

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Основные понятия

Кожухотрубные теплообменники представляют собой аппараты, выполненные из пучков труб, скрепленных при помощи трубных досок (решеток) и ограниченных кожухами и крышками с патрубками.

Трубное и межтрубное пространства в аппарате разобщены.

Теплообменники этого типа применяются в тех случаях, когда требуется большая поверхность теплообмена и предназначаются для теплообмена между различными жидкостями (водоподогреватели и водоохладители, топливоподогреватели, маслоохладители и т. п.;

жидкостями и паром (конденсаторы и испарители);

жидкостями и газами (промежуточные воздухоохладители компрессоров, охладители наддувочного воздуха и пр.).

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Корпуса кожухотрубных теплообменных аппаратов

Корпус (кожух) кожухотрубного теплообменника представляет собой цилиндр, сваренный из одного или нескольких стальных листов или изготовленный из цельнотянутых труб. Во время действия ТА его корпус подвергается воздействию разности атмосферного давления и давления в межтрубном пространстве. В вакуумных конденсаторах материал корпуса работает на сжатие. В большинстве кожухотрубных ТА корпус находится под воздействием избыточного внутреннего давления.

Основные требования к корпусу теплообменника – **жесткость, обеспечивающая устойчивость формы, и плотность.**

Кожухи различаются главным диаметром аппарата, но не делается тоньше 4 мм. Корпуса некоторых наиболее ответственных ТА (например, главных конденсаторов транспортных турбинных судов) изготавливают из стальных листов толщиной 10 ÷ 16 мм и снабжают ребрами жесткости, располагаемыми снаружи и внутри. Ребрами жесткости подкрепляют, как правило, плоские стенки.

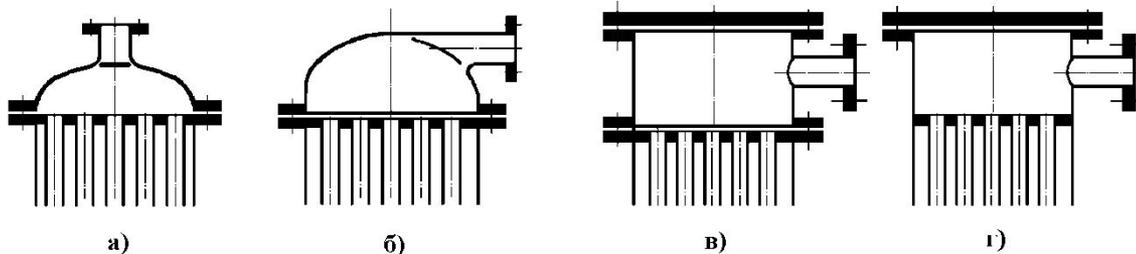
К цилиндрическим кромкам кожуха привариваются фланцы для соединения с крышками или днищами.

На наружной поверхности кожуха привариваются патрубки (штуцеры) и опоры аппарата.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Крышки кожухотрубных теплообменных аппаратов

Крышки ТА могут быть различных конструктивных форм с различными местами установки патрубков.



Типы соединений крышки с корпусом аппарата и трубопроводами

Крышка с патрубком, ось которого перпендикулярна плоскости разъема (рис. *а*), неудобна тем, что снятие ее с корпуса связано с демонтажем трубопровода.

При снятии крышки с боковым патрубком (рис. *б*) требуется только отсоединение труб от крышки.

Съемное днище крышки - коллектора (рис. *в*) допускает ревизию и очистку аппарата без отделения его от трубопроводов, однако наличие дополнительного фланцевого соединения усложняет конструкцию аппарата.

Крышка, выполняемая с одним разъемным соединением патрубков (рис. *г*), дает возможность ограничиться одним разъемом. Однако это менее удобно при смене и развальцовке труб.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

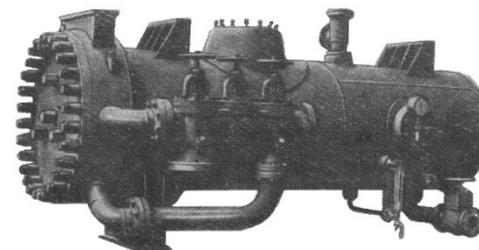
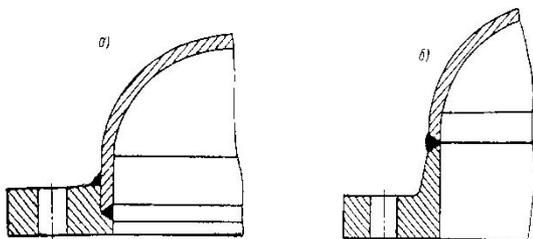
Крышки кожухотрубных теплообменных аппаратов

По форме крышки подразделяются на эллиптические, сферические (тарельчатые) и плоские. Они могут быть литыми, штампованными и сварными. Крышки судовых ТА обычно выполняются литыми из высокопрочного чугуна.

Эллиптическая крышка состоит из эллиптического днища и фланца, толщину которых при ее расчете определяют в зависимости от давления теплоносителя, формы и материала.

Плоские крышки просты и дешевы в изготовлении, но при значительных давлениях и больших диаметрах получаются очень толстыми и тяжелыми.

Сварные эллиптические крышки на рабочее давление до 2,5 МПа показаны на рис., а, а выше - на рис., б.



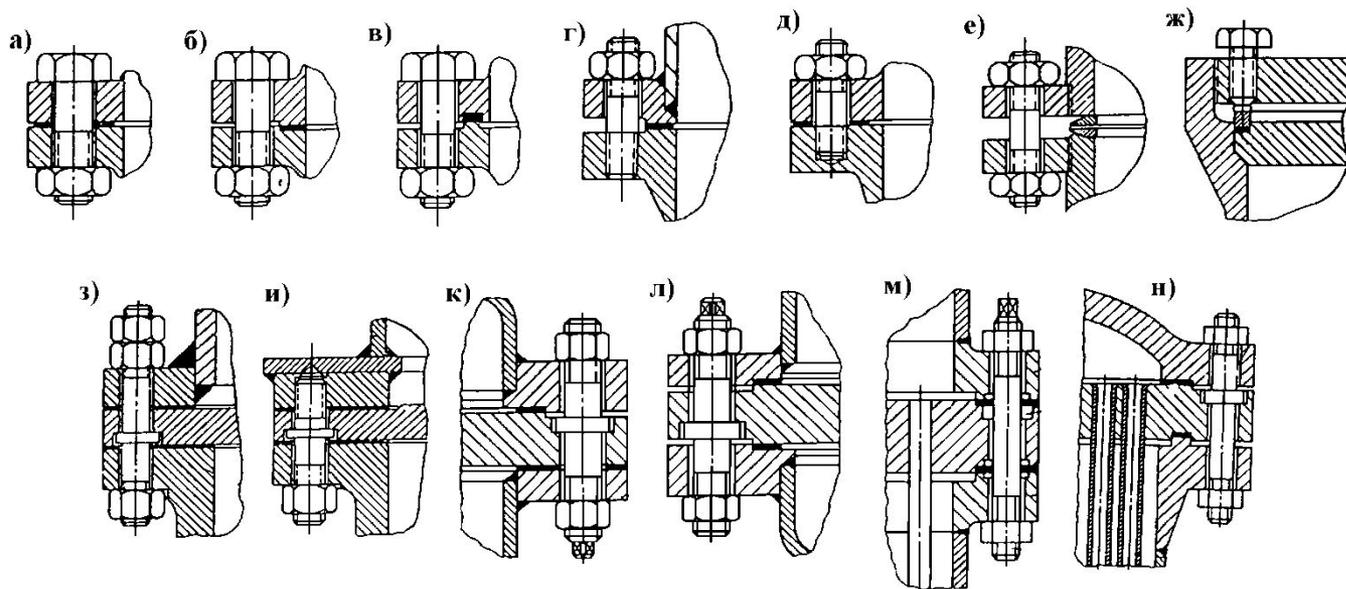
Для уменьшения коррозии внутренние поверхности крышек покрывают антикоррозионными покрытиями.

Наименее подвержены коррозии литые бронзовые или штампованные медные крышки, применяемые в высоконапряженных и иногда вспомогательных конденсаторах.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Крышки кожухотрубных теплообменных аппаратов

Способы крепления фланцев крышек с трубными досками и фланцами корпуса

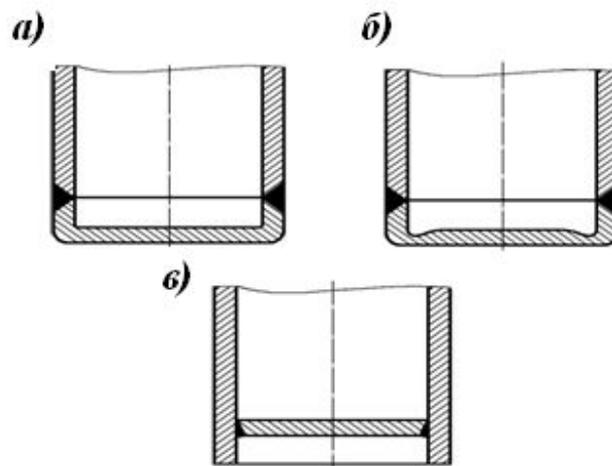


а, з, и - соединение фланцев с плоскими поверхностями; б, к, л, м - соединение фланцев с уплотнением "в замок"; в, н - соединение фланцев с уплотнением "с зубом"; г, д, м - соединение фланцев при помощи простых шпилек; з - л, н - соединение фланцев при помощи шпилек с буртиком; е, ж - соединение резьбовых фланцев

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛОБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Крышки кожухотрубных теплообменных аппаратов

Плоские приварные днища



а - с выступом для приварки;
б - с уменьшенным, выступом за счет выточки;
в - для давления 1,5 МПа

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Трубы

В ТА используют трубы $d_n \times \delta$ (где d_n и δ – наружный диаметр и толщина стенки трубы соответственно, мм) 10×1; 12×1; 14×1; 14×1,5; 16×0,75; 16×1; 16×1,5; 16×2; 19×1; 20×2; 22×2; 24×1; 25×2; 25×2,5; 29×1,5; 29×2; 29×3; 32×2; 32×3; 38×1,6; 38×2 и т.п. Обычно наружный диаметр трубок в кожухотрубных ТА находится в пределах 12÷20 мм при толщине стенки 1÷2 мм. Трубы с наружным диаметром менее 10 мм обычно не применяют из-за трудности их очистки.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Трубы

Материалы, применяемые для изготовления труб ТА, зависят от вида теплоносителя (степени его коррозионного воздействия на материал труб) и скорости движения среды.

