

# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА ПК

Цель:

1. Изучить назначение и устройство:
  - пароперегревателей ПК;
  - экономайзеров;
  - воздухоподогревателей.
2. Изучить правила эксплуатации дополнительных поверхностей нагрева.

# ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛИ

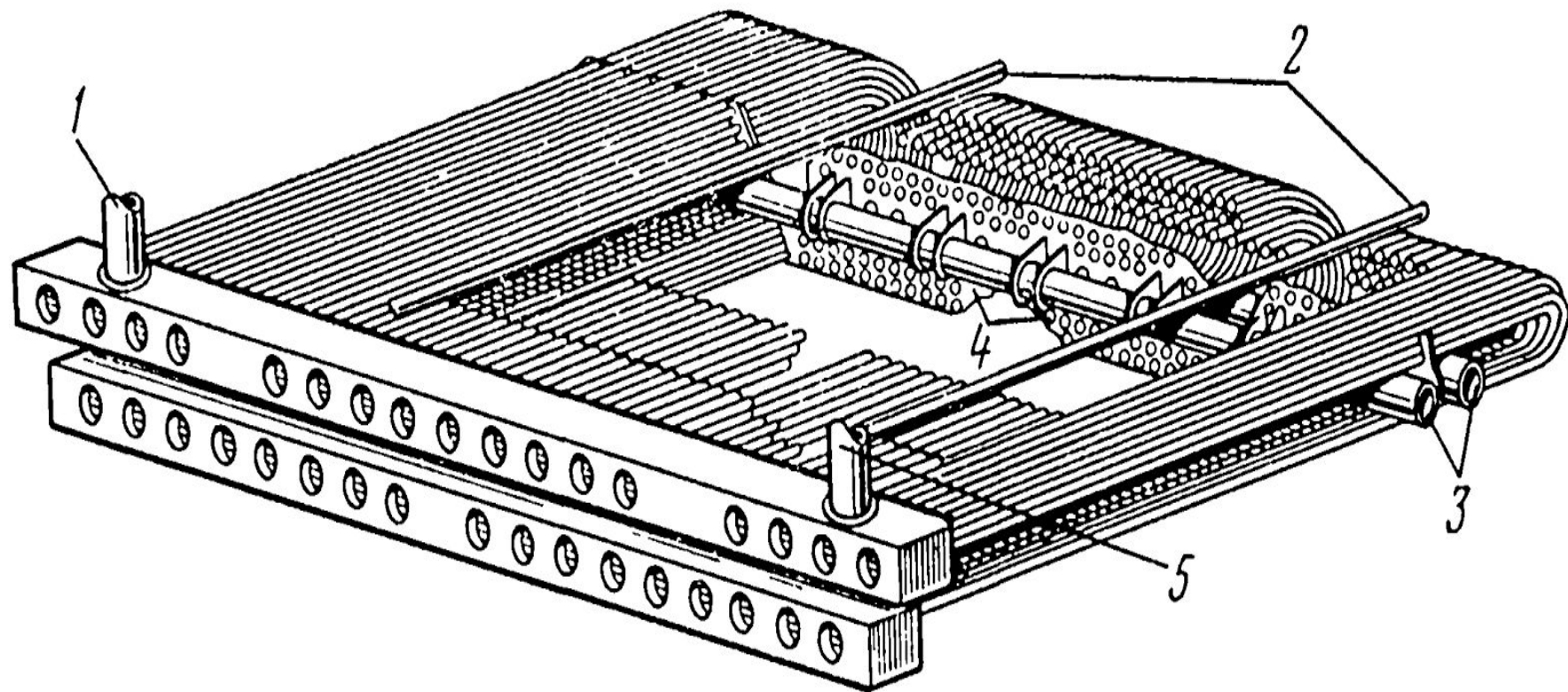
Начальные параметры пара (давление и температура), вырабатываемого котлом, значительно влияют на экономичность работы паросиловой установки. Наибольшее влияние на ее КПД оказывает повышение температуры перегретого пара. Так, при повышении температуры на 20—25 С общий КПД паровой установки увеличивается примерно на 1 %. Для получения перегретого пара используют **пароперегреватели**, устройство которых зависит от типа и конструкции котлов.

