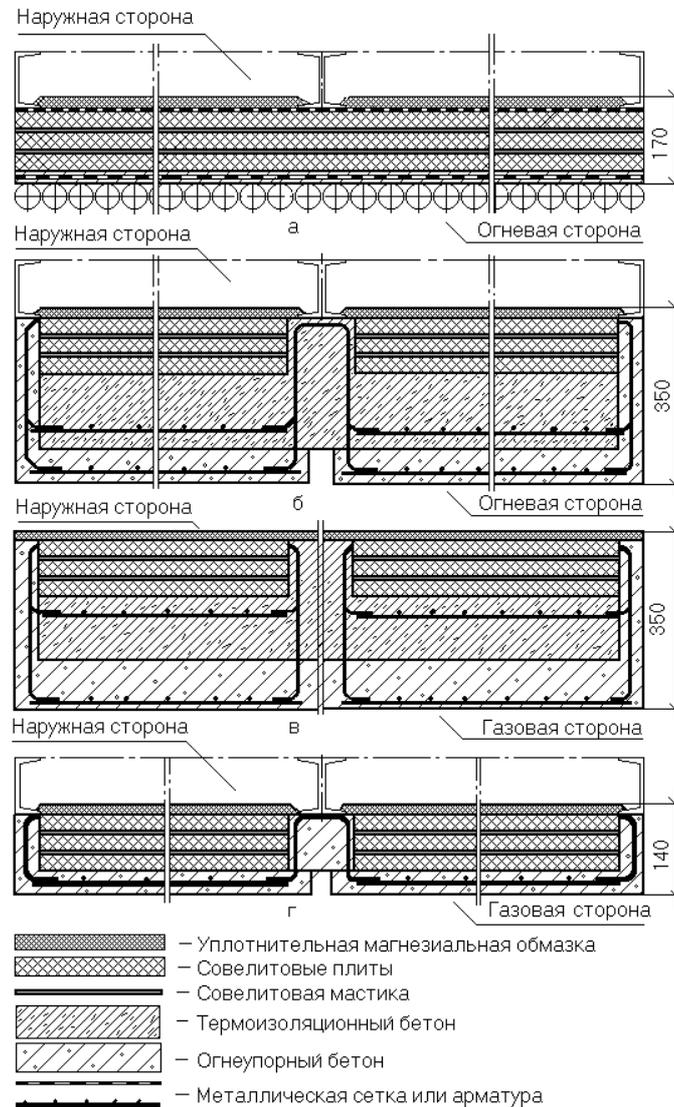


Рисунок 13. Обмуровка котла

В районе топочной камеры обмуровка выполнена натрубной и при тепловом расширении труб перемещается вместе с трубами экранов вниз. Обмуровка топочной камеры состоит в том, что на шпильки, приваренные к экранным трубам, натягивается металлическая сетка, на которую наносится слой огнеупорного бетона толщиной 25 мм, далее укладываются три слоя совелитовых плит по 40 мм, общей толщиной 125 мм с прослойкой совелитовой мастики между ними, и слой уплотнительной обмазки толщиной 20 мм, лежащий на металлической сетке. Толщина обмуровки топочной камеры 170 мм.

Обмуровка газохода конвективного пароперегревателя, поворотной камеры и водяного экономайзера собирается из блоков,

представляющих собою щиты. К щитам крепится сетка и армировка под огнеупорный термоизоляционный бетон.

Обмуровка газохода потолочного пароперегревателя и поворотной камеры имеет следующую структуру: огнеупорный бетон 60 мм, термобетон 135–165 мм, три слоя совелитовых плит с прослойками мастики общей толщиной 125 мм, наружная уплотнительная газонепроницаемая обмазка 20 мм. Общая толщина обмуровки 320–350 мм.

Обмуровка конвективных поверхностей нагрева содержит огнеупорный бетон 80 мм, термобетон 125 мм, три слоя совелитовых плит и наружную уплотнительную обмазку. Общая толщина обмуровки 350 мм.

Для обмуровки газоходов водяного экономайзера на сетку наносится слой огнеупорного бетона 40 мм, затем три слоя по 30 мм совелитовых плит с прослойкой совелитовой мастики 2,5 мм между ними. Общая толщина обмуровки газохода водяного экономайзера составляет 140 мм.

### **Каркас котла**

Каркас котла состоит из стальных колонн, связанных горизонтальными балками, фермами, раскосами, ригелями, связями и служит для восприятия нагрузок от барабана котла, всех поверхностей нагрева, обмуровки, изоляции, площадок обслуживания, а также газовых и воздушных коробов и других элементов котла. Опорные башмаки колонн каркаса жестко крепятся к подземному железобетонному фундаменту с помощью выпуска из фундамента арматуры, которая загнута на башмаки и приварена к ним.

### **Контрольные вопросы**

1. Котел ТП-87-1: назначение, компоновка, маркировка, технические характеристики, изготовитель, принцип действия.
2. Топка котла: назначение, тип, особенности конструкции. Для чего устроены пережим и аэродинамический выступ, как это выполнено конструктивно.
3. Система шлакоудаления: назначение, способ и конструктивное исполнение.
4. Горелочные устройства: назначение, принцип действия, конструкции и расположение.

5. Барабан котла: назначение, принцип действия и конструктивное исполнение устройств, расположенных в барабане котла.

6. Пароперегреватель: назначение, устройство, схема движения пара.

7. Конденсационная установка: назначение, принцип действия, устройство, основные характеристики.

8. Воздухоподогреватель: тип, назначение, конструктивные особенности, расположение и основные характеристики.

9. Водяной экономайзер: тип, назначение, состав, установка, принцип действия, основные характеристики.

10. Обмуровка котла: определение, требования, устройство.

11. Для чего установлен пароохладитель между ступенями пароперегревателя?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мейкляр, М. В. Современные котельные агрегаты ТКЗ. – 3-е изд., перераб. и доп. / М. В. Мейкляр. – М.: Энергия, 1978.

2. Роддатис, К. Ф. Котельные установки: учеб. пособие для студентов вузов / К. Ф. Роддатис. – М.: Энергия, 1977.

3. Гинзбург-Шик, Л. Д. Современные котлоагрегаты (Конструкции) / Л. Д. Гинзбург-Шик. – М.: Энергия, 1979.