Скорость движения жидких теплоносителей, как правило, ограничивается верхним пределом 3 м/с. Причинами ограничения служат опасность возникновения кавитационных эрозионных разрушений поверхностей труб и интенсификация коррозионных процессов, вызываемая разрушением защитных оксидных пленок.

Аппараты, в которых одной из рабочих сред является морская вода, комплектуют теплообменными трубами, изготовленными из меди и сплавов цветных металлов:

- при скорости воде в трубах до 3 м/с и температуре их внутренней стенки не выше $60 \div 80$ °С их выполняют: при скорости воды до 2 м/с и температуре стенки до 50 °С – из медно-никелевого сплава МНЖ-5-1;
- при скорости воды до 1,2 м/с - из латуни Л070-1;
- при скорости воды до 0,9 м/с - из меди МЗС;л
- латунь Л68 или нержавеющую сталь ОХ18Н10Т используют в ТА, где рабочими средами являются пар и конденсат или пар и масло со скоростью движения не более 1,8 м/с;
- углеродистую сталь 10 в ТА с теплоносителями в виде топлива и пара или топлива и конденсата.

Максимальная скорость сухого насыщенного либо влажного пара для всех материалов труб во избежание их эрозионного разрушения не должна превышать 50 м/с.

Максимально возможная скорость жидких сред для труб из углеродистой и нержавеющей сталей определяется допустимыми потерями давления этих жидкостей в ТА.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Трубные доски

Наиболее распространенными материалами для изготовления трубных досок (решеток) являются углеродистые и низколегированные стали. В судовых конденсаторах с целью снижения скорости коррозии под воздействием забортной воды применяют трубные доски, изготовленные из оловянистой или свинцовистой латуни.

Толщина трубной доски рассчитывается, но при вальцовке должна быть $\delta_{min} \geq 5 + 0,125d$ для стальной трубы и $\delta_{min} \geq 10 + 0,2d$ для медной. В общем случае наименьшая толщина трубных досок в месте вальцовки не должна быть меньше наружного диаметра труб с учетом допуска на коррозию.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

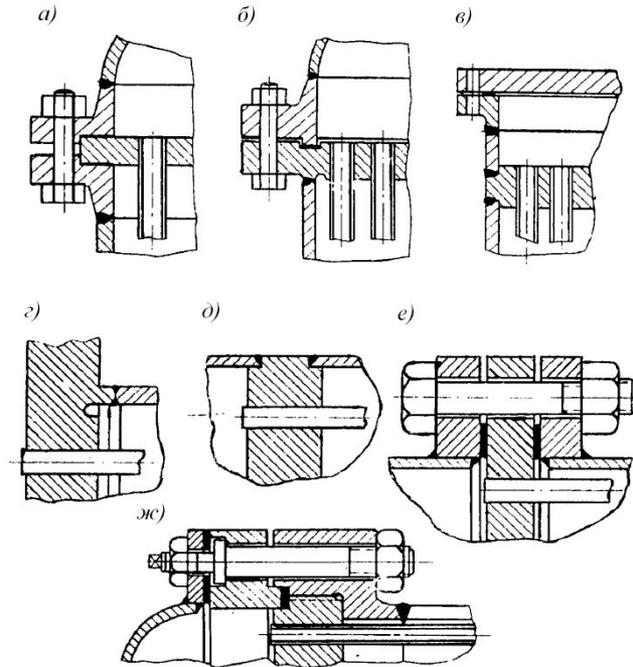
Трубные доски

Крепление досок из цветных металлов производят путем зажатия их между стальными фланцами крышки и корпуса, с прокладками для герметизации.

Приварку трубных досок к корпусу аппарата ведут несколькими способами, но эффективными являются те, в результате применения которых уменьшается объем сварочных работ.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Трубные доски



Способы крепления неподвижных трубных досок

а – разъемное соединение с расположением доски между фланцами; **б** – сварное соединение встык;
в – сварное соединение по периметру; **г, д** – соединение досок при помощи сварки; **е, ж** -
соединение досок при помощи болтов и шпилек

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Способы крепления труб в трубных досках

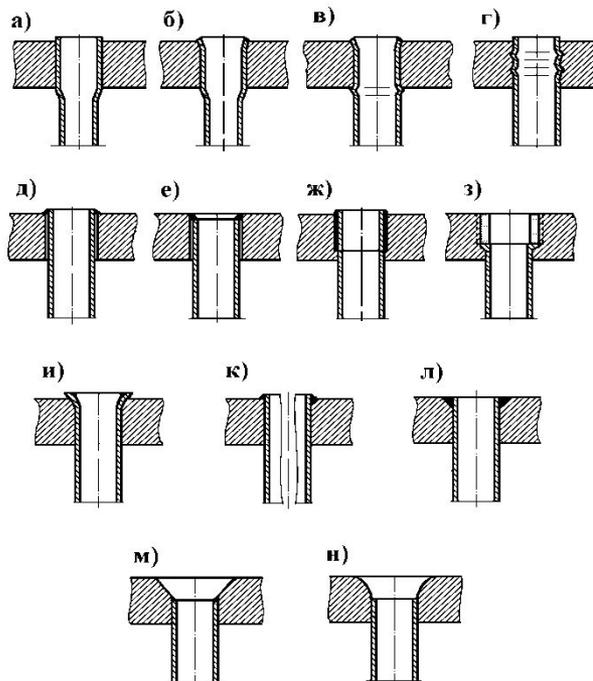
Крепление труб в трубных досках должно обеспечивать плотность и долговечность соединения и плавный безвихревой вход в трубы теплоносителя.

Теплообменные трубы закрепляют развальцовкой, развальцовкой в сочетании со сваркой или сваркой.

Во избежание подрезки труб их развальцовку производят на глубину $0,8 \div 0,9$ толщины трубных досок, а кромки отверстий закругляют или снимают с них фаску.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Способы крепления труб в трубных досках



Способ

зах

а – обычная развальцовка; б – развальцовка с отбортовкой; в – развальцовка с двойной отбортовкой; г – развальцовка с канавками (шириной 2 – 3,5 мм и глубиной 0,4 – 1 мм); е, д, к-н – приварка труб; ж – заливка оловом; з – закрепление при помощи втулок на резьбе; и – коническая развальцовка входного участка трубы

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Трубное и межтрубное пространства в аппарате могут быть разделены перегородками на несколько ходов.

Ходом называется участок теплообменной поверхности, в пределах которого весь расход теплоносителя движется в одном направлении до очередного поворота.

Перегородки, устанавливаемые в межтрубном пространстве, предназначены для увеличения скорости теплоносителя и, следовательно, коэффициента теплоотдачи.

Перегородки, устанавливаемые в крышках, служат для увеличения числа ходов теплоносителя по трубам.

Установка перегородок в теплообменном аппарате позволяет значительно снизить его габариты.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Перегородки, устанавливаемые в полости крышек ТА

В крышках двух- и четырехходовых ТА хода могут разделяться параллельными перегородками.

В аппаратах с четырьмя и более ходами применяют разбивку труб по секторам или более сложные, комбинированные методы установки перегородок.

При проектировании ТА предпочтительным является организация движения теплоносителя в трубах при четном числе ходов.

В этом случае входной и выходной штуцеры располагаются с одной стороны теплообменника, что упрощает его монтаж и обслуживание.

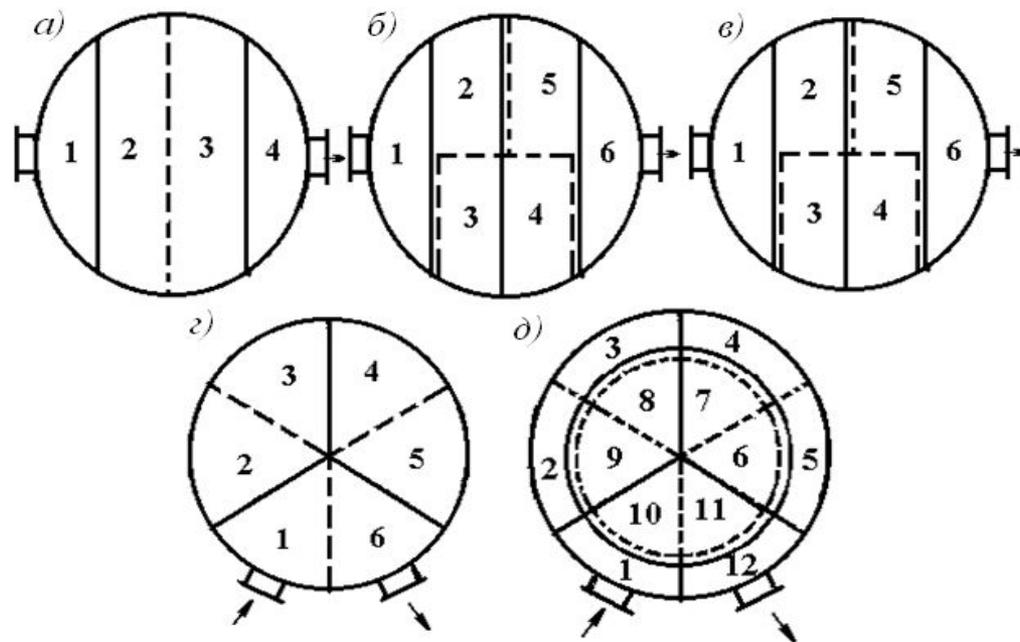
КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Перегородки, устанавливаемые в полости крышек ТА

На рисунке сплошными линиями показаны перегородки в передней крышке (со стороны входа теплоносителя в трубное пространство), а штриховыми - в задней крышке.

Цифрами обозначена последовательность ходов.