Различают пароперегреватели водотрубных и огнетрубных котлов, которые подразделяются следующим образом: по расположению труб — вертикальные и горизонтальные; по конструкции — змеевиковые, петлевые и с трубками малого прогиба; по способу тепловосприятия — конвективные, радиационные и комбинированные.

**Радиационные пароперегреватели из-за больших тепловых нагрузок и малой надежности практически не используются в судовых паровых котлах.**

*В судовых водотрубных котлах устанавливают, как правило, только конвективные пароперегреватели.*

*Наибольшее распространение в современных водотрубных котлах получили горизонтальные петлевые и змеевиковые пароперегреватели.*



- На рисунке выше показан общий вид горизонтального петлевого пароперегревателя, снабженного двумя коллекторами с патрубками насыщенного 5 и перегретого 1 пара. Одним из существенных недостатков горизонтальных пароперегревателей является возможность провисания труб в процессе эксплуатации, в результате чего ухудшается теплопередача (из-за нарушения шаговых отношений). Кроме того, для извлечения пароперегревателя приходится удалять часть деформированных труб. Для устранения провисания трубы пароперегревателя устанавливают в специальных листах 4 из жаростойкой стали, которые прикрепляют к водогрейным трубам 5, включенным в общий контур циркуляции котла. Количество фиксирующих листов (не более 3 – 4) зависит от длины труб пароперегревателя. Для обдувки последних устанавливают трубы 2 сажеобдувочных устройств.

▣ Недостаток петлевого пароперегревателя — невозможность обеспечения высокого перегрева пара из-за ограничения количества рядов труб (а следовательно, и поверхности нагрева) конструктивными размерами коллекторов пароперегревателя. Этого недостатка не имеет горизонтальный змеевиковый пароперегреватель. При использовании змеевиковых пароперегревателей можно получить любую температуру перегрева, но при этом предъявляются повышенные требования к чистоте пара, так как внутренняя поверхность труб практически недоступна для механической чистки. Чистить внутреннюю поверхность петлевых пароперегревателей, несмотря на наличие люков в коллекторе, также очень трудно.

В судовых и корабельных котлах место пароперегревателя в газовом тракте котла определяется стремлением одновременно удовлетворить следующим основным требованиям;

