

Раздел 3. Теплообменное оборудование

Доцент ОНД ИШПР
Холодная Галина Евгеньевна

Тепловые процессы

- связаны с теплообменом

Движущая сила: разность температур

Скорость определяется законами теплопередачи

Тепловые процессы

- 1) нагревание;**
- 2) охлаждение;**
- 3) испарение;**
- 4) конденсация;**
- 5) плавление;**
- 6) затвердевание;**
- 7) выпаривание;**
- 8) кристаллизация.**

Массообменные процессы

- переход вещества из одной фазы в другую за счет диффузии

Движущая сила: разность концентраций вещества между соответствующими фазами системы

Скорость определяется законами массопередачи

Массообменные процессы

- 1) ТВ→Ж *растворение твердых веществ;*
- 2) Ж →ТВ *кристаллизация;*
- 3) Ж →Ж *экстракция;*
- 4) Ж →Г *испарение жидкости, десорбция;*
- 5) Г → Ж *конденсация паров, абсорбция;*
- 6) Ж↔ П *ректификация;*
- 7) ТВ→Г *возгонка, десорбция;*
- 8) Г →ТВ *адсорбция.*

Классификация массообменных процессов

- **Абсорбция и адсорбция** - это сорбционные процессы, связанные с разделением газовых и парогазовых смесей путем избирательного поглощения одного или нескольких компонентов.

В случае **абсорбции** - поглотитель - жидкость.

В случае **адсорбции** - твердый поглотитель.

В случае абсорбции происходит массообмен между газом и жидкостью; в случае адсорбции - между газом и твердым телом.

Классификация массообменных процессов

- **Ректификация** - процесс разделения жидких смесей, путем многократного испарения и конденсации смеси.

При ректификации происходит массо - и теплообмен между паровой и жидкой фазами.

Классификация массообменных процессов

- **Экстракция** - процесс разделения смеси компонентов, входящих в состав твердой или жидкой фаз, путем обработки их жидким растворителем, способным полностью или частично извлекать один из компонентов.

В данном случае массообмен происходит между твердой и жидкой фазами (экстракция из твердого тела) или между жидкими фазами (жидкостная экстракция).

Классификация массообменных процессов

- **Кристаллизация и растворение твердых веществ.** При кристаллизации происходит массообмен в направлении от жидкого раствора к твердому телу - кристаллу, а при растворении - от твердого тела к жидкости (раствору).

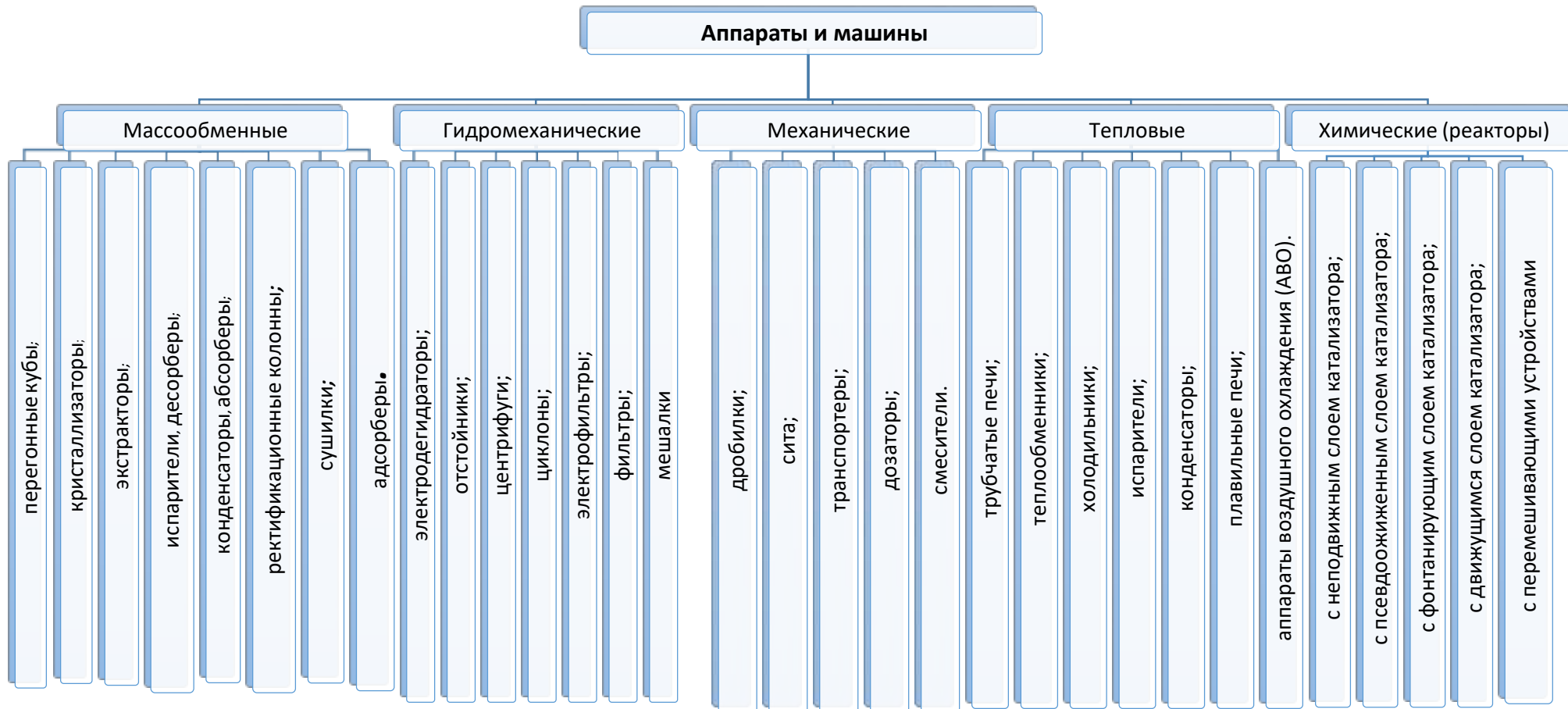
Классификация массообменных процессов

- **Сушка** - процесс удаления влаги из влажных материалов за счет подводимой извне тепловой энергии.