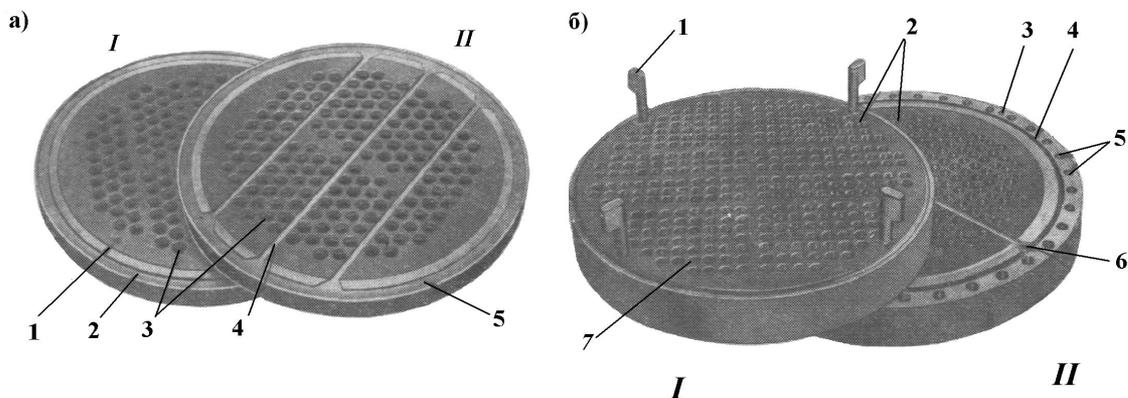
КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Перегородки, устанавливаемые в полости крышек ТА

Толщина перегородок зависит от диаметра крышки, для углеродистых и низколегированных сталей она составляет 9 - 16 мм, для сплавов меди – 6 ÷ 13 мм.

Материал перегородок и крышек выбирают одинаковым. Перегородки или отливают как одно целое с крышками или приваривают к ним. При этом в примыкающей трубной доске выполняют направляющие пазы, в которые при сборке входят перегородки вместе с уплотняющими прокладками



I - задняя сторона трубной доски (обращенная к корпусу); II - передняя сторона трубной доски» (обращенная к крышке); 1 - отверстие под связь; 2.- поверхность под прокладку; 3 - отверстия под трубки; 4 - паз для перегородок; 5 - поверхность под прокладку; 6 - неподвижная и плавающая трубные доски I- плавающая трубная доска; II - неподвижная трубная доска; 1 - штыри; 2, 7 - отверстия под трубки; 3 - нарезные отверстия под отжимные болты; 4 - паз под прокладку; 5 - отверстия под болты; 6 - канавки ля перегородок.

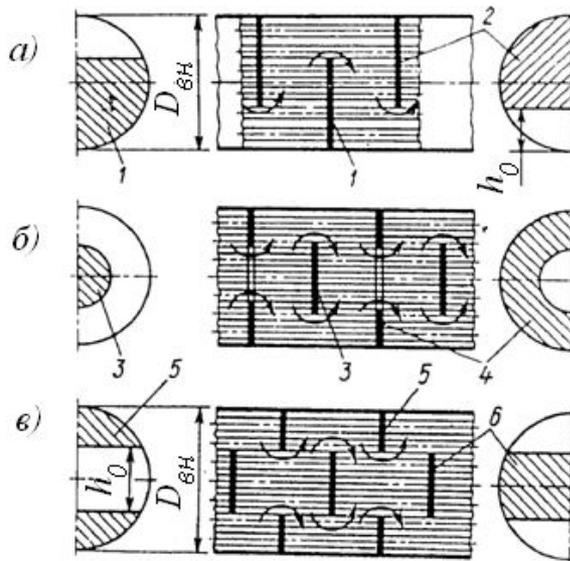
КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Перегородки, устанавливаемые в корпусе ТА

При поперечном обтекании пучков труб достигается более интенсивная теплоотдача, чем при продольном. Поперечные перегородки устанавливаются для

- организации поперечного обтекания труб в межтрубном пространстве;
- крепления труб с целью предотвращения прогибов и вибраций;
- получения более высокой скорости жидкости внутри кожуха.



а) односторонние сегментные перегородки;

б) перегородки типа диск-кольцо;

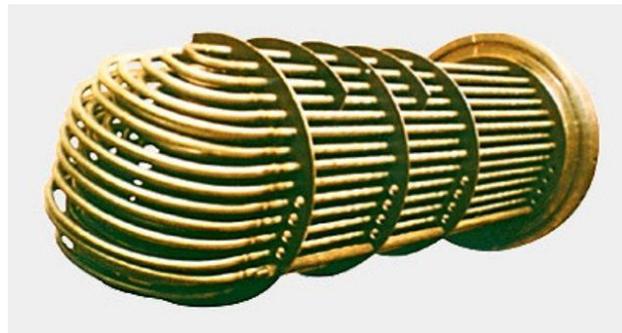
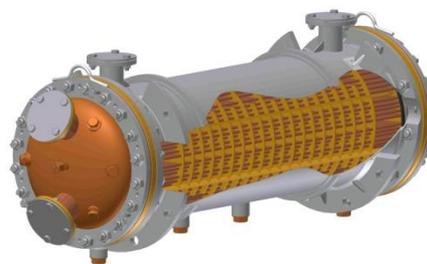
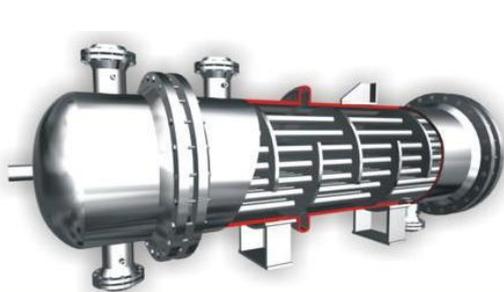
в) двусторонние сегментные перегородки.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛОБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Поперечные перегородки, устанавливаемые в корпусе ТА

Трубные пучки в сборе с перегородками





КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Поперечные перегородки, устанавливаемые в корпусе ТА

В аппаратах с поперечными перегородками в межтрубном пространстве формируются зоны со скоростью ниже критической, так называемые «мешки», где скорость жидкости приближается к нулю, что приводит к резкому выпадению в этих зонах отложений. Это приводит к зарастанию теплообменной поверхности, изменению первоначальной геометрии проходного сечения, нарушению заданного гидродинамического режима движения среды и, как следствие, к снижению интенсивности процесса теплообмена в целом.

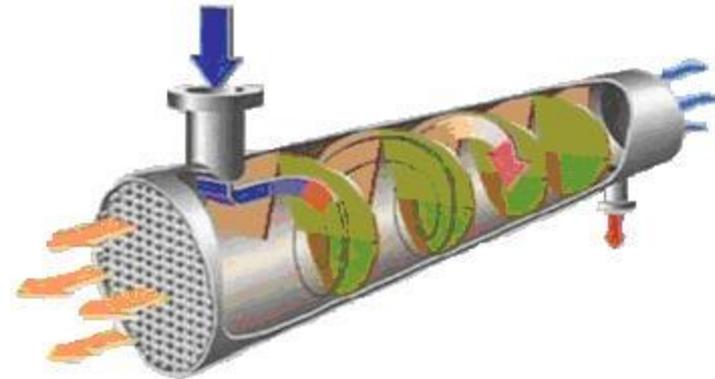
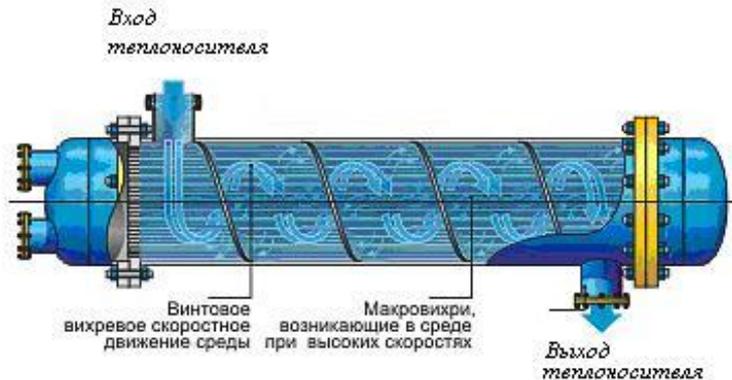
Применение винтовых перегородок в межтрубном пространстве позволяет организовать макровихревое движение теплоносителя, тем самым интенсифицировать в $3 \div 5$ раз теплоотдачу среды к стенке, что позволяет обеспечить процесс теплообмена на значительно меньших площадях теплообменной поверхности в заданных диапазонах гидравлических потерь.

Теплообменное оборудование с винтовым скоростным движением потока обладает моделью полного вытеснения. В любой точке системы скорость потока имеет заданную величину, что полностью исключает осаждение частиц примесей в межтрубном пространстве теплообменников. В сочетании со скоростным движением среды по трубному пространству это обеспечивает интенсивный теплообмен на протяжении всего срока эксплуатации теплообменных аппаратов.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Поперечные перегородки, устанавливаемые в корпусе ТА



Преимуществами теплообменников с винтовыми перегородками перед обычными кожухотрубными теплообменниками являются:

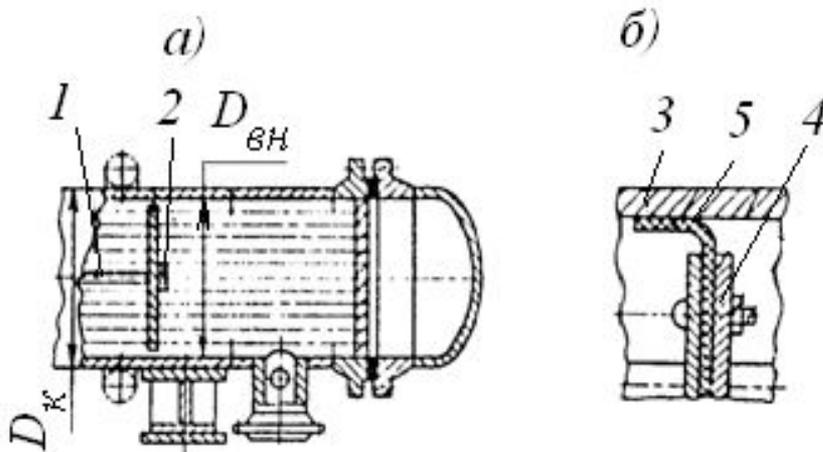
- уменьшенное загрязнение кожуха, улучшенный теплообмен в межтрубном пространстве;
- низкие потери давления в межтрубном пространстве;
- снижение вибрации;
- лучшее распределение двухфазного потока;
- увеличенный срок службы;
- значительное снижение удельных затрат на содержание теплообменного оборудования в целом.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Поперечные перегородки, устанавливаемые в корпусе ТА

Для предотвращения вредных протечек через зазоры между кожухом и перегородкой по периферии перегородок часто устанавливают уплотнительные сегменты 5 из упругодеформируемого материала (чаще всего пластического) (рис. 1.16,в). Толщина уплотняющего листа $2 \div 5$ мм, напуск за пределы перегородки $10 \div 15$ мм. В этом случае зазор между перегородкой и кожухом может быть увеличен до $4 \div 5$ мм.