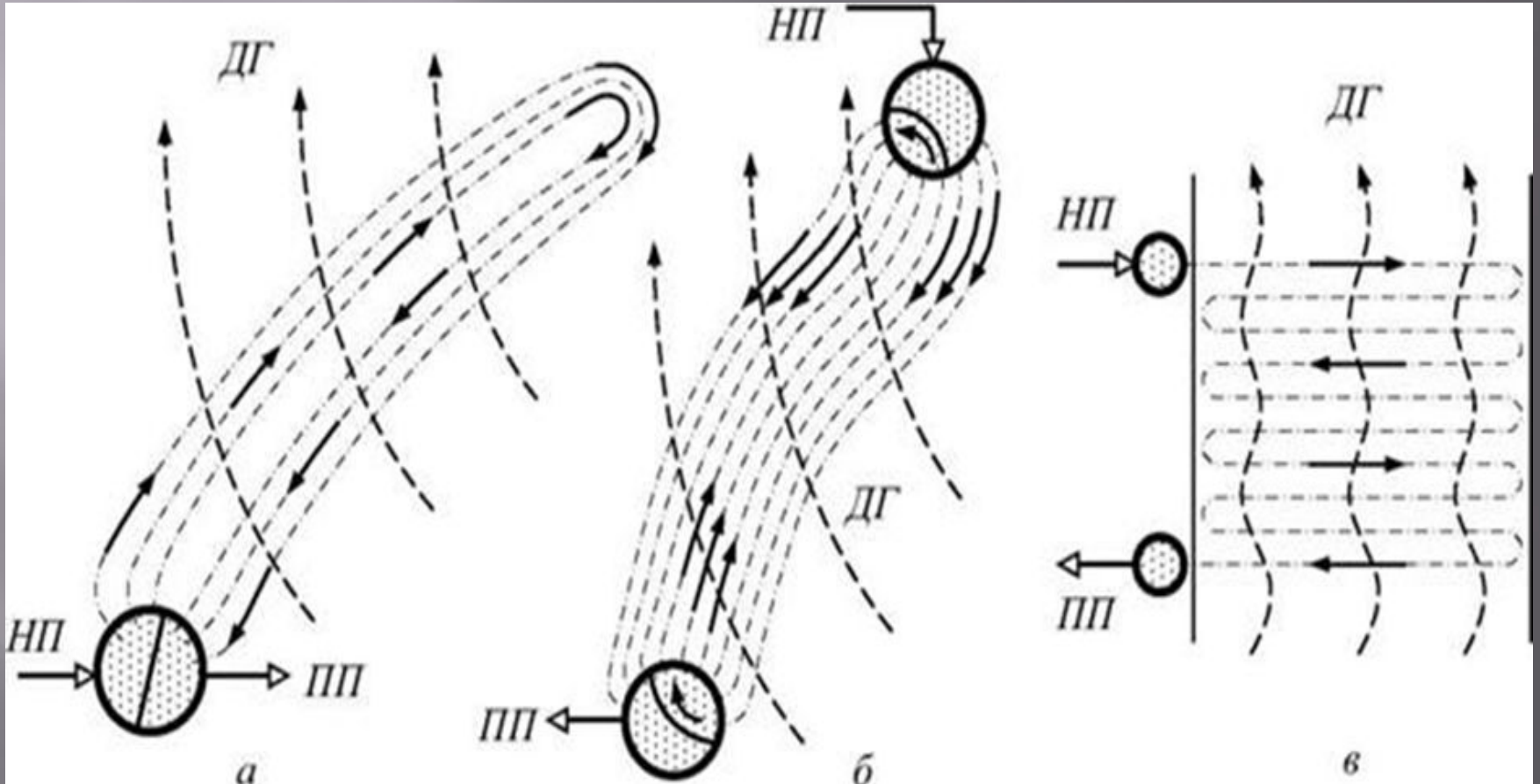
- обеспечить надежность и простоту конструкции;
- обеспечить поддержание постоянной температуры перегретого пара на разных режимах нагрузки котла;
- сократить площадь поверхности нагрева пароперегревателя.

В настоящее время в судовых и корабельных котлах встречаются следующие типы пароперегревателей:

