

Вспомогательные котлы

На современных теплоходах и газотурбоходах котельная установка состоит, как правило, из вспомогательного и утилизационного котлов.

Отличительные особенности вспомогательных котлов

Вспомогательные котлы по сравнению с главными конструктивно более простые. Они имеют **небольшую паропроизводительность** и работают с **невысокими параметрами пара**. У вспомогательных котлов **более низкие экономические показатели**, поскольку эти котлы обычно **не оборудуются хвостовыми поверхностями нагрева** или они у них развиты слабо.

Типы котлов, применяемые в качестве вспомогательных

Вспомогательные котлы подразделяются на **газотрубные, водотрубные и газоводотрубные**. На судах с большей потребностью пара в качестве вспомогательных наибольшее распространение получили двухколлекторные одноходовые по газу водотрубные котлы с естественной циркуляцией. Газотрубные и газоводотрубные котлы применяют при сравнительно небольших потребностях в паре.

Основные условия

Вспомогательные котлы должны удовлетворять следующим основным условиям:

- 1) минимальные масса и размеры,
- 2) простота устройства,
- 3) надежность в эксплуатации,
- 4) сравнительно невысокие требования к качеству питательной воды,
- 5) возможность работы при безвахтенном обслуживании в автоматическом режиме,
- 6) достаточно высокая маневренность, т. е. быстрый переход с одного режима на другой.

Область применения паровых вспомогательных котлов

Суда с дизельной установкой

Из всех типов морских судов с главной дизельной энергетической установкой **танкеры** и **балктанкеры** (нефтерудовозы) имеют наиболее насыщенное вспомогательное пароэнергетическое оборудование, что связано с эксплуатационными особенностями этих судов и в значительной степени со стояночным режимом при выгрузке.

Груз в порту назначения выкачивают судовыми средствами в течение 8—10 ч, а это возможно только при условии, что **грузовые насосы** имеют привод большой мощности. В зависимости от грузоподъёмности судна мощность насосов может составлять 10 000 кВт и более. Электроприводы в данном случае применять нельзя, так как не хватит мощности судовой электростанции и поэтому в качестве приводов ставят вспомогательные паровые турбины.

Потребителями пара являются также **зачистные паровые поршневые насосы** типа ПНП, которые включаются, когда у центробежных грузовых турбоприводных насосов к концу выкачки груза произойдет срыв всасывания.

Кроме того, танкеры оборудуют паровыми системами **подогрева груза, подогрева воды при мойке танков, системами пропаривания танков после выкачки из них груза**. В целях пожарной безопасности широко используют **палубные механизмы с паровыми приводами**. Естественно, при столь развитом пароэнергетическом хозяйстве необходимо устанавливать высокопроизводительные вспомогательные котлы. Необходимость обслуживания их питательными средствами и подогревателями питательной воды часто обуславливает применение в качестве приводов к питательным насосам вспомогательных паровых турбин. В настоящее время продукты сгорания топлива от вспомогательной котельной установки используют в **системе инертных газов**, где ими для снижения пожароопасности заполняют цистерны и танки.

Вспомогательные котлы на крупнотоннажных дизельных танкерах по размерам, компоновке поверхностей нагрева и параметрам близки к главным котлам.

Суда с паротурбинной установкой

На судах с паротурбинными установками вспомогательные котлы, как правило, не ставят. На них обычно устанавливают два главных котлоагрегата, которые на ходу обеспечивают паром главные двигатели и вспомогательные паровые потребители. На стоянке в работе оставляют только один котел, нагрузка которого определяется в зависимости от потребностей в паре на стояночных режимах. Исключение составляют лишь отдельные транспортные и пассажирские суда, а также современные крупнотоннажные танкеры, у которых предусмотрена установка только одного главного котла. Работа одного высокопроизводительного главного котла на стоянке неэкономична. Всякие профилактические работы по нему становятся дорогостоящими, трудоемкими, а зачастую невыполнимыми. Поэтому применение вспомогательного котла с достаточной производительностью для обеспечения действия всех паровых потребителей на стоянке в такой установке становится обязательным. Кроме того, такой вспомогательный котел в случае аварийного выхода из строя главного двигателя должен обеспечить работу главной турбины с такой мощностью, при которой судно имело бы скорость 7—8 уз и не потеряло управляемость.