При сушке происходит массопередача влаги из влажного материала в окружающую газовую среду.

Классификация аппаратов

В основу классификации положен основной процесс, определяющий назначение аппарата



Теплообменное оборудование



Классификация теплообменников

- по назначению,
- по способу передачи теплоты,
- по роду применяемых теплоносителей,
- по направлению и характеру движения рабочих сред,
- по характеру температурного режима,
- по температурному уровню,
- по типу поверхности нагрева,
- по применяемым материалам и т.д.

По назначению

- подогреватели,
- испарители,
- конденсаторы,
- холодильники,
- радиаторы,
- калориферы и т. д.

По способу передачи теплоты

Рекуперативные ТО - передача теплоты происходит непрерывно во времени через разделяющую твёрдую стенку.

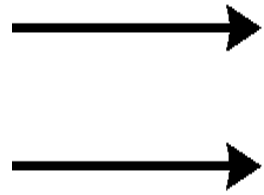
Регенеративные ТО - греющая среда приводится в соприкосновение с твёрдым телом (насадкой) и отдаёт ему теплоту, которое аккумулируется и в последующий период времени передаётся нагреваемой среде, т.е. процесс передачи теплоты осуществляется периодически (циклично).

Смесительные ТО - передача теплоты происходит при непосредственном соприкосновении (перемешивании) греющей и нагреваемой рабочих сред.

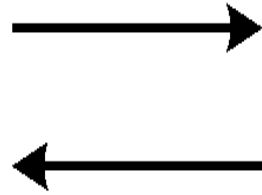
По роду применяемых теплоносителей рекуперативные ТО различают:

- парожидкостные,
- жидкостно–жидкостные,
- газожидкостные,
- газо–газовые.

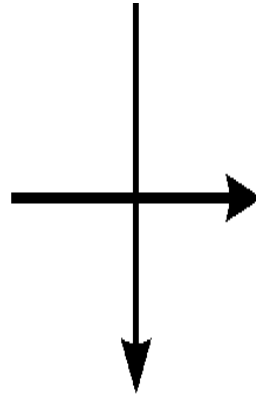
Схемы движения теплоносителей



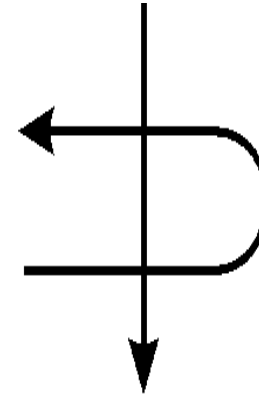
а



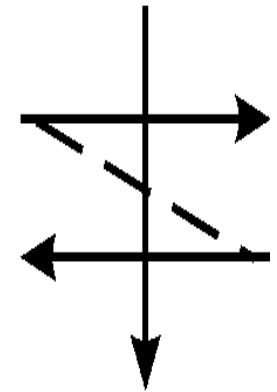
б



в



г



д

а – прямоток; б – противоток; в – однократный перекрёстный ток;
г – С – перекрест; д – Z – перекрест

По характеру температурного режима

- с **установившимся** (стационарным) тепловым режимом
- с **неустановившимся** (нестационарным) тепловым режимом

По температурному уровню

- высокотемпературные
- среднетемпературные
- низкотемпературные
- криогенные

- К **высокотемпературным** относят огнетехнические процессы и установки (например, промышленные печи), которым соответствуют рабочие температуры в пределах **400–2000 °С**.
- Рабочий диапазон **среднетемпературных** процессов и установок (например, выпарки, ректификации, сушки) находится, как правило, в пределах **150–700 °С**;
- **Низкотемпературные** системы (отопительные, вентиляционные, кондиционеры, теплоносные и холодильные установки) – **от -150 до +150 °С**.
- Процессы, протекающие при более низких температурах, называются **криогенными**.