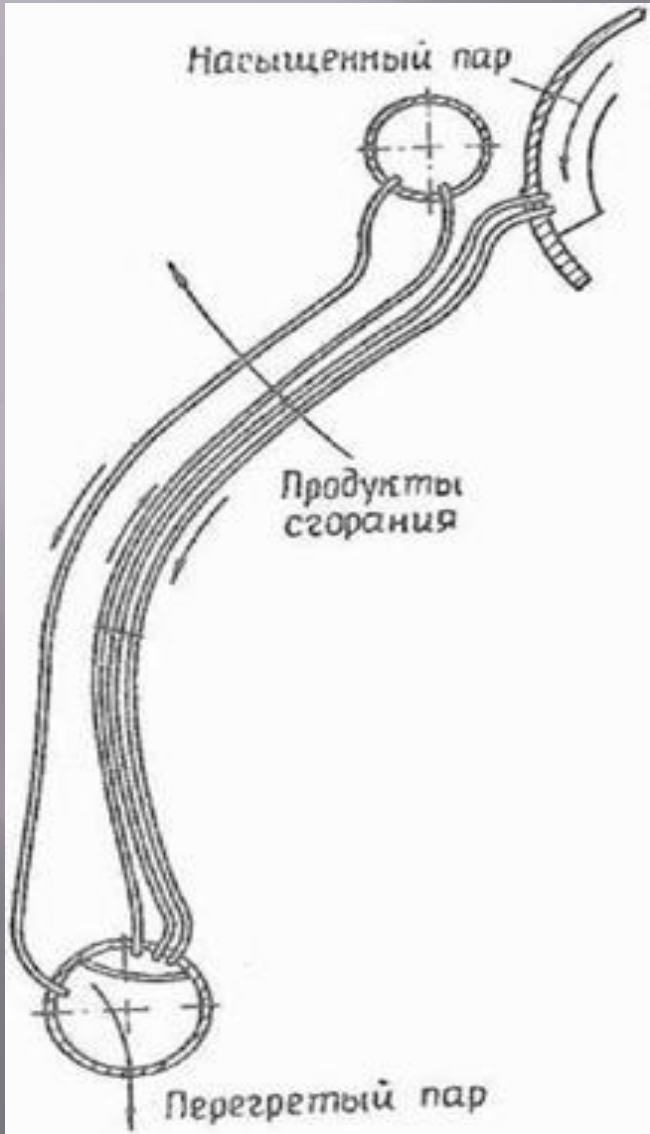
Вертикальный петлевой пароперегреватель

Эти пароперегреватели располагают обычно либо в газоходе за конвективным испарительным пучком, либо внутри испарительного пучка. По перепускной трубе насыщенный пар из парового коллектора поступает в коллектор пароперегревателя с заднего фронта и далее, двигаясь к переднему фронту, совершает несколько ходов по трубам последовательно включенных групп петель (на данном рисунке изображен 4-х ходовой петлевой пароперегреватель).

Схемы пароперегревателей судовых паровых котлов: а - вертикальный петлевой; б - вертикальный двухколлекторный; в - горизонтальный змеевиковый.



## Петлевой пароперегреватель



- Вертикальный двухколлекторный пароперегреватель, расположенный за конвективным парообразующим пучком;
- В этом типе пароперегревателя несколько первых рядов труб одновременно служат для перепуска пара из парового коллектора в нижний коллектор пароперегревателя. В паровом коллекторе насыщенный пар поступает в пароперепускную выгородку, куда выведены первые ряды труб ПП, и делает первый ход в нижний коллектор ПП. Отсюда перегреваемый пар совершает еще два хода по трубам остальных рядов между нижним и верхним коллекторами пароперегревателя.
- В конструкции такого пароперегревателя меньше внутренних сочленений и он проще. Но при этом паровой коллектор загромождается деталями пароперепускной выгородки, уменьшаются объем парового





# ЭКОНОМАЙЗЕРЫ

Для предварительного подогрева питательной воды за счет тепла дымовых газов в паровых котлах используют *экономайзеры*. Обычно их устанавливают непосредственно за испарительной поверхностью нагрева котла перед воздухоподогревателем. Подогрев питательной воды, поступающей в паровой котел, дает возможность сократить размеры его парообразующей поверхности и повысить КПД котла.

По конструкции экономайзеры подразделяют на змеевиковые и петлевые, по типу поверхности нагрева — на гладкотрубные, плавниковые, игольчатые и ребристые.

Наибольшее распространение на судах получили гладкотрубные экономайзеры из-за простоты изготовления, эксплуатации и ремонта. В судовых котлах используют экономайзеры, температура воды которых на 40 — 60 С ниже температуры ее кипения. Они называются *некипящими*.