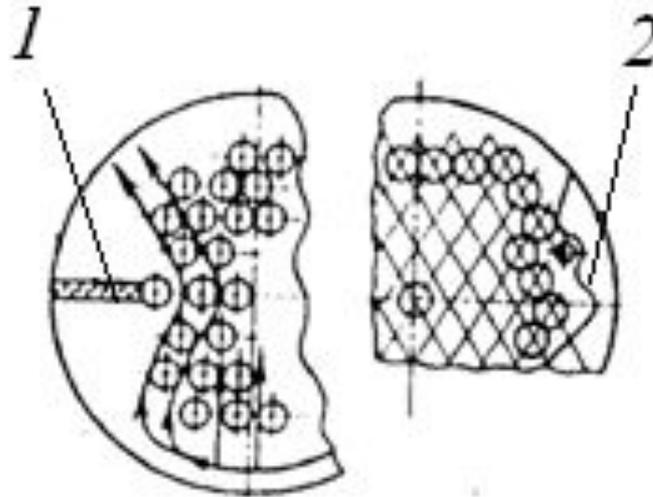


Схемы уплотнения трубного пучка в теплообменных аппаратах с поперечными перегородками – крепление поперечных перегородок при помощи стяжных стержней: 1 – стяжной стержень с распоркой; 2 – контргайка; 6 – уплотнения зазора между кожухом и перегородкой; 3 – кожух; 4 – поперечная перегородка; 5 – пластиковый лист.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛОБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Поперечные перегородки, устанавливаемые в корпусе ТА



Уплотнение зазора между кожухом и трубами:

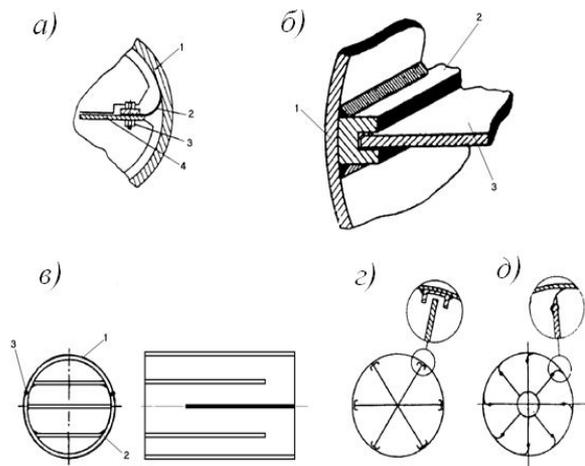
1 – уплотняющий лист; 2 – вытеснитель

Для предотвращения холостых протечек между кожухом ТА и трубным пучком в окружном направлении устанавливаются закрепляемые на перегородках уплотняющие листы 6 или вытеснители 7 (рис. 1.16,в). Обычно это выполняется в местах, где трубы отстоят от кожуха на расстоянии более 30 мм или более чем на $2dn$.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Перегородки, устанавливаемые в кожухотрубных теплообменных аппаратах

Продольные перегородки, устанавливаемые в корпусе ТА



При закреплении продольных перегородок их иногда приваривают к кожуху (в ТА жесткой конструкции) или к неподвижной трубной доске ТА нежесткой конструкции. В последнем случае зазоры между продольной перегородкой и кожухом уплотняют. Некоторые способы уплотнения представлены на рисунке. Толщина уплотняющей полосы примерно 0,2 мм (рис.а).

а – уплотнение зазора между корпусом и продольной перегородкой: 1 – корпус; 2 – пакет уплотняющих полос; 3 – крепежные детали; 4 – продольная перегородка; б – закрепление продольной перегородки в корпусе при помощи направляющих: 1 – корпус; 2 – направляющая; 3 – перегородка; в – закрепление продольных перегородок путем приварки к половинкам обечайки с последующей их сваркой: 1 – верхняя половинка обечайки; 2 – нижняя половинка обечайки; 3 – сварной шов; г – получение продольных ходов при помощи простой звездочки, образованной из листов, располагающихся по радиусам; д – получение продольных ходов при помощи комбинированной звездочки, состоящей из центральной трубки и радиальных перегородок

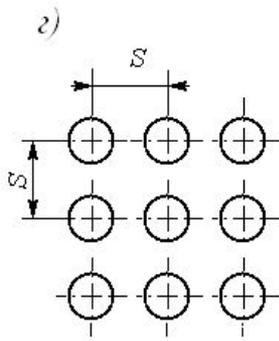
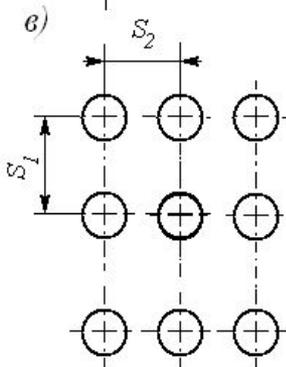
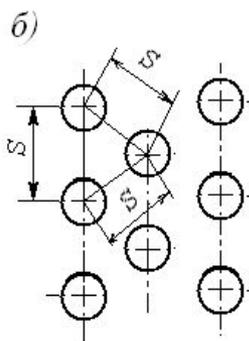
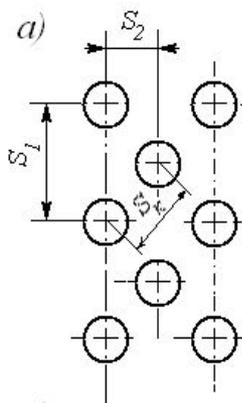
КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Компоновка трубного пучка

Расположение труб в пучке определяется способом разбивки, шагом и числом ходов.

В теплообменных аппаратах применяются следующие способы разбивки труб: а – шахматная;

б – треугольная; в – коридорная; г – квадратная.



Шахматная разбивка (рис. а), определяемая поперечным шагом $S1$ - расстоянием между трубами в одном ряду и продольным шагом $S2$ - расстоянием между рядами труб. В шахматных пучках соотношение $S1$ и $S2$ определяет величину косога (диагонального) шага S_k . Рекомендуется принимать следующие значения шаговых отношений (отношений шага к наружному диаметру трубы d): $S1/d = 1,3 \div 3$; $S2/d = 1 \div 2,2$.

Частным случаем шахматной разбивки является треугольная (рис. б). При треугольной разбивке оси труб располагаются в вершинах равносторонних треугольников ($S1 = S_k$).

Коридорная разбивка, так же как и шахматная, определяется значениями шагов $S1$ и $S2$ (рис. в).

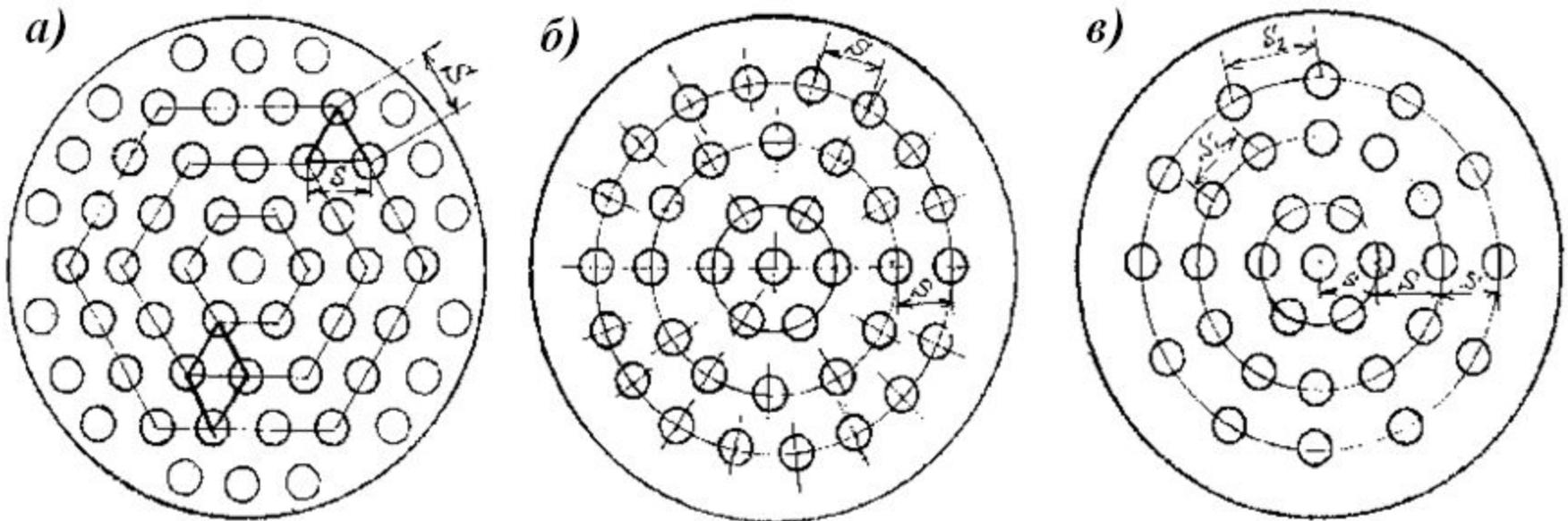
Пределы изменения шаговых отношений $S1/d = S2/d = 1,5 \div 2,0$. Частным случаем коридорной разбивки труб является квадратная (рис. г).