По форме поверхности нагрева

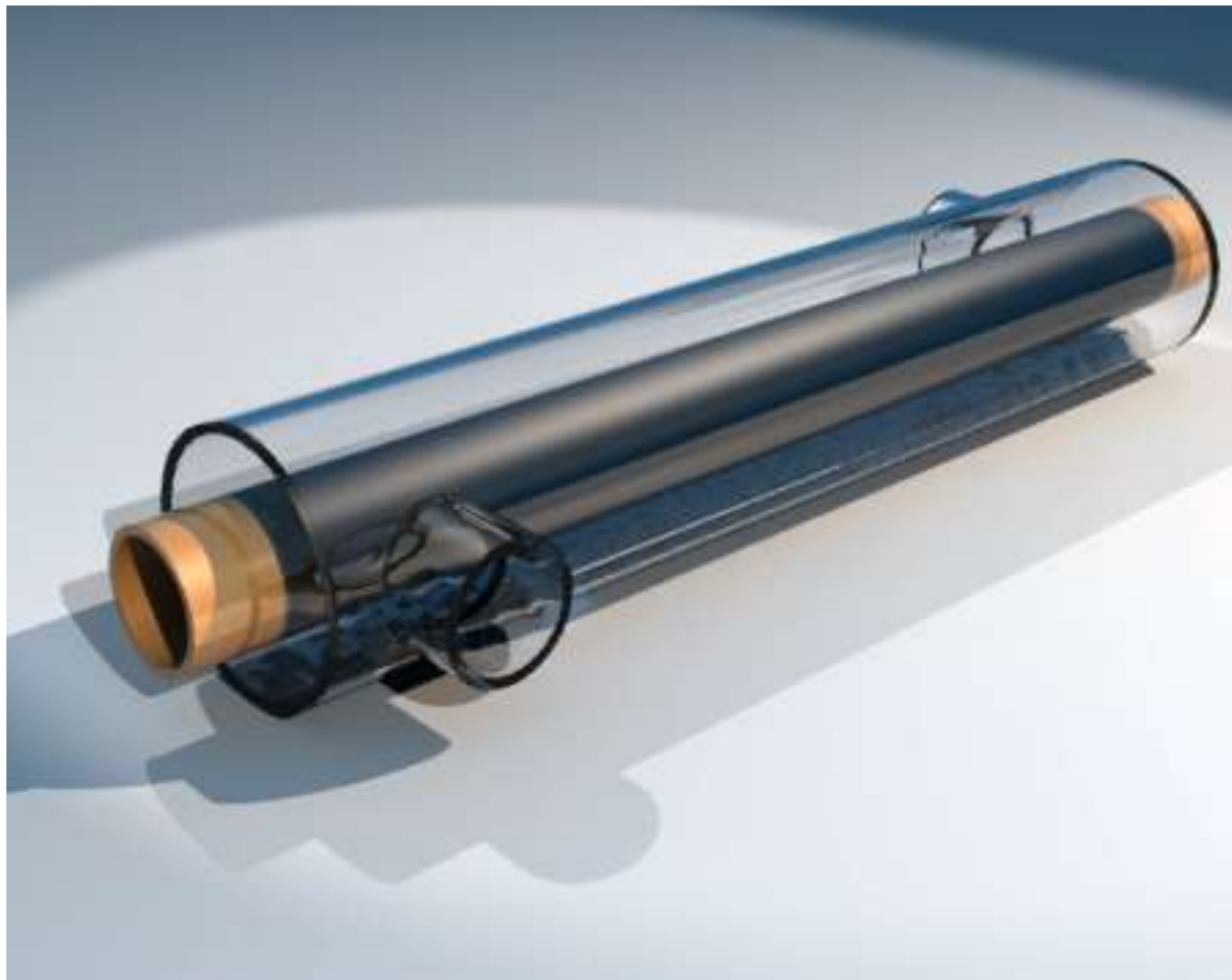
- Трубчатые:
 - труба в трубе;
 - кожухотрубные (из оребрѐнных труб, с U-образными и спиральными трубками).
- Пластинчатые

ТО типа «труба в трубе»

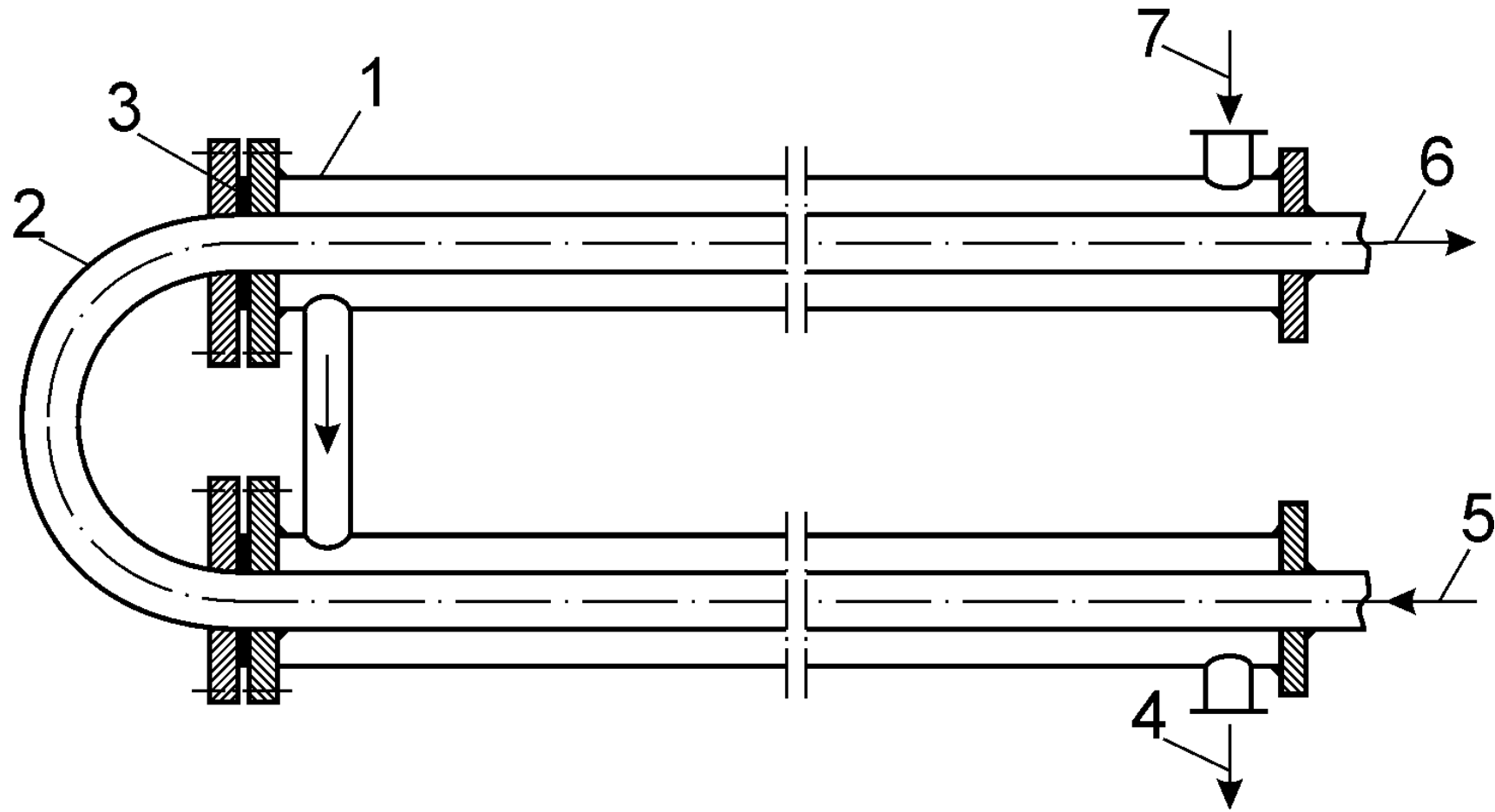


<http://npo-gaksarm servis.tiu.ru/>

ТО типа «труба в трубе»