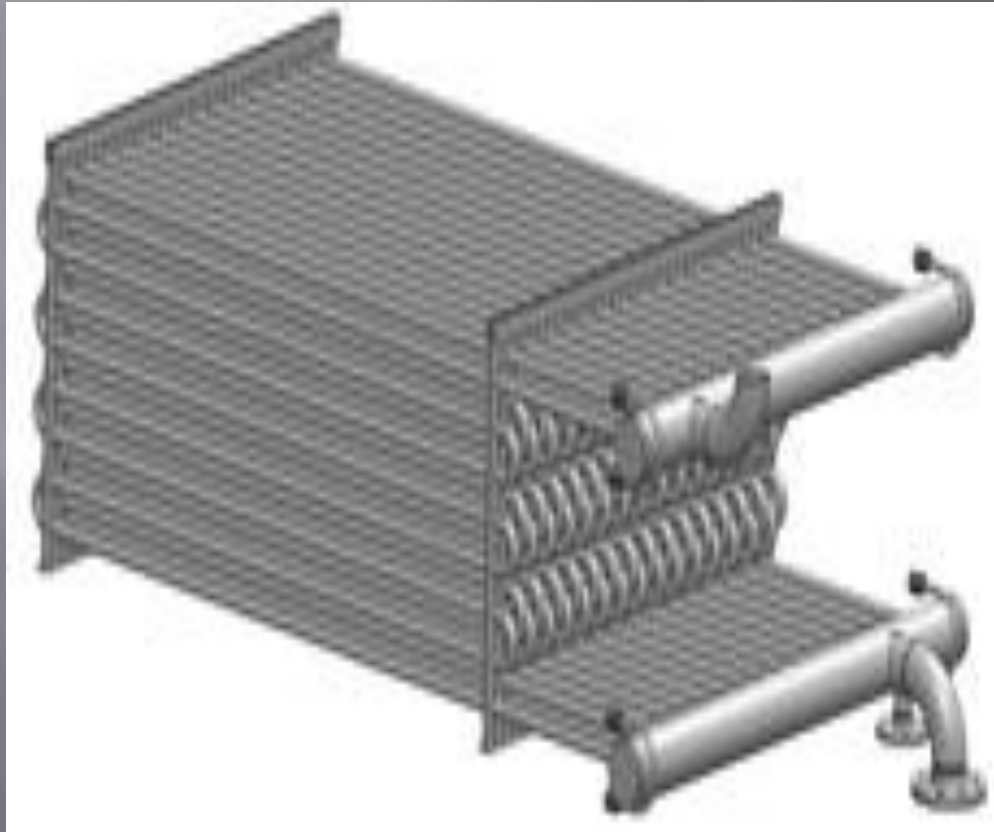
На рис. показан гладкотрубный ВЭ. Он состоит из двух коллекторов 1, 3 и прикрепленных к ним змеевиков 4. Питательная вода поступает в коллектор 1 и, пройдя по змеевикам 4, входит в коллектор 3. Коллекторы жестко связаны с каркасом котла. Для увеличения скорости движения воды коллекторы разделены поперечными перегородками на отдельные камеры, соединенные между собой перепускными трубами 2. Охлаждаемые трубы 5, включенные в питательную магистраль, служат опорами змеевиков ВЭ.



**Внутренний диаметр коллекторов ВЭ составляет 100–200 мм, наружный диаметр труб = 25 ÷ 38 мм, поперечный и продольный относительные шаги труб в змеевиках 1,5. Скорость воды в трубах ВЭ должна составлять 1,5–2,5 м/с. Скорость менее 1,5 м/с может привести к застою газовых пузырей у внутренней стенки труб, а более 2,5 м/с – к неоправданному росту гидравлического сопротивления ВЭ.**

- **Наибольшее распространение получили змеевиковые конструкции в одно- и многосекционном исполнении. В ВЭ вода, как правило, не догревается до температуры кипения на 30–70°C. Кипящие экономайзеры из-за низкой надежности в судовой практике распространения не получили. Чтобы исключить застаивание паровых и воздушных пузырей вблизи стенок труб, в ВЭ чаще используют восходящее движение воды (прямоток) в трубах. Нисходящее движение применяют только для секций ВЭ, размещенных в зоне более низких температур газа. Водяные экономайзеры изготавливают из гладких труб или труб с наружными ребрами. Последние сложны в изготовлении и менее надежны в эксплуатации (пожароопасны) из-за интенсивного загрязнения золой и сажей.**

**Эксплуатация экономайзера должна производиться в соответствии с инструкцией, разработанной на основании требований "Правил", типовой инструкцией для персонала котельных и настоящей инструкцией, утвержденной руководством предприятия-изготовителя. Инструкция по эксплуатации экономайзера может быть включена в общую инструкцию по эксплуатации котлов.**