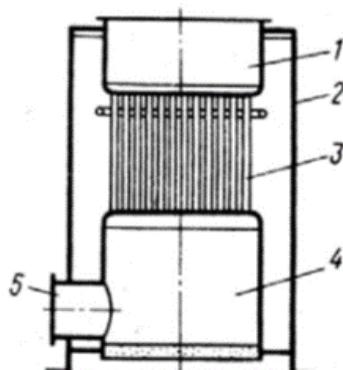


Рис. 1. Огнетрубный котёл фирмы Линдхольмен

Наиболее распространённые типы вспомогательных паровых котлов

Рассмотрим основные типы вспомогательных паровых котлов, получивших преимущественное распространение на морских теплоходах.

Огнетрубные котлы

Несмотря на то, что у огнетрубных котлов самые низкие показатели безопасности (в частности, самая высокая вероятность тяжёлых аварий), они продолжают успешно эксплуатироваться на судах и по отзывам судовых механиков являются самыми простыми и удобными в обслуживании и обладают высокой надёжностью при соблюдении правил технической эксплуатации. Обычно применяют вертикальные (около 19 %) и горизонтальные огнетрубные котлы.

Традиционной для вертикальных огнетрубных котлов является компоновка котла Линдхольмен: в вертикальной цилиндрической бочке 2 размещены цилиндрические дымовая коробка 1, топочная камера 4 и дымогарные трубы 3. Агрегатированное топочное устройство прикреплено к фланцу форсуночного патрубка 5.

Котлы типа КВВА.

На судах отечественной постройки имеют широкое распространение котлы типа КВВА. **Разработан ряд типов-размеров этих котлов паропроизводительностью от 1 до 12 т/ч на давление от 0,5 до 2,8 МПа.** Котлы серийно выпускаются без хвостовых поверхностей нагрева и при необходимости могут доукомплектовываться пароперегревателем и экономайзером в виде отдельно устанавливаемых узлов.

Марка таких котлов расшифровывается так: буквенная часть представляет собой сокращение, состоящее из начальных букв слов «Котёл водотрубный вспомогательный автоматизированный», цифра в числителе указывает паропроизводительность при нормальной нагрузке (т/ч), цифра в знаменателе — рабочее давление пара (кгс/см^2). Для примера рассмотрим котел КВВА 2,5/5 (рис. 5.1). Паропроизводительность котла 2,5 т/ч при рабочем давлении 0,5 МПа (5 кгс/см^2). Котёл вертикальный, двухколлекторный, однопроточный с естественной циркуляцией. КПД котла примерно 80%.

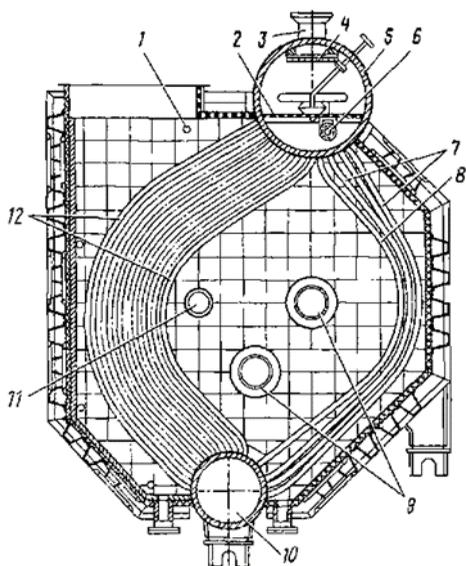


Рис. 5.1. Котел КВВА-2,5/5

9. Для наблюдения за процессом горения топлива имеется смотровой лючок 11 с защитным стеклом. Сажеобдувочные устройства 1, предназначенные для обдувки поверхностей нагрева паром, используются также и для мытья их водой при чистке котла с газовой стороны.

Котлы типа КАВ

Аналогичную конструкцию имеют широко применяемые в настоящее время на судах отечественной постройки **котлы типа КАВ**, по которым также разработан ряд типоразмеров. На судах, в частности, получили применение котлы КАВ паропроизводительностью от 1,6 до 6,3 т/ч при давлении 0,7 МПа и паропроизводительностью 10 и 16 т/ч при давлении пара 1,6 МПа. Это полностью автоматизированные, двухколлекторные, одноходовые по газу водотрубные агрегаты, рассчитанные на эксплуатацию без постоянной вахты. На режимах малых нагрузок (примерно до 20% номинальной) подача топлива в топку регулируется позиционно, а на режимах более высоких нагрузок — пропорционально паропроизводительности. На рис.