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛОБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Компоновка трубного пучка

Разбивка труб в корпусах кожухотрубных теплообменных аппаратов

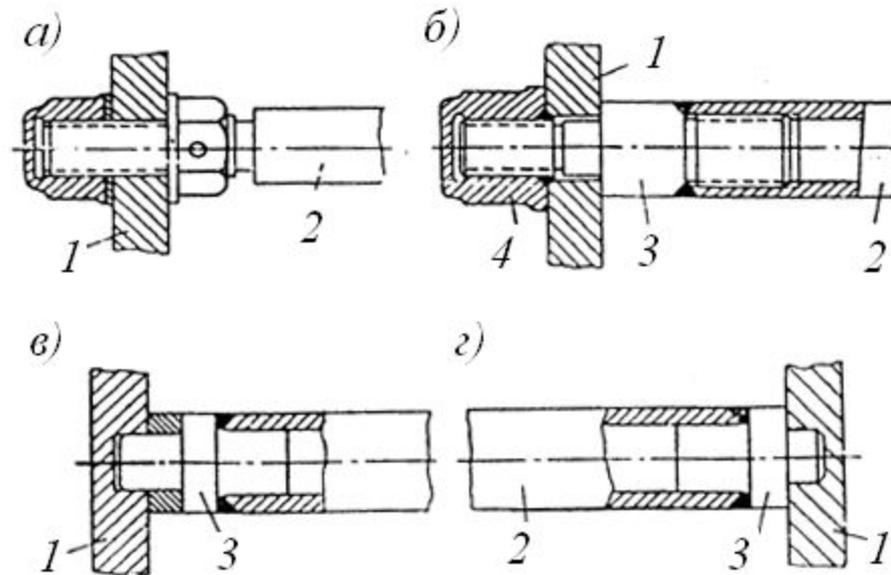
а – разбивка по сторонам шестиугольников; б – радиальная разбивка; в – разбивка по концентрическим окружностям



КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Продольные связи

Продольные связи применяются для подкрепления трубных досок, испытывающих напряжения от изгиба под действием разности давлений в водяном и паровом пространствах конденсаторов.

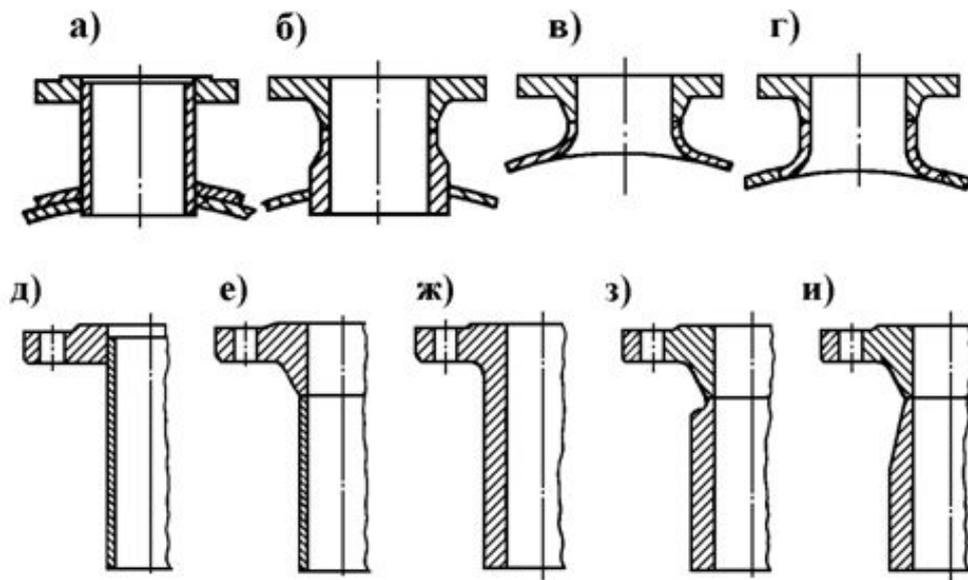


а - продольные связи в виде сплошных стержней; б - продольные связи в виде труб с хвостовиками; в - продольные связи, упирающиеся в сквозные отверстия; 1 - трубная доска; 2 – продольная связь; 3 - хвостовик; 4 - гайка колпачкового типа

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Штуцера

Присоединение к аппарату трубной арматуры, а также трубопроводов для подвода и отвода теплоносителей производится с помощью штуцеров.



Штуцеры и способы их соединения с корпусом аппарата

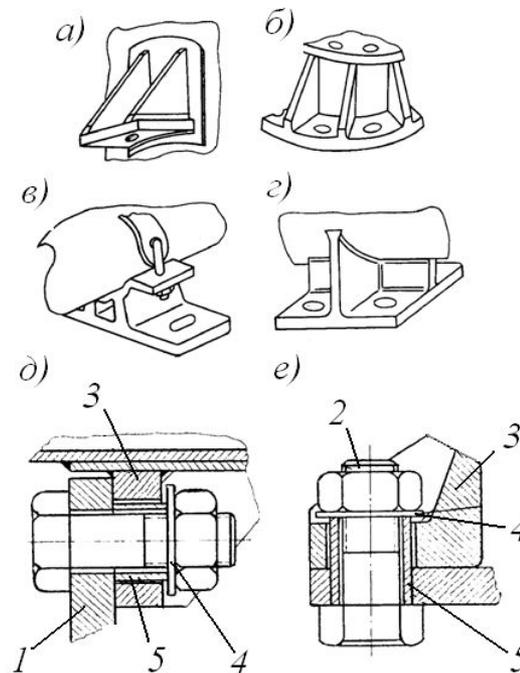
а – сварное соединение с укрепляющим кольцом; б – сварное соединение с утолщающим патрубком; в – сварное соединение с вытяжной горловиной корпуса; г – сварное соединение с тавровым воротником; д – штуцер с приварным фланцем и тонкостенным патрубком; е – с фланцем, приваренным к встык и тонкостенным патрубком; ж – кованный толстостенный; г, д – с фланцем, приваренным встык, и толстостенным патрубком

При выборе высоты штуцеров необходимо исходить из условий закладки болтов во фланцы со стороны теплообменника, а также с учетом толщины слоя изоляции, закрепляемой на поверхности аппарата.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Опоры теплообменных аппаратов

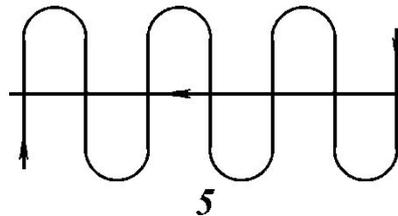
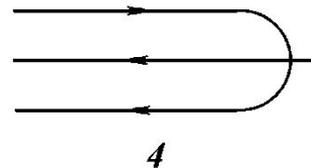
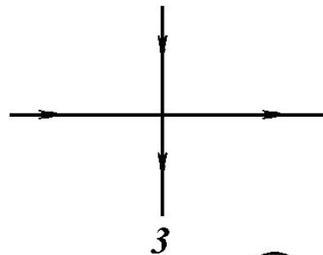
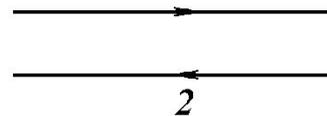
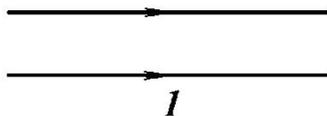
а – опора типа "лапа", устанавливаемая на вертикальном теплообменном аппарате; б – кольцевая опора; в – опора типа "лапа", закрепляемая при помощи хомута; г – опора типа "лапа", устанавливаемая на горизонтальном теплообменном аппарате; д – подвижная кольцевая опора; е – подвижная опора типа "лапа": 1 – фундамент; 2 – болт фундаментный; 3 – опора аппарата; 4 – шайба; 5 – втулка



КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Схемы движения теплоносителей

В зависимости от взаимного направления потоков теплоносителей в последней наиболее распространенной группе ТА различают следующие основные схемы движения теплоносителей:



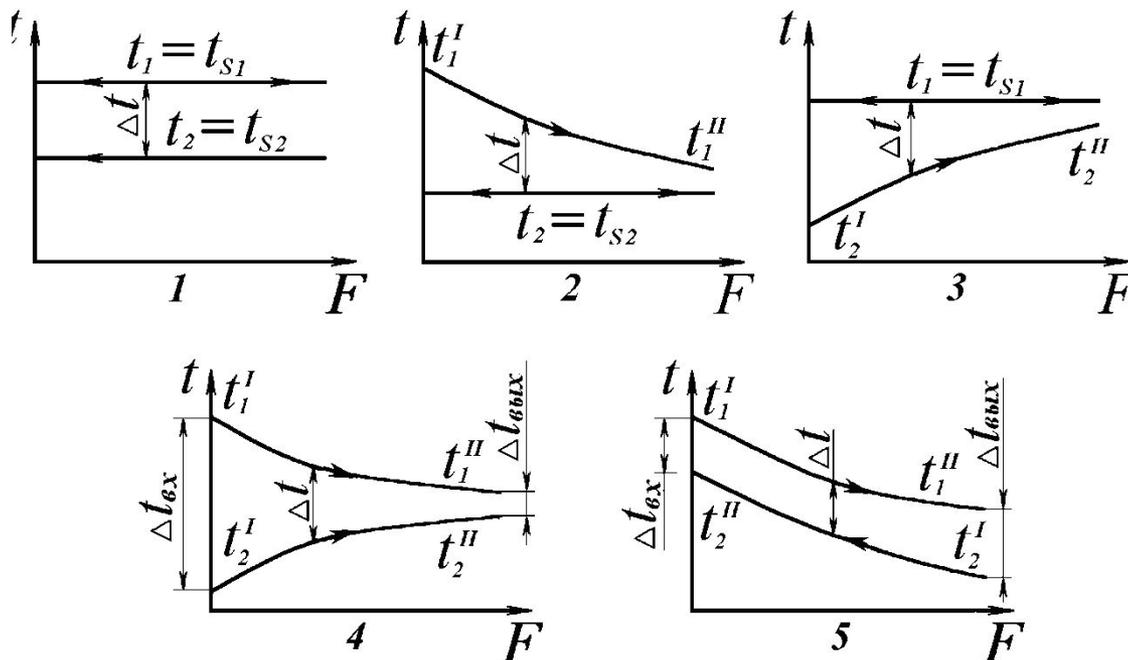
- 1 – прямоток;
- 2 – противоток;
- 3 – перекрестный ток;
- 4 – смешанный ток;
- 5 - сложный ток.

Кроме указанных схем движения рабочих сред в ТА существуют и другие, более сложные, представляющие различные сочетания названных выше схем

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

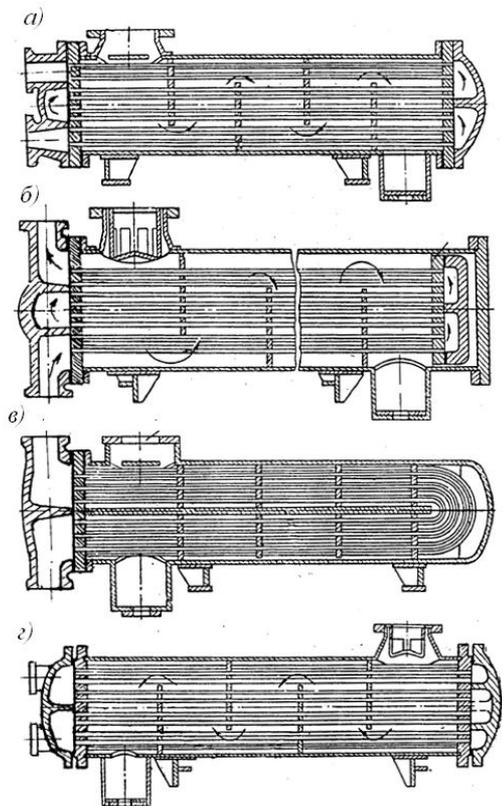
Схемы движения теплоносителей

По схемам движения рекуперативные ТА разделяются на три группы – с постоянной температурой обоих теплоносителей (испарители – конденсаторы индивидуальных веществ.) $t_1 = t_{s1}, t_2 = t_{s2}$; с постоянной температурой одного теплоносителя (конденсаторы и испарители индивидуальных веществ); с переменной температурой обоих теплоносителей.



КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Конструкции кожухотрубных теплообменных аппаратов



Подогреватели

а, б - с прямыми трубами:

а - малой производительности;

б - большой производительности;

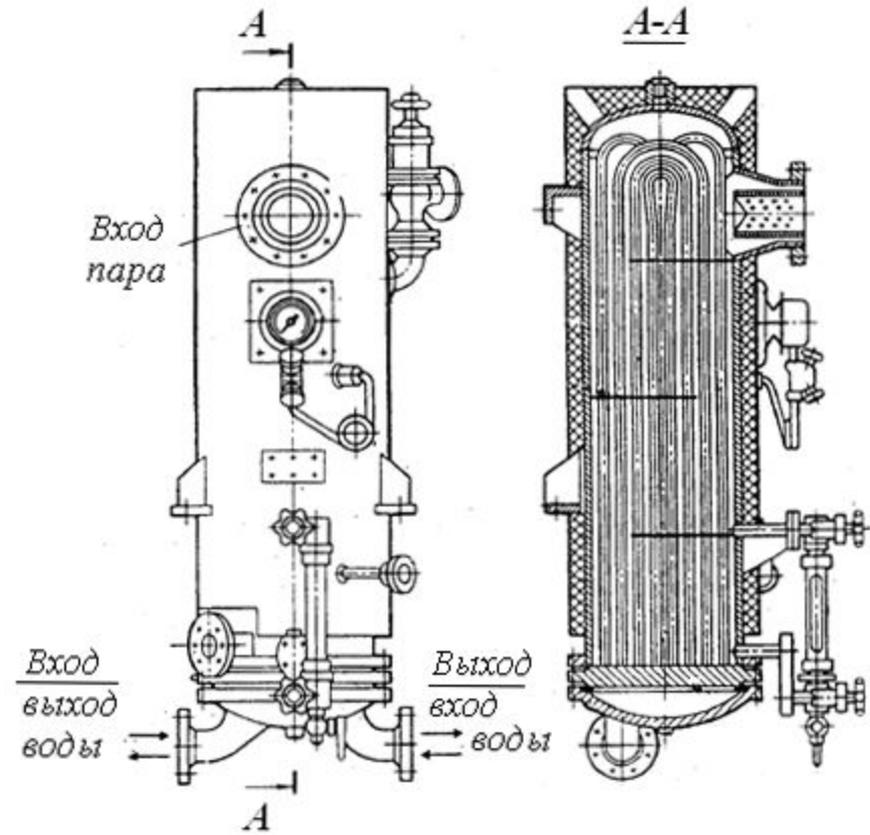
в - с U-образными трубами;

г - восьмифазной топливоподогреватель.

КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Конструкции кожухотрубных теплообменных аппаратов

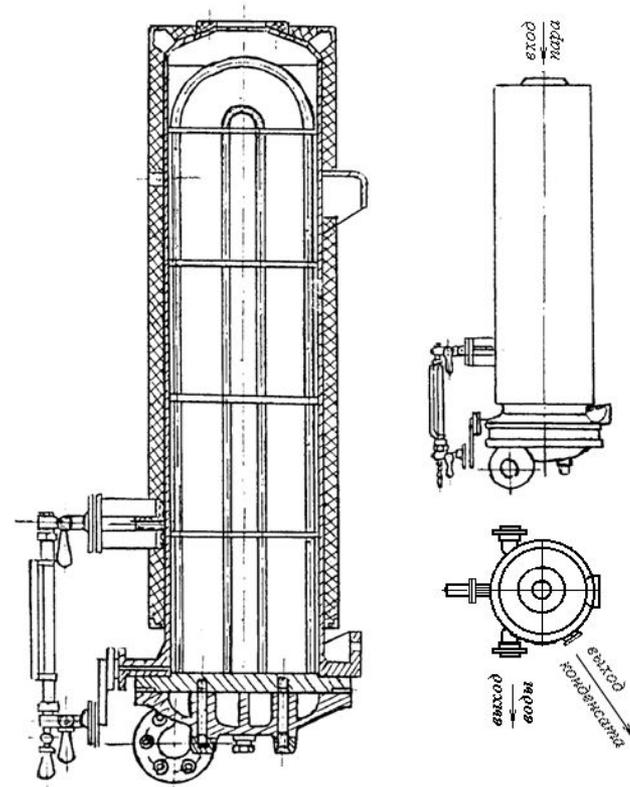
Паровой подогреватель питательной воды
низкого давления



КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Конструкции кожухотрубных теплообменных аппаратов

Водоподогреватель с U - образными трубами



КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Конструкции кожухотрубных теплообменных аппаратов

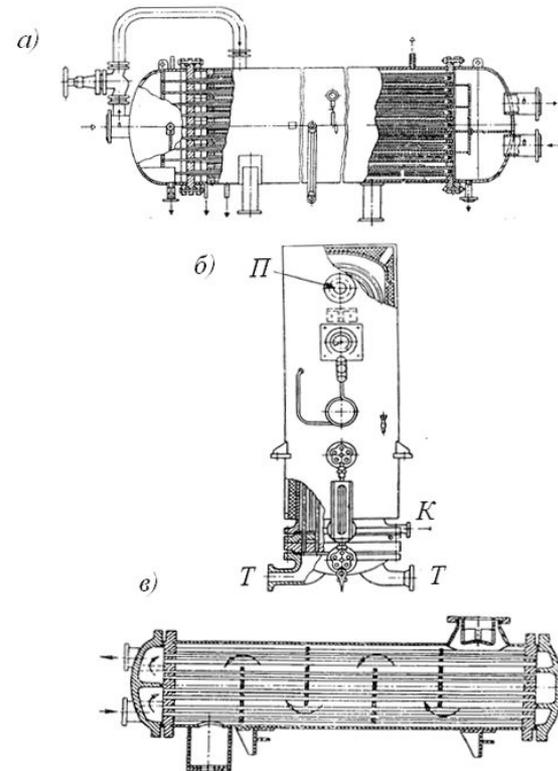
Кожухотрубные топливоподогреватели

а – подогреватель мазута ПМР-13-120;

б – подогреватель топлива типа ПТК

с U-образными трубами вертикального исполнения;

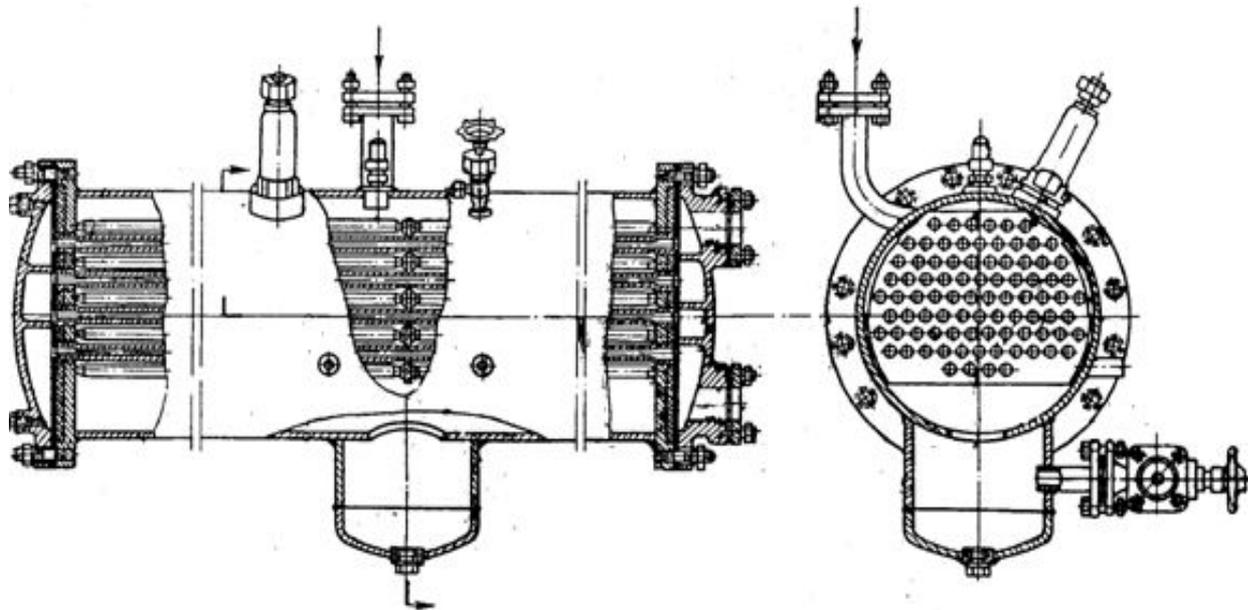
в – восьмиходовой подогреватель топлива



КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Конструкции кожухотрубных теплообменных аппаратов

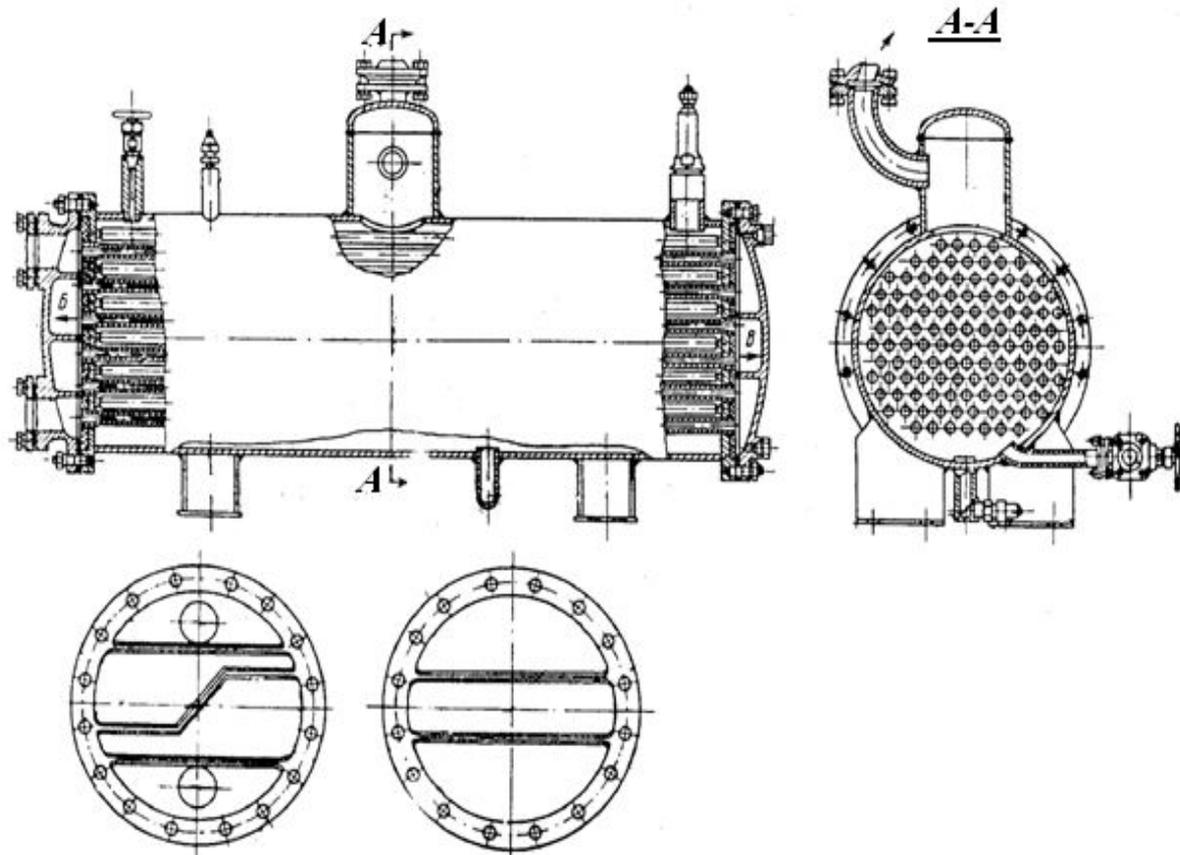
Кожухотрубный хладоновый конденсатор марки МКТР с поверхностью охлаждения 18 м^2



КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛОБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Конструкции кожухотрубных теплообменных аппаратов

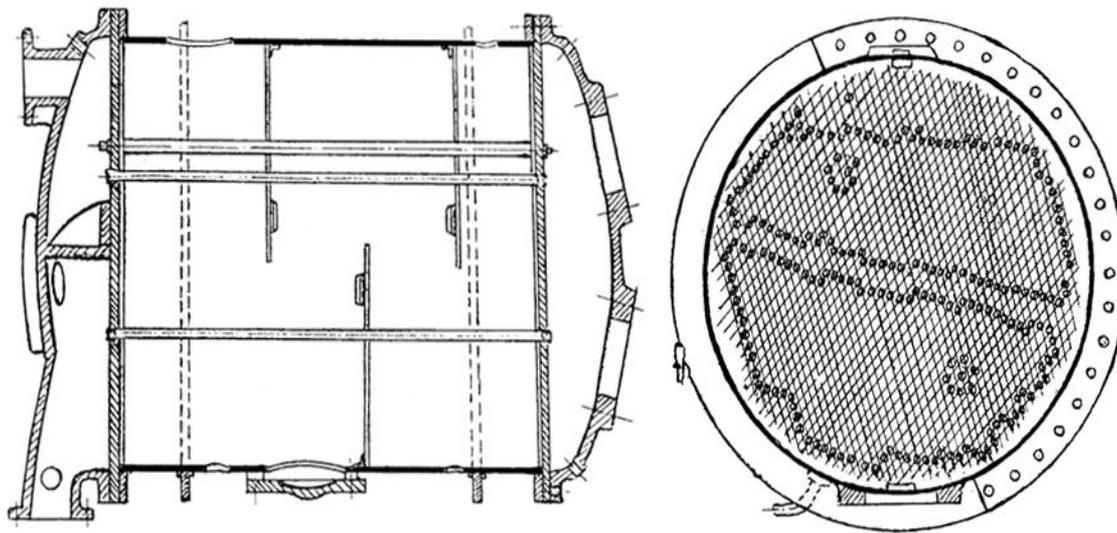
Кожухотрубный испаритель марки МКТР-25 с поверхностью охлаждения 25 м²



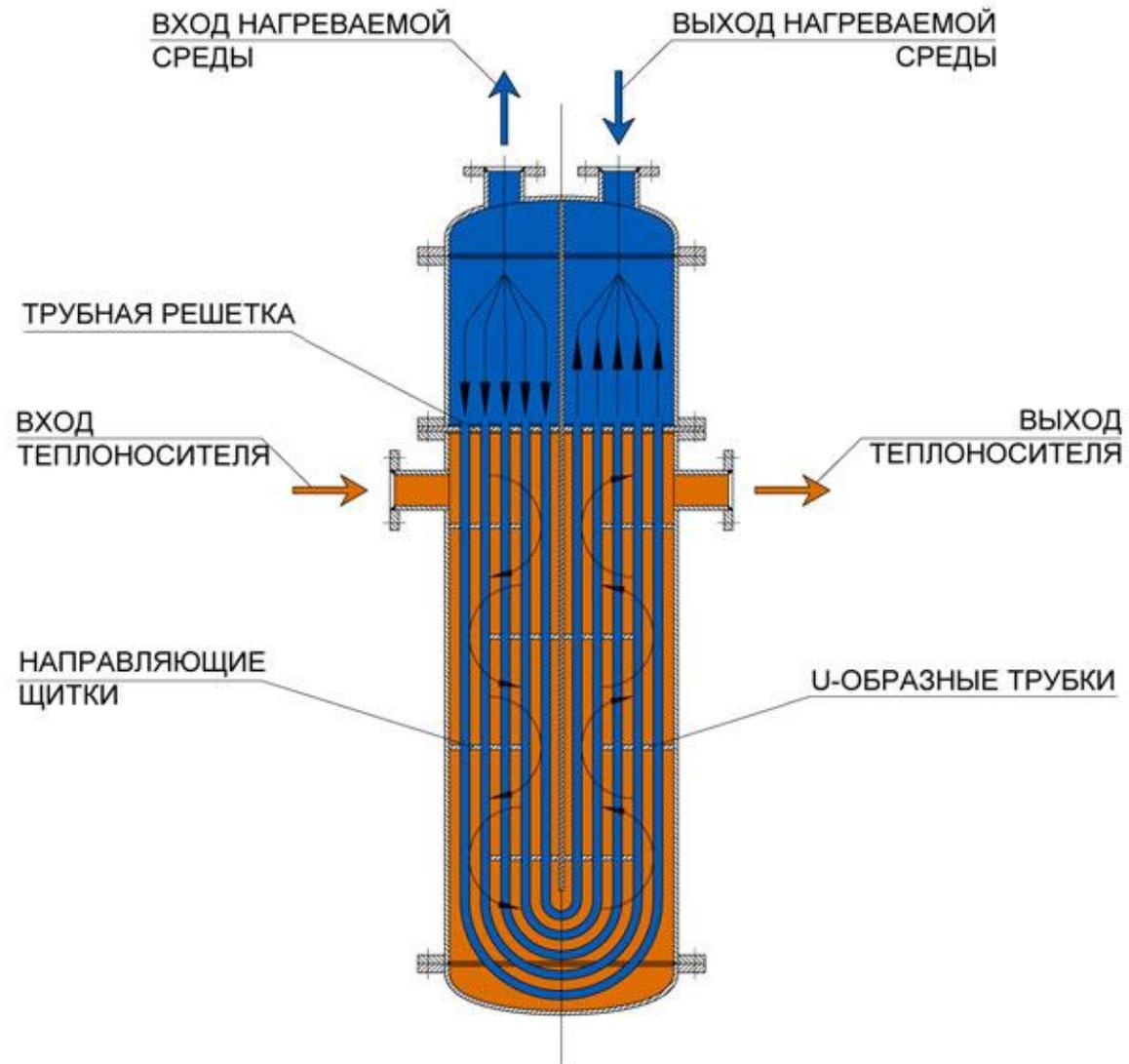
КОЖУХОТРУБНЫЕ ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Конструкции кожухотрубных теплообменных аппаратов

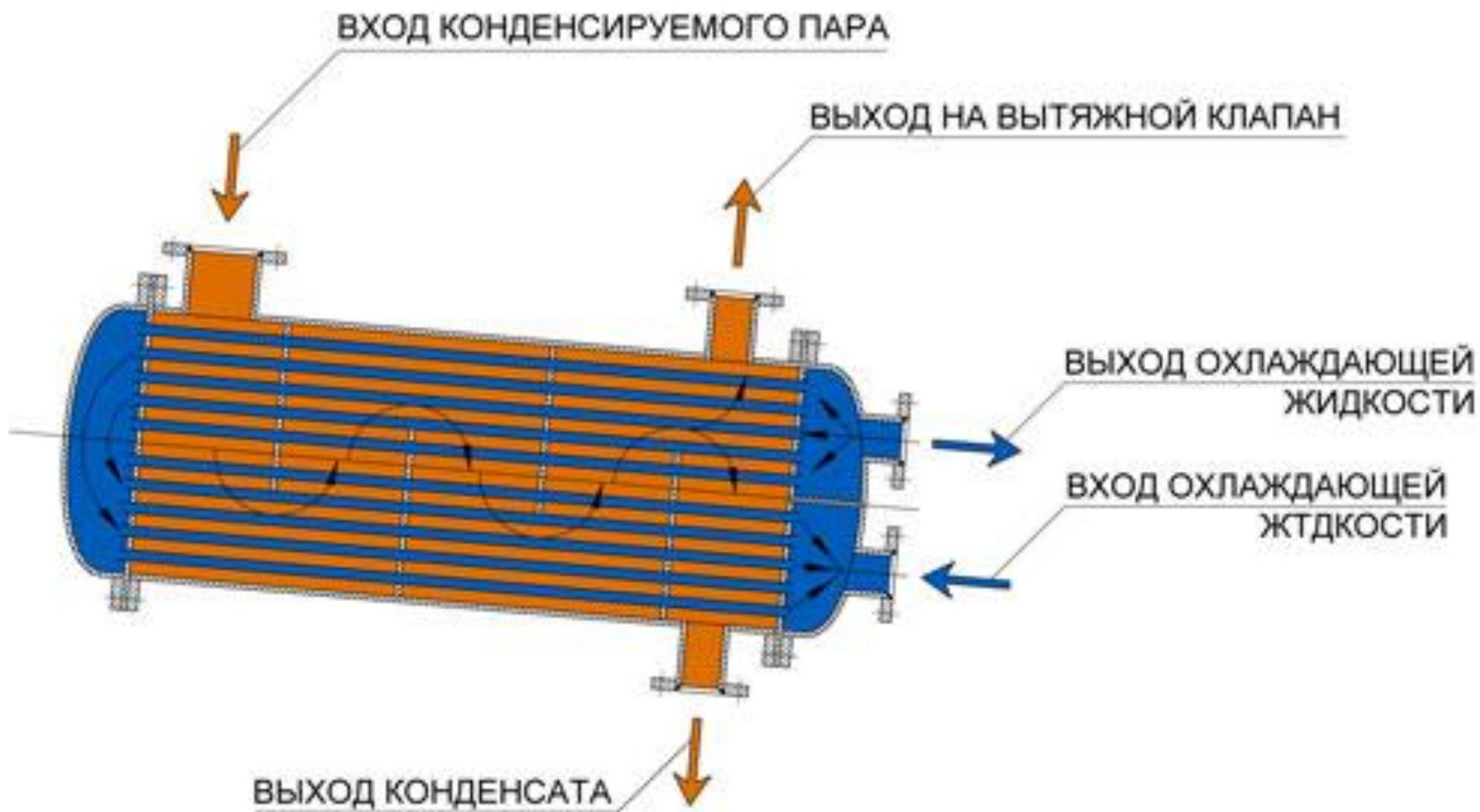
Двухходовой конденсатор



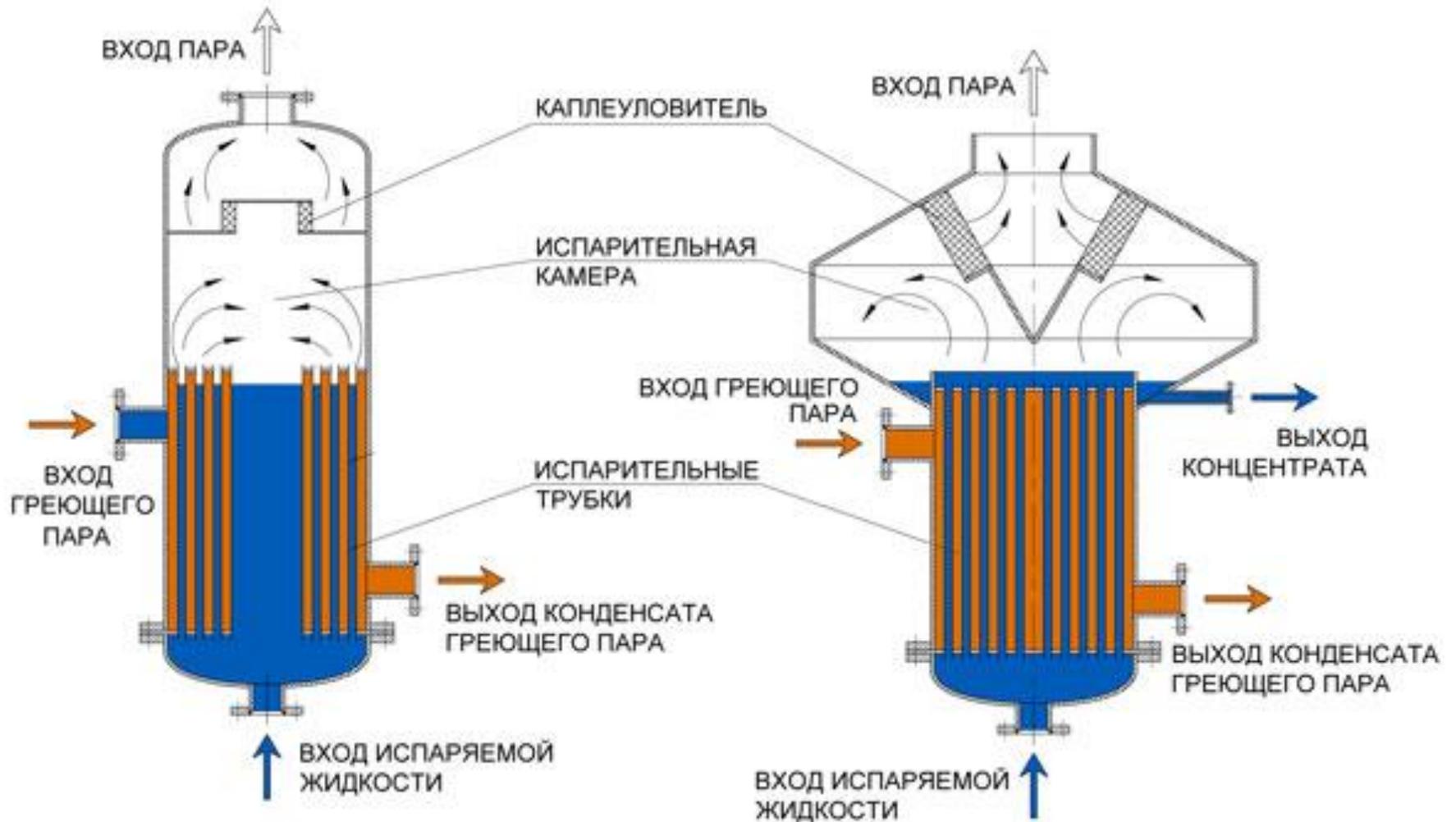
Теплообменный аппарат с U-образными трубками



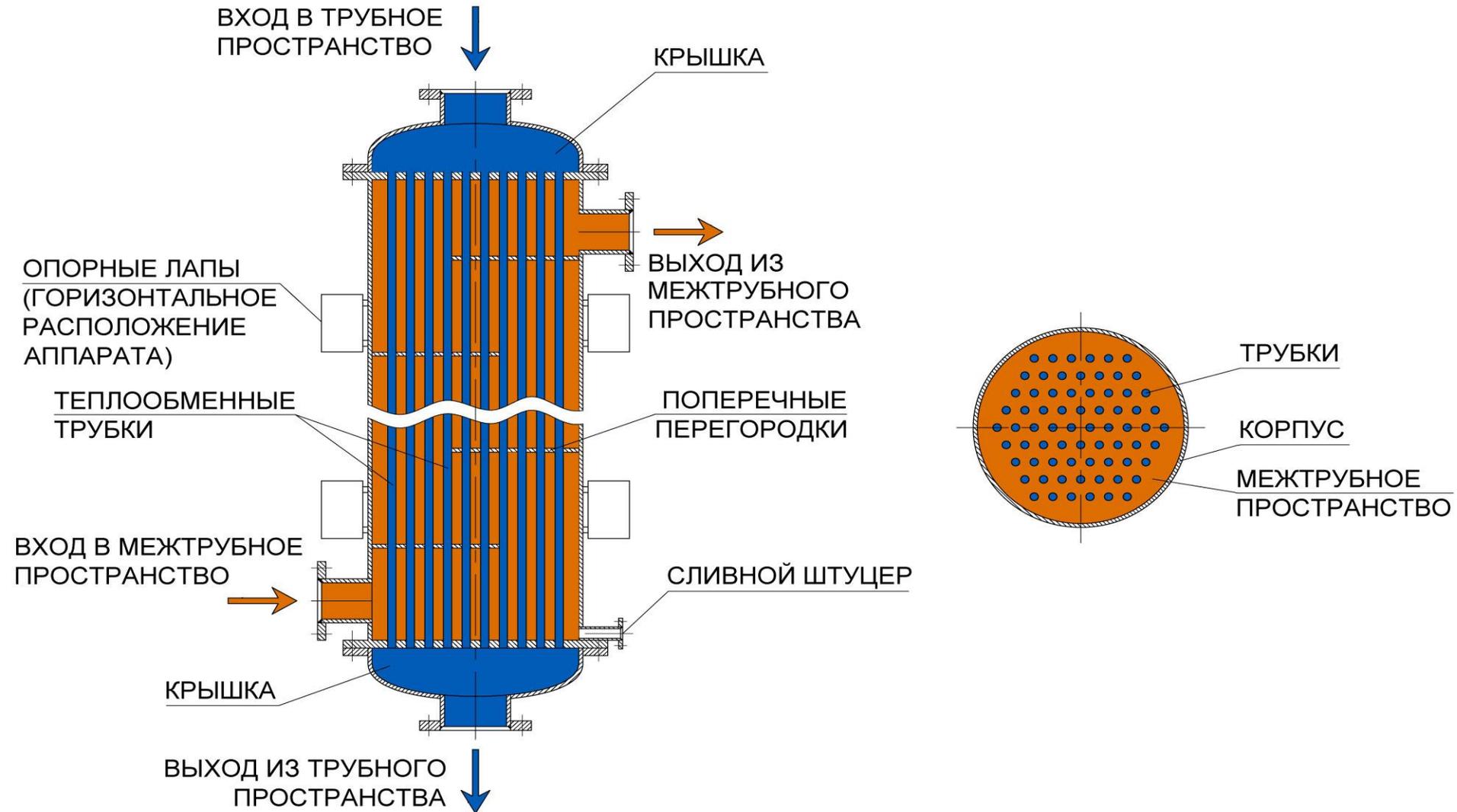
Теплообменный аппарат, используемый в качестве конденсатора



Виды трубчатых теплообменных аппаратов, используемых в составе испарителей



Кожухотрубный теплообменник



Двухходовой кожухотрубный теплообменный аппарат