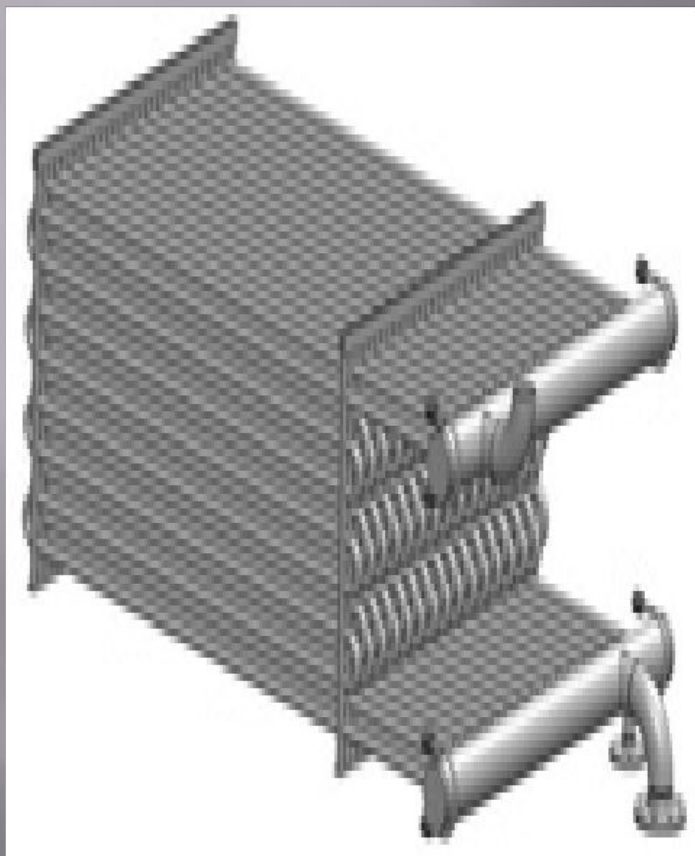
Обслуживание экономайзера производится машинистом, обслуживающим котел.

Поверхность нагрева экономайзера необходимо

периодичес

ки

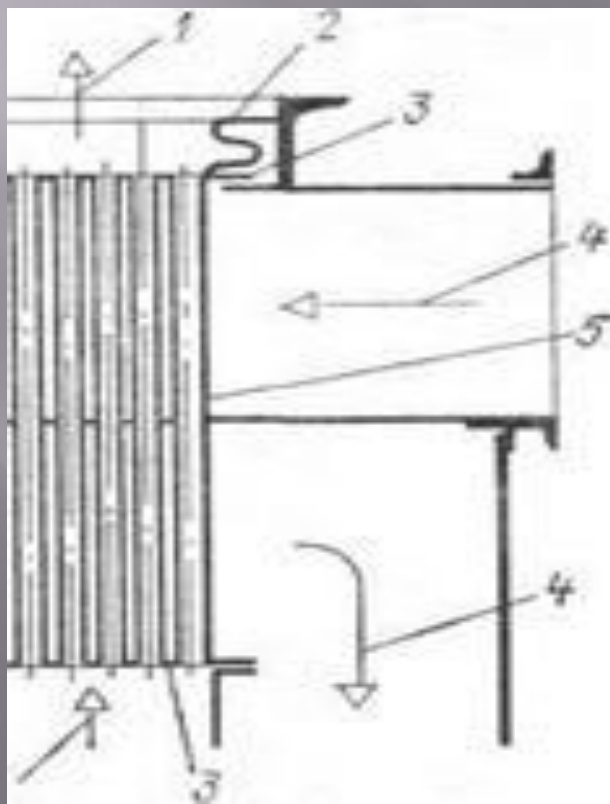
очищать,



# Воздухоподогреватели

- Воздухоподогреватели (ВП) применяют для подогрева воздуха, поступающего от котельного вентилятора. В качестве горячего теплоносителя в ВП используют дымовые газы, отработавший пар или воду. Подача в топку горячего воздуха улучшает топочный процесс, способствует повышению температуры газа в топке и газоходе котла. Использование ВП может увеличить к. п. д. котла на 3–5%. Воздухоподогреватели, в которых греющей средой служат продукты сгорания топлива, называются газовыми, а ВП с паровым или водяным обогревом – соответственно паровыми или водяными. Поверхность нагрева ВП может быть выполнена из труб или профильных листов, поэтому ВП могут быть трубчатые или пластинчатые. Трубчатые ВП изготавливают из гладких или оребренных труб обычно круглого поперечного сечения. Находят применение такие трубы эллиптического, овального и каплеобразного сечения.