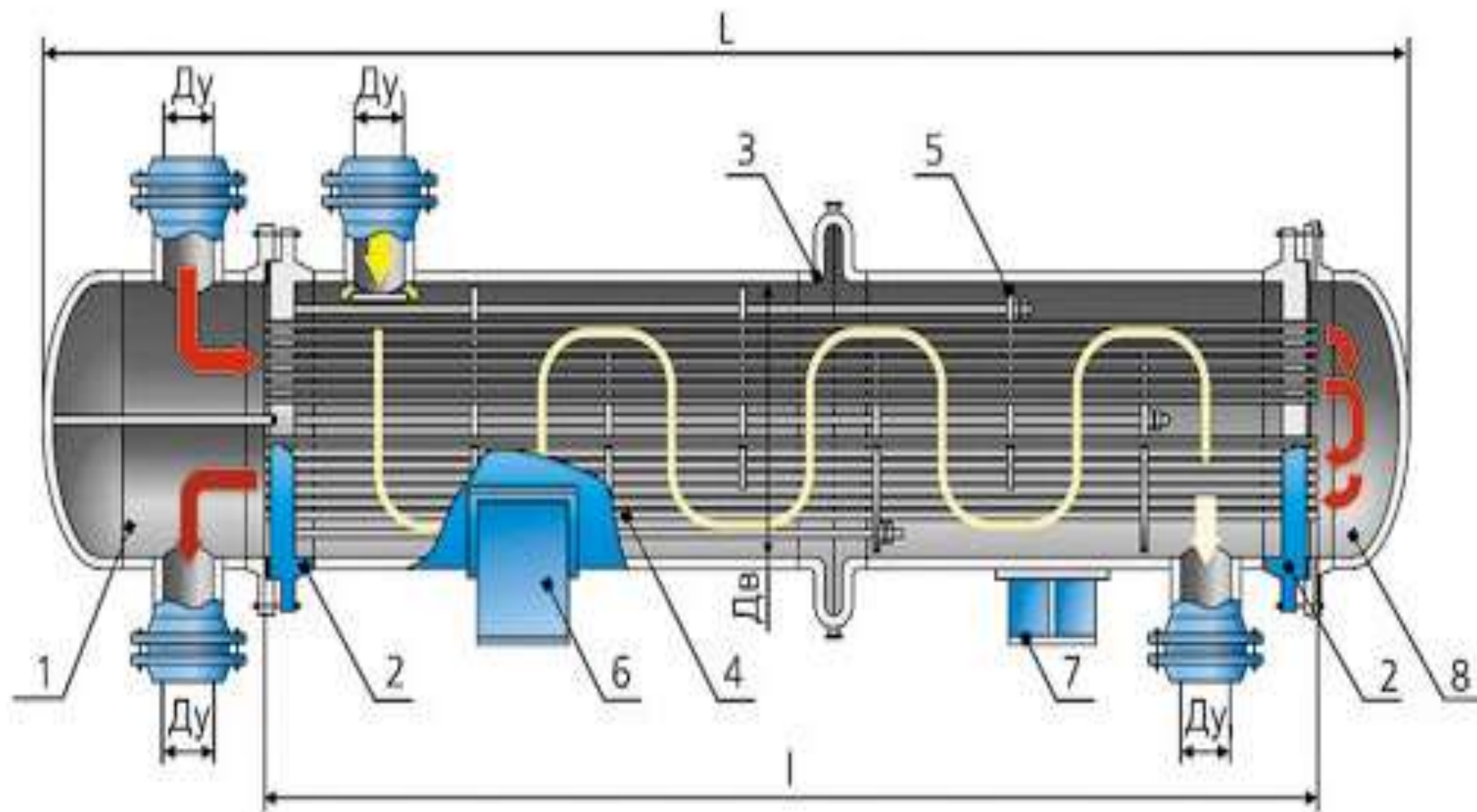
Водоводяной подогреватель типа «труба в трубе»



Кожухотрубный водоводяной ТО



Кожухотрубный ТО



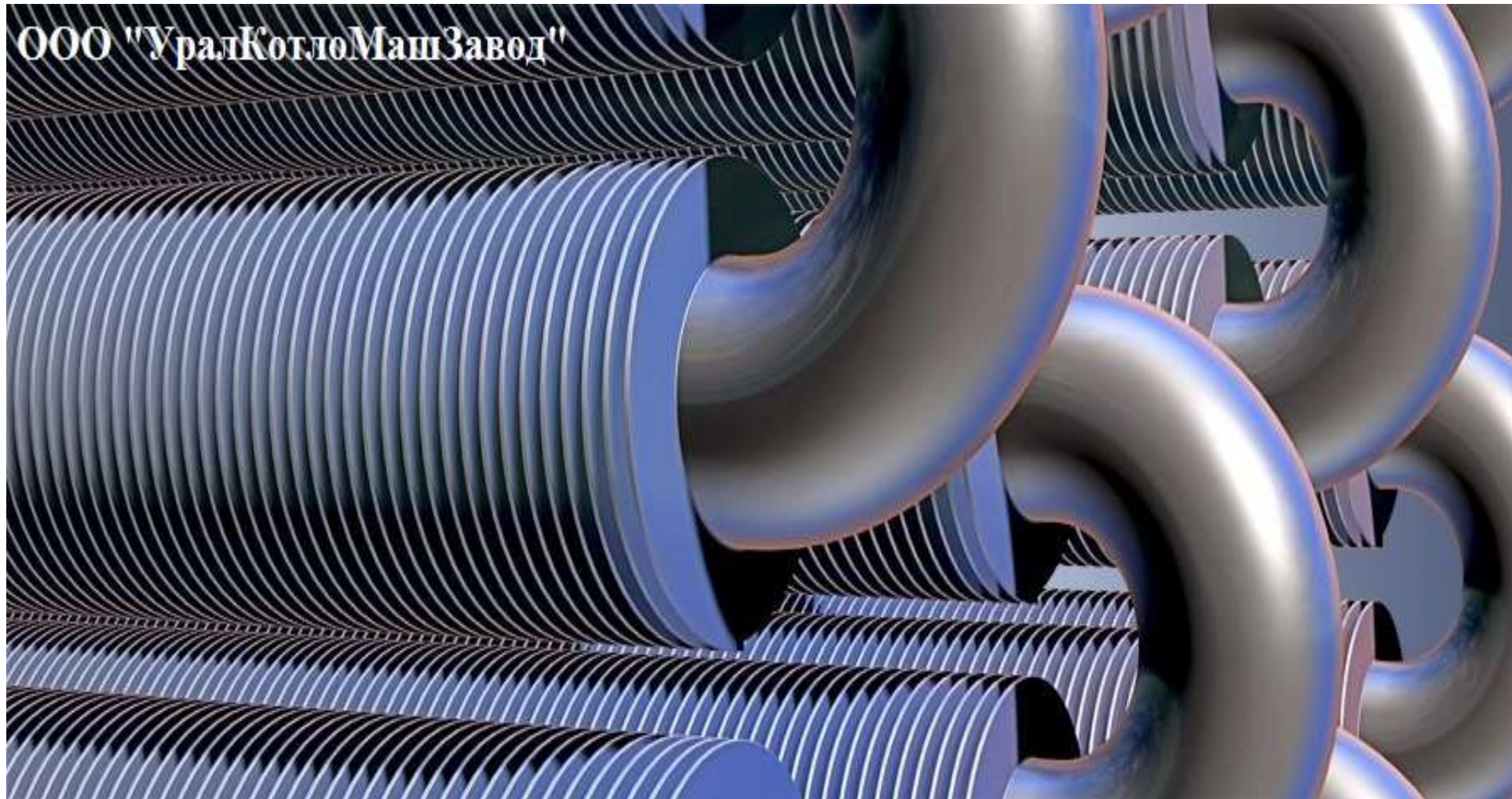
ТО из оребренных труб



Степень оребрения и коэффициент компактности

- Увеличение поверхности теплообмена по стороне газов за счёт оребрения вызвано особенностью процесса передачи теплоты: с газовой стороны коэффициенты теплоотдачи значительно меньше, чем со стороны жидкости.
- **Степень оребрения** поверхности теплообмена характеризуется коэффициентом оребрения Φ_p , который представляет собой отношение полной поверхности оребренной трубы к поверхности гладкой (несущей) трубы.
- **Коэффициент компактности** таких поверхностей нагрева, определяемый величиной поверхности теплообмена, размещенной в единице объема, достигает $\Pi = 600 \text{ м}^2/\text{м}^3$, что позволяет создавать малогабаритные установки.

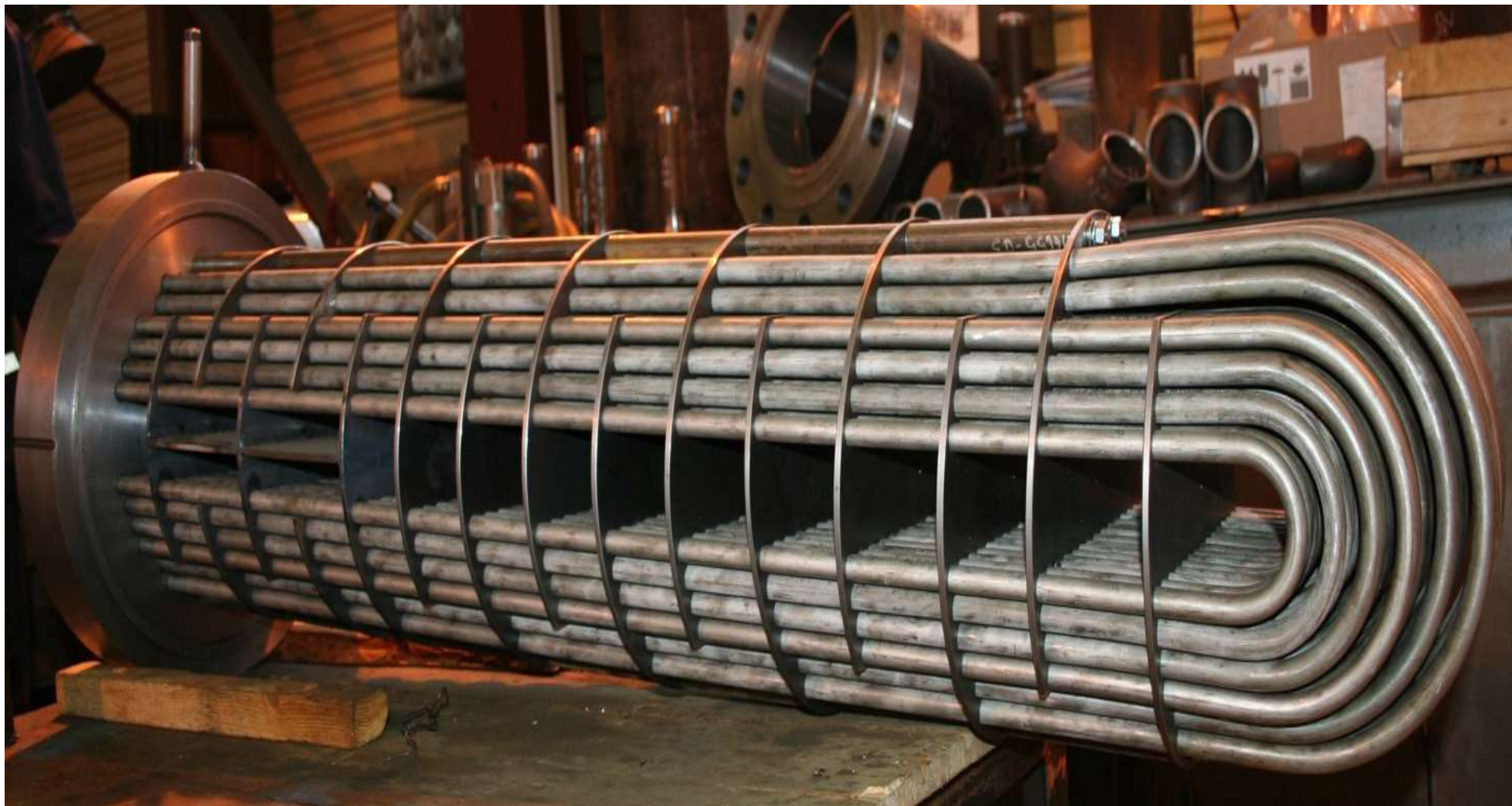
Оребрѐнные трубы



Спиральное ребрение



ТО с U-образными трубками



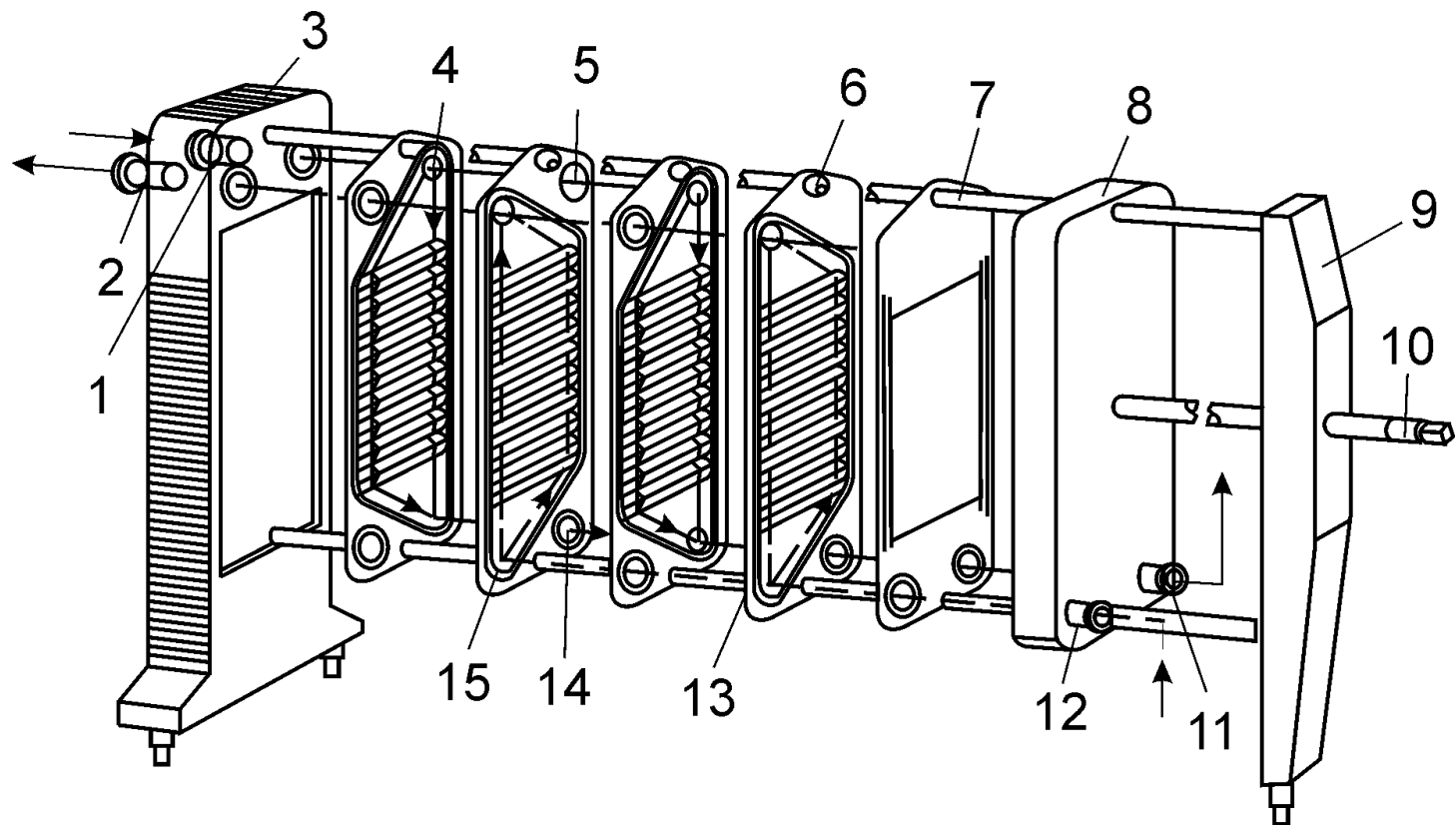
Спиральный ТО для пищевой промышленности



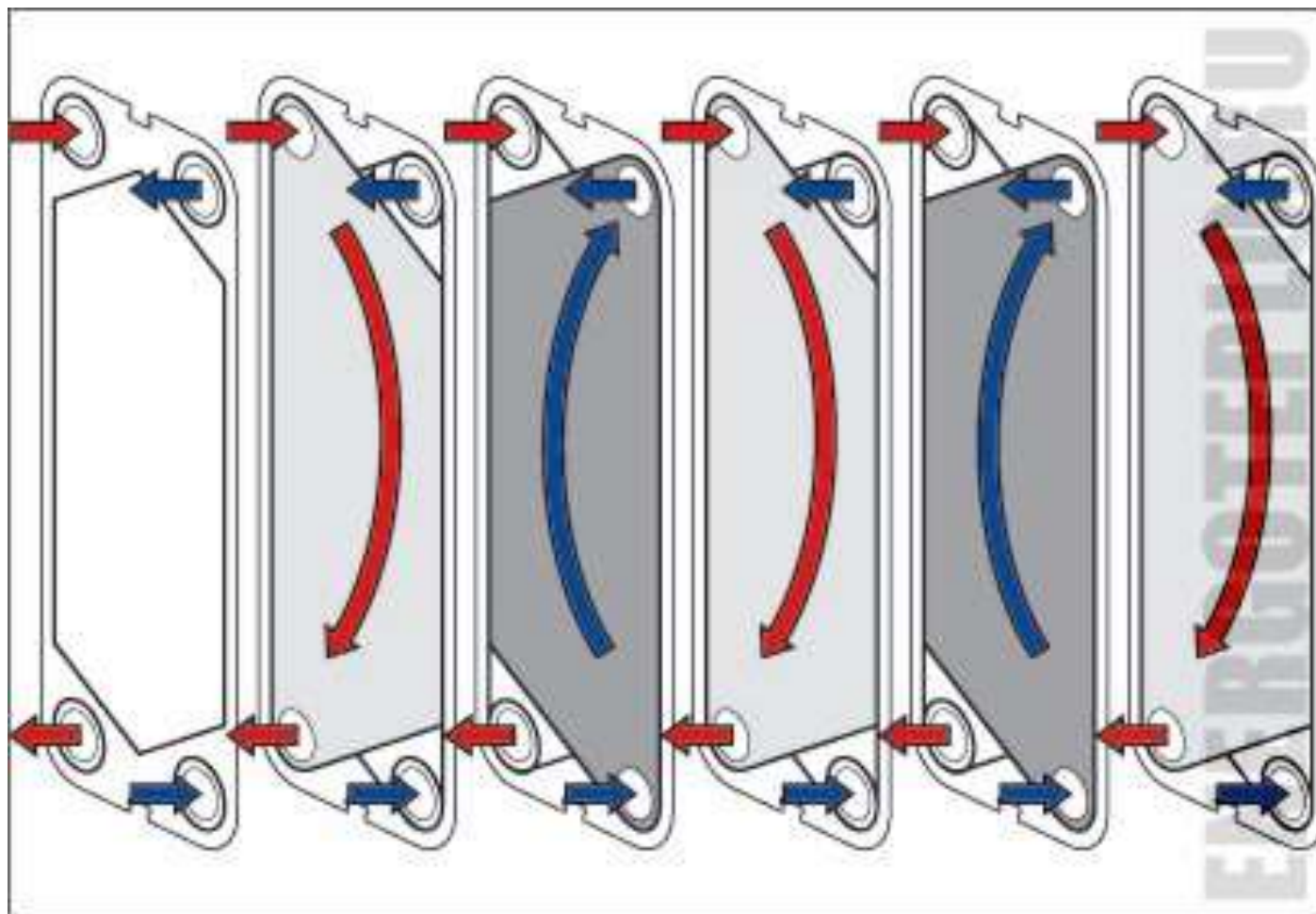
Геликоидные теплообменники



Пластинчатый ТО

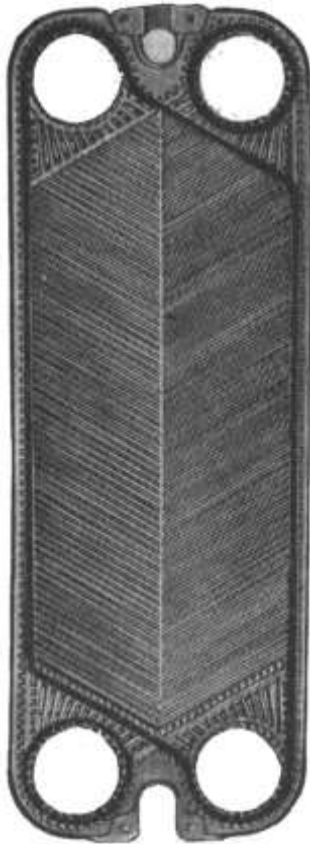


Пластинчатый теплообменник

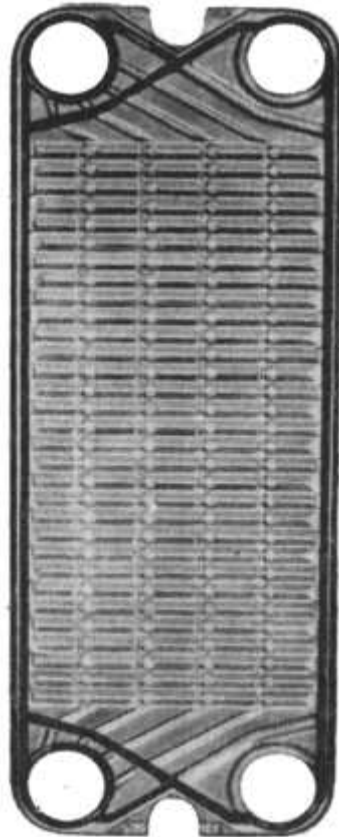


Пластины с гофрами

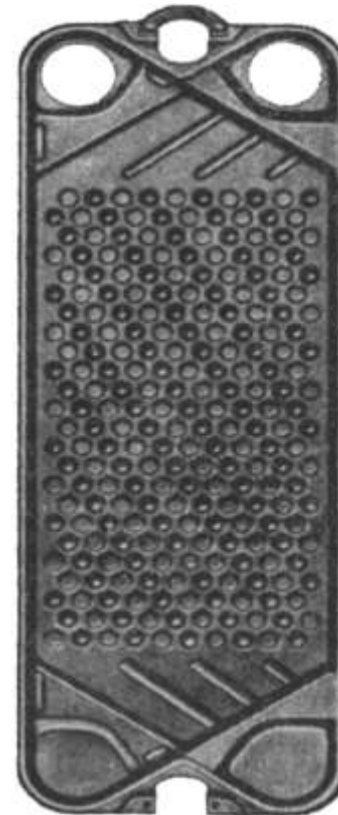
«Уралхиммаш»,
«Розенблад»



«Альфа-Лаваль»



«Хисака»



Теплоносители

- **Теплоносители** – это рабочие среды, протекающие в ТОА
- По агрегатному состоянию: газообразные, жидкие
- Основные теплоносители: вода, воздух, пар, дымовые газы, масла, глицерин, антифризные жидкости, и пр.

Теплофизические свойства

- **теплоёмкость** C , $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ – количество теплоты, необходимое для нагревания единичной массы вещества на 1°C
- **теплопроводность** λ , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ – характеризует по закону Фурье способность вещества проводить теплоту – количество теплоты, проходящее через единицу поверхности за единицу времени при разности температур в 1°C на единицу длины

Теплофизические свойства

- **ВЯЗКОСТЬ**

кинематическая ν , м²/с,

динамическая $\mu = \nu \cdot \rho$, Па·с – характеризует по закону Ньютона силы внутреннего трения

- **ПЛОТНОСТЬ ρ** , кг/м³ – масса единицы объёма

- **скрытая теплота парообразования**

(конденсации*) r , кДж/кг, количество теплоты для преобразования 1 кг воды в пар

Идеальный теплоноситель

- **Теплоёмкость** - максимальная
- **Теплопроводность** – максимальная
- **Плотность** - максимальная
- **Вязкость** – минимальная
- **Скрытая теплота парообразования*** – в зависимости от назначения ТОВА

- Самые распространённые теплоносители: **вода** и **воздух**
- Характеризуются не очень высокой тепловой эффективностью (**воздух**), однако максимально удовлетворяют нас по критериям: **дешевизна, экологичность и доступность**

Рекомендуемые скорости теплоносителей в каналах теплообменников

Теплоноситель	Скорость, м/с
Маловязкие жидкости (вода, бензин, керосин)	1–3
Вязкие жидкости (масла, растворы солей и пр.)	
Запылённые газы при атмосферном давлении	0,2–1
Незаполненные газы при атмосферном давлении	6–12
Газы под давлением	12–16
Водяной пар: насыщенный	15–30
перегретый	30–50
разреженный	50–75
	100–200

Процессы, протекающие в ТОА

- Процессы тепло- и массообмена
- Три вида переноса теплоты:
 - теплопроводность;
 - конвекция;
 - излучение.
- На практике почти всегда мы имеем дело со сложным видом теплообмена – процессом **теплопередачи**, включающим в себя простые виды в разных комбинациях

Основные законы теплообмена

- Теплопроводность – закон Фурье

$$q = -\lambda \cdot \text{grad}t$$

- Конвекция – закон Ньютона-Рихмана

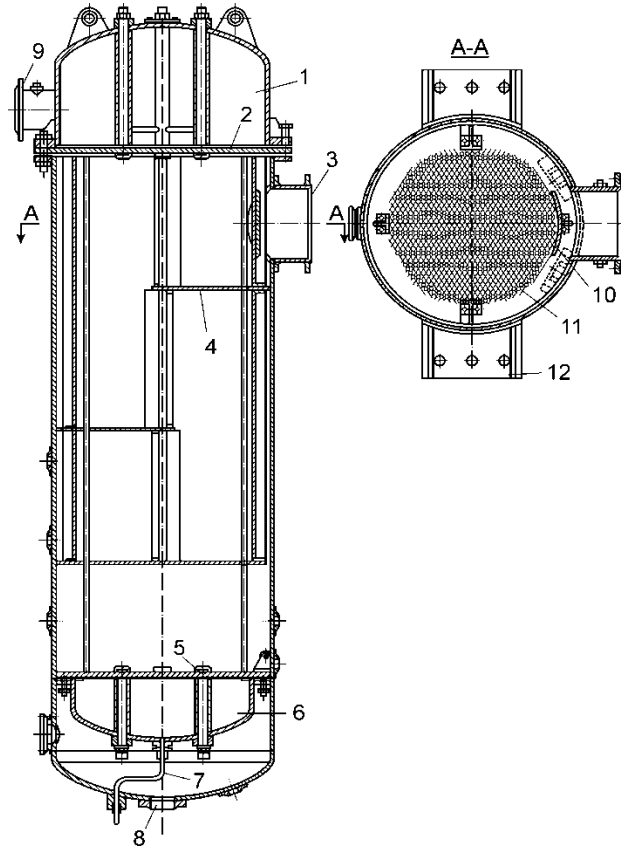
$$q = \alpha(t_{\text{п}} - t_{\text{ст}})$$

- Излучение – закон Стефана-Больцмана