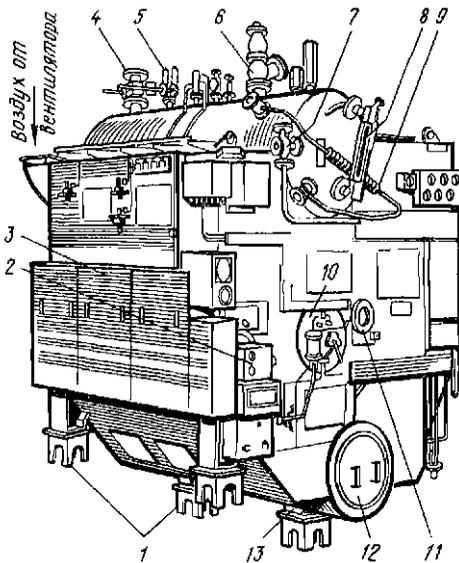
Подъемными являются трубы экрана 8 и конвективного пучка 12 диаметром 29 X 2,5 мм. Отпускные трубы 7, расположенные за экраном, имеют диаметр 44,5X3 мм. Все трубы соединяются с паровым 5 и водяным 10 коллекторами. Питательная вода подаётся к патрубку 6, над которым смонтирован успокоительный дырчатый щит 2. У парозаборного патрубка 3 тоже предусмотрен паровой дырчатый щит 4.

Топочное устройство оборудовано двумя форсунками

5.2 показан котлоагрегат КАВ 6,3/7, марка которого расширяется так: котел автоматизированный водотрубный, паропроизводительность 6,3 т/ч при давлении 0,7 МПа. КПД котла примерно 80%

В состав котлоагрегата, помимо котла, входят системы топливная, воздушная, питательная, зажигания топлива, автоматического управления, защиты и сигнализации, КИП.

Снаружи агрегата установлены топливный блок 3 с регулирующим блоком 2 и кнопчным постом «пуск— стоп», устройство системы автоматического управления и приборы контроля. Топочное устройство 10 оборудовано паромеханической форсункой. Для визуального контроля процесса горения и состояния кладки имеется смотровое отверстие 11 с двумя синими жаростойкими стеклами, закрываемыми изнутри и снаружи крышками.



На паровом коллекторе установлены стопорный клапан 6, предохранительные клапаны 4 и 5 (главный и импульсный), питательный клапан 7, водоуказательные приборы 8, термогидравлический регулятор уровня 9, воздушный клапан, клапан верхнего продувания и другая арматура. На водяном коллекторе 12 имеется клапан нижнего продувания. Котел крепится к судовому фундаменту с помощью

четырёх опор 13 и переходных ступей 1. Питательный насос, вентилятор и блок автоматического управления смонтированы отдельно.

Котёл (рис. 5.3) состоит из труб первого ряда бокового экрана 11 и конвективного пучка 16. Опускными являются три ряда труб 10, расположенных за первым рядом экрана. Все трубы соединяются с паровым 1 и с водяным 12 коллекторами. Трубы крепятся к коллектору с помощью развальцовывания. На заднем днище парового и на обоих днищах водяного коллекторов имеются лазы 13. Каркас 15 состоит из стенок, выполненных из листового и профильного проката. Между наружной и

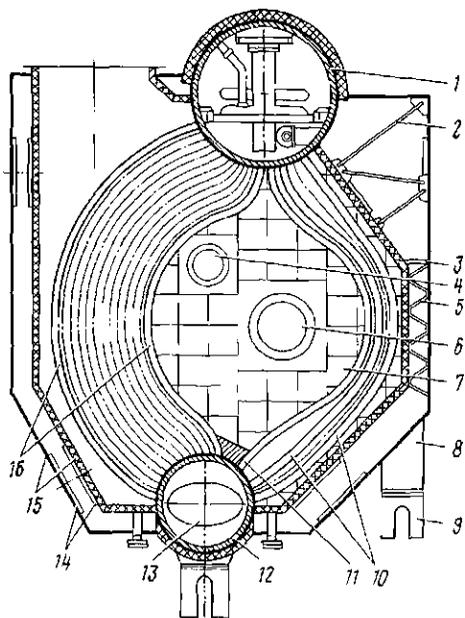


Рис. 5.3. Котел КАВ 6,3/7

внутренней стенкой образуется межобшивочное пространство, по которому проходит воздух перед поступлением в топку. Для жесткости каркаса предусмотрены трубные связи 2, перегородки 3 и распорные скобы 5. Для доступа к трубной части в кожухе имеются отверстия с плотно закрывающимися крышками 14.

Кирпичная кладка 7 выполнена из огнеупорных шамотных кирпичей, установленных на слой асбестового картона. В кладке сделаны фурма для форсунки 6 и отверстие 4 для смотрового устройства. Боковые, потолочные и фронтальные стенки, свободные от кирпичной кладки, изолированы асбестовым картоном, который со стороны газов покрыт листами из нержавеющей стали. Открытые наружные поверхности коллекторов изолированы совелитовыми плитами. Опоры 8 болтами и гайками крепятся к переходным стульям 9. Одна опора неподвижная, остальные — подвижные. Переходные стулья приварены к судовому фундаменту.

Котлы типа VX

Вспомогательные вертикальные газоводотрубные котлы типа VX (рис. 5.13). Разработан ряд типоразмеров паропроводительностью от 0,3 до 3,3 т/ч при давлении пара 0,5—1,0 МПа, КПД 75%.

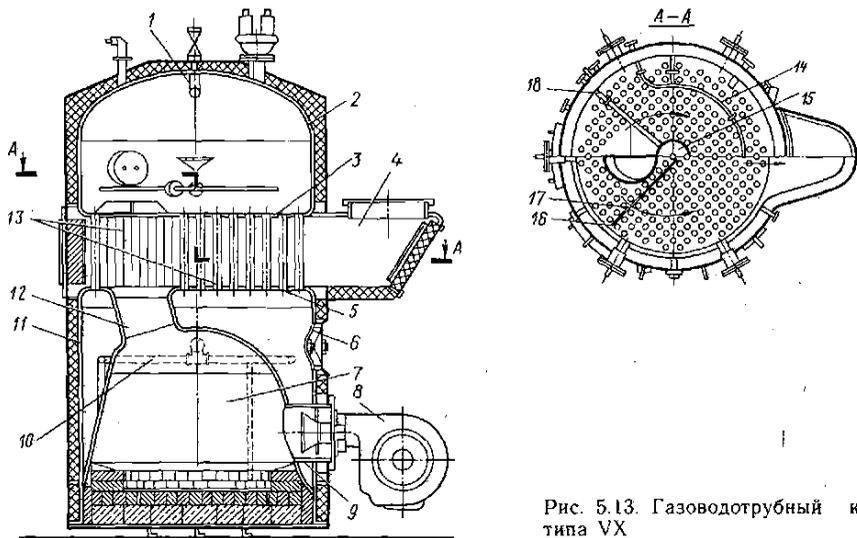


Рис. 5.13. Газоводотрубный котел типа VX

Котел сварной конструкции состоит из нижнего 11 и верхнего 2 цилиндрических корпусов с трубными решетками 3 и 5, к которым приварены трубы 13. В нижний корпус вварена сфероконическая топка 7, имеющая огневого патрубок 12 для выхода газов, и патрубок 9, предназначенный для размещения топочного устройства. Там же расположены трубы нижнего продувания 10. В верхнем корпусе размещены питательная труба 14, парозаборное устройство 1, труба 18 с воронкой 15 для верхнего продувания. Газотрубную часть поверхности нагрева образуют стенки топочной камеры и патрубок 12, водотрубную часть — трубы 13.

Продукты сгорания из топочной камеры по огневому патрубку направляются в межтрубное пространство, огражденное снаружи корпусом газохода 4. Газонаправляющая перегородка 16 с отверстием 17 обеспечивает двустороннее движение газов. В качестве топочного устройства наиболее часто применяют топливно-форсуночный агрегат 8 типа «Монарх»,

обеспечивающий работу котла в автоматическом безвахтенном режиме. Для доступа внутрь корпусов предусмотрены лазы б.

Такие котлы, в частности, установлены на серии лесовозов типа «Волголес», на учебно-производственных судах типа «Профессор Щеголев», на ролкерах, на ряде серий рыбопромысловых судов. Основным преимуществом котлов типа VX является простота устройства, однако из-за отсутствия хвостовых поверхностей нагрева КПД таких котлов невысок.

Схожую конструкцию имеют котлы AQ-3 датской фирмы «Ольборг». Отличие этих котлов состоит в дополнительных связях, подкрепляющих трубные решетки, форме газорыпускного патрубка топки и наличии двух опускающих труб.

Вспомогательные паровые котлы с принудительной циркуляцией фирмы «Клейтон»

Вертикальный водотрубный котёл имеет цилиндрическую форму и паропроизводительностью 3500 кг/ч при рабочем

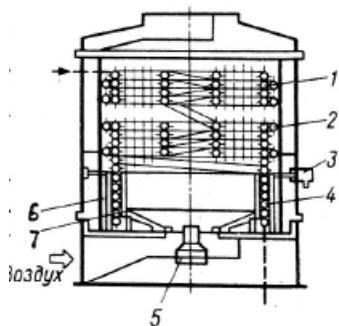


Рис. 1. Котёл фирмы Клейтон

давлении 0,6 МПа. Топочное устройство 5 расположено внизу. Экономайзерная секция 1 состоит из пакета плоских спиральных змеевиков и расположена над секцией тоже плоских парообразующих змеевиков 2; секции включены последовательно. Парообразующие змеевики 2 тоже последовательно соединены с геликоидально-навитыми трубами, образующими цилиндрическую охлаждаемую стенку б топки. Для защиты этих труб от прямого излучения факела в котле предусмотрен экран 7 из хромоникелевой стали. Главной особенностью является наличие термостатического парообразующего витка 4, предназначенного для контроля теплового состояния парообразующей части. Этот виток включён в систему защиты котла. В случае перегрева парообразующей

части из-за отсутствия циркуляции тепловое расширение термостатического витка 4 обуславливает срабатывание конечного выключателя 3 в системе электропитания быстрозапорного топливного клапана.

Утилизационные котлы

Большинство современных теплоходов оборудуется утилизационным котлом, с помощью которого можно получать пар путём использования теплоты уходящих газов от главного двигателя.

В энергетических установках средней и большой мощности в утилизационном котле на ходу можно получить пара гораздо больше, чем его необходимо для общесудовых и технических нужд, поэтому избыток пара часто направляют во вспомогательную паровую турбину, приводящую в действие электрогенератор. Таким образом, используя теплоту уходящих от главного двигателя газов можно получить пар, который будет использован не только для теплоснабжения, но и для выработки электроэнергии.

Это значит, что на ходу судна можно не включать вспомогательный котёл и дизель-генератор и таким образом сэкономить 8—12% топлива и более. **Схема компоновки установки, в которой пар от утилизационного котла используется для теплоснабжения и выработки электроэнергии, называется *схемой глубокой утилизации теплоты*, которая наиболее широко используется в дизельных танкерах.** Эти суда по сравнению с судами других типов имеют наиболее высокий коэффициент ходового времени, что определяется быстротой погрузки и выгрузки, а значит, и непродолжительными стоянками в портах.

Требования, предъявляемые к вспомогательным котлам, в полной мере относятся и к утилизационным котлам, которые могут быть газотрубными и водотрубными, иметь естественную и принудительную циркуляцию воды.

Водотрубный котёл с естественной циркуляцией.

Примером водотрубного утилизационного котла с естественной циркуляцией воды может служить котлоагрегат отечественной постройки КУП-110/5,5¹ (рис.5.16). Паро-

изводительность котла до 1,3 т/ч при давлении пара 0,55 МПа. Котел конструктивно выполнен

двухколлекторным, вертикальным.

Его паровой коллектор 3 соединен с водяным коллектором 5 трубами 6 и 4. Трубы 6 являются подъёмными, а трубы 4, обогреваемые с меньшей интенсивностью—

опускными. Отработавшие газы от главного двигателя подводятся к патрубку 7, омывают поверхность нагрева агрегата и через искрогасительную камеру 2 уходят в дымоход 1.

Для улучшения омывания пучка труб 6 газами и повышения эффективности его работы в пучке труб установлена перегородка 9. Агрегат оборудован

заслонками 8 и газонаправляющим щитом 10, служащими для направления всех или части выпускных газов двигателя через поверхность нагрева котла или мимо неё в зависимости от потребностей в паре.

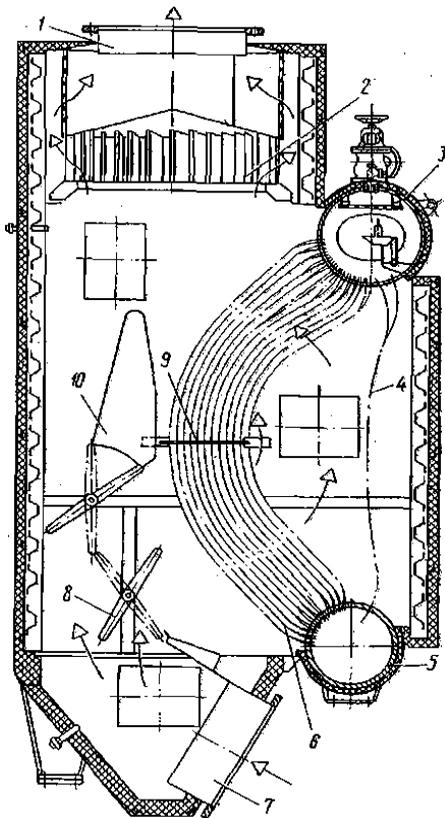


Рис. 5.16. Котёл КУП 110/5,5

Утилизационный котёл с принудительной циркуляцией. Котлы типа «Ла Монт».

На современных теплоходах преимущественное распространение получили водотрубные утилизационные котлы с многократной принудительной циркуляцией и парообразующей поверхностью, выполненной из труб в виде петель или змеевиков. Агрегаты такого типа выпускаются отечественной промышленностью и зарубежными фирмами, среди которых наиболее распространены **котлы типа «Ла Монт»**. Преимуществами таких котлов являются небольшие масса и размеры при большой площади поверхности нагрева, свобода компоновки, быстрый подъем пара, безопасность форсировки, возможность использования поверхностей нагрева в качестве глушителя шума выпуска главного двигателя. Основным недостатком является меньшая надёжность из-за необходимости установки циркуляционных насосов. Для теплоснабжения на теплоходах широко применяют утилизационные котлы с принудительной циркуляцией, имеющие только парообразующую поверхность нагрева. Они выпускаются паропроизводительностью от 0,175 до 3 т/ч при давлении пара 0,49 МПа и имеют площадь поверхности нагрева от 15 до 300 м² (рис. 5.17). Поверхность нагрева котла, омываемая отработавшими газами главного двигателя, представляет собой набор спиральных горизонтальных змеевиков 8, внутри которых движутся вода и пароводяная смесь. Змеевики навивают по кольцевой, спирали так, что в середине их образуются свободные проходы, в которые устанавливается вставка б. Концы змеевиков приваривают к штуцерам вертикальных распределительных коллекторов 2 и 1. К коллектору 2, называемому входным, подводится вода от циркуляционного насоса. Другой коллектор 1, от которого отводится пароводяная смесь, называется выходным. На входных концах змеевиков ставят дроссельные шайбы, а иногда клапаны, с помощью которых вода равномерно

¹ Марка расшифровывается так: буквенная часть состоит из начальных букв слов «котёл утилизационный паровой», в дроби числитель — площадь поверхности нагрева (м²), знаменатель — давление пара (кгс/см²).

распределяется по змеевикам. Имеются конструкции утили-
зационных котлов, в которых змеевики навиты не по кольцевой

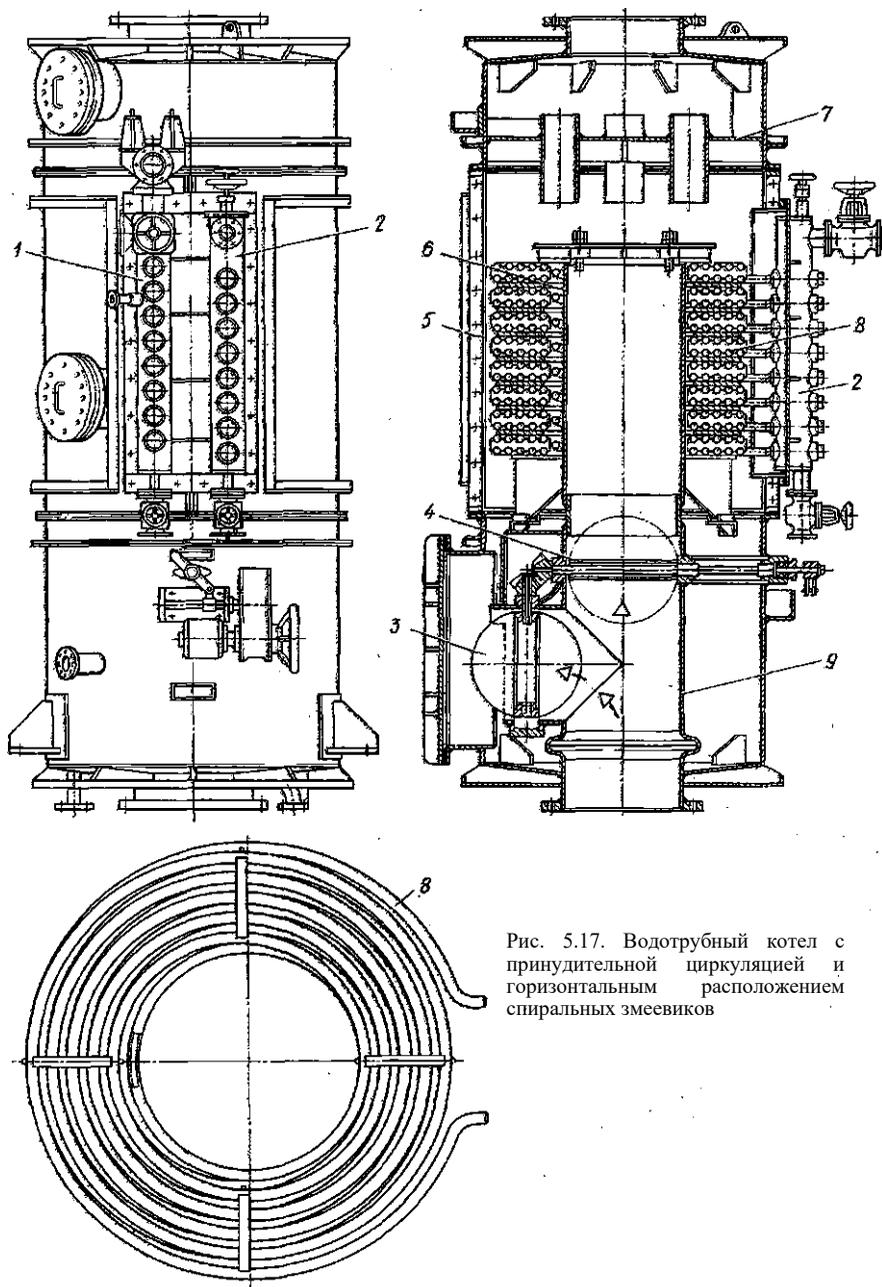


Рис. 5.17. Водотрубный котел с
принудительной циркуляцией и
горизонтальным расположением
спиральных змеевиков

спирали, а по форме, приближенной к прямоугольнику.

Для регулирования потока газа через поверхности нагрева, а следовательно, для регулирования паропроизводительности имеются две сблокированные через коническую передачу заслонки 3 и 4. Когда заслонка открыта, а, заслонка 3 закрыта, выпускные газы направляются по каналу вставки 6 мимо трубного пучка. Когда же газы проходят через змеевики, то заслонка 4 закрыта, а заслонка 3 открыта. Управление заслонками обычно автоматизировано. Кожух котла состоит из трёх основных частей: входной газовой камеры 9, газохода с поверхностями нагрева и глушителя 7. На кожухе имеются лючки для контроля состояния внутренних полостей котла.

Из-за высокой влажности вырабатываемого пара требуется применение сепаратора пара, который конструктивно может быть выполнен горизонтальным и вертикальным. В отдельных установках роль сепараторов пара выполняют паровые коллекторы вспомогательных котлов (см. § 5.4). Сепаратор является паросборником, в котором пар отделяется от влаги. Пар поступает в сепаратор в виде пароводяной смеси из выходного распределительного коллектора утилизационного котла. Сепаратор одновременно служит ёмкостью с запасом воды, достаточным для компенсации - колебаний уровня при пуске котла и во время переменных режимов работы.