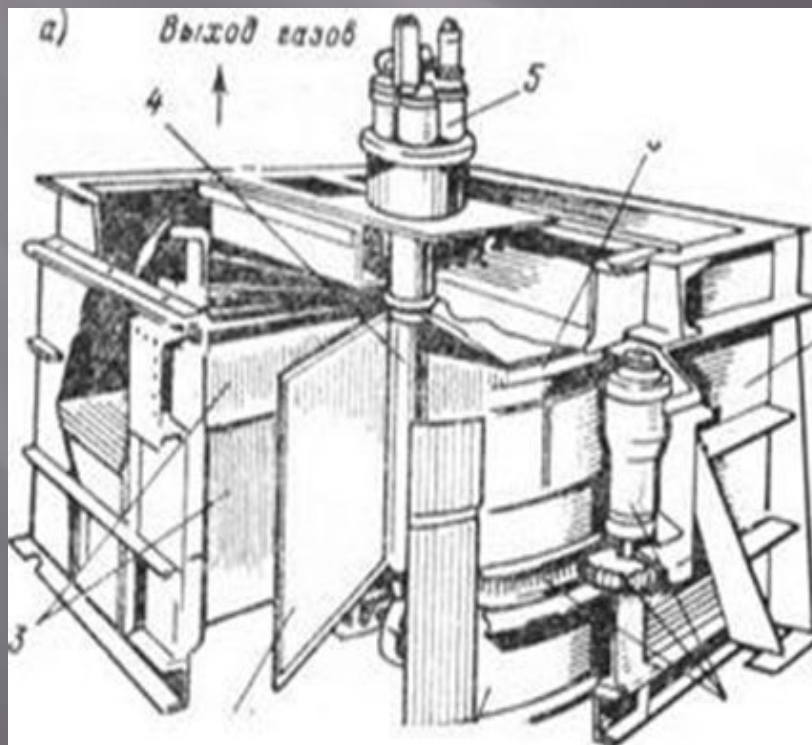
**В судовых котлах чаще применяют газовые ВП рекуперативного типа, в которых греющая среда и воздух разделены непроницаемой стенкой. Однако, как и в стационарных котлах, используют и регенеративные ВП, обычно вращающегося типа. В регенеративных ВП одна и та же поверхность теплообмена (насадка), обычно выполняемая из профильных листов, периодически омывается средами, обменивающимися теплотой: вначале дымовыми газами, затем воздухом. На первом этапе теплоту горячих газов воспринимает и аккумулирует насадка, на втором – воздух воспринимает теплоту от насадки и нагревается.**



- Конструктивная схема газовой рекуперативной трубочной ВП представлена на рис. Дымовые газы 1 омывают трубы 5 изнутри, а воздух (стрелка 4) движется в межтрубном пространстве и омывает трубы ВП снаружи. Трубы крепят к трубным решеткам 3 с помощью сварки. Для обеспечения перемещения труб при тепловом расширении предусмотрена установка компенсатора 2. При эксплуатации сажистые и золовые отложения в таких ВП появляются на внутренней поверхности труб, которую периодически очищают сажеобдувочными устройствами.



Воздухоподогреватели работают в области низких температур дымовых газов, поэтому их поверхности нагрева могут быть подвержены сернистой коррозии, особенно при использовании низкосортных топлив с большим содержанием серы. Необходимо, чтобы температура стенки труб ВП была выше температуры точки росы, то есть температуры, при которой происходит конденсация водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания. Это обстоятельство учитывают при проектировании и эксплуатации ВП. Если воздухоподогреватель отсутствует, то сернистой коррозии подвергаются трубы водяного экономайзера.





Котельная установка судна, состоящая из двух котлов, снабжается только одним вращающимся ВП, обеспечивающим подогрев воздуха от температуры  $30^{\circ}\text{C}$  до  $250\text{--}260^{\circ}\text{C}$  и снижение температуры уходящих газов с  $315\text{--}320^{\circ}\text{C}$  до  $130\text{--}135^{\circ}\text{C}$ . Вращающиеся ВП имеют меньшую массу и габариты по сравнению с рекуперативными, обладают малым гидравлическим сопротивлением, надежны и экономичны. Вместе с тем в таких ВП велики протечки воздуха, особенно при износе уплотнений.

**Применение в качестве горячего теплоносителя отработавшего пара исключает сернистую коррозию элементов ВП, повышает их надежность в период эксплуатации. Паровые ВП установлены на главных котлах типа КВГ-34. В таких ВП влажный насыщенный пар из раздаточного коллектора направляется внутрь оребренных труб малого диаметра. Оребрение позволяет увеличить поверхность ВП и выполнить его более компактным. Конденсат греющего пара отводится по трубам через сборный коллектор к общему конденсационному сосуду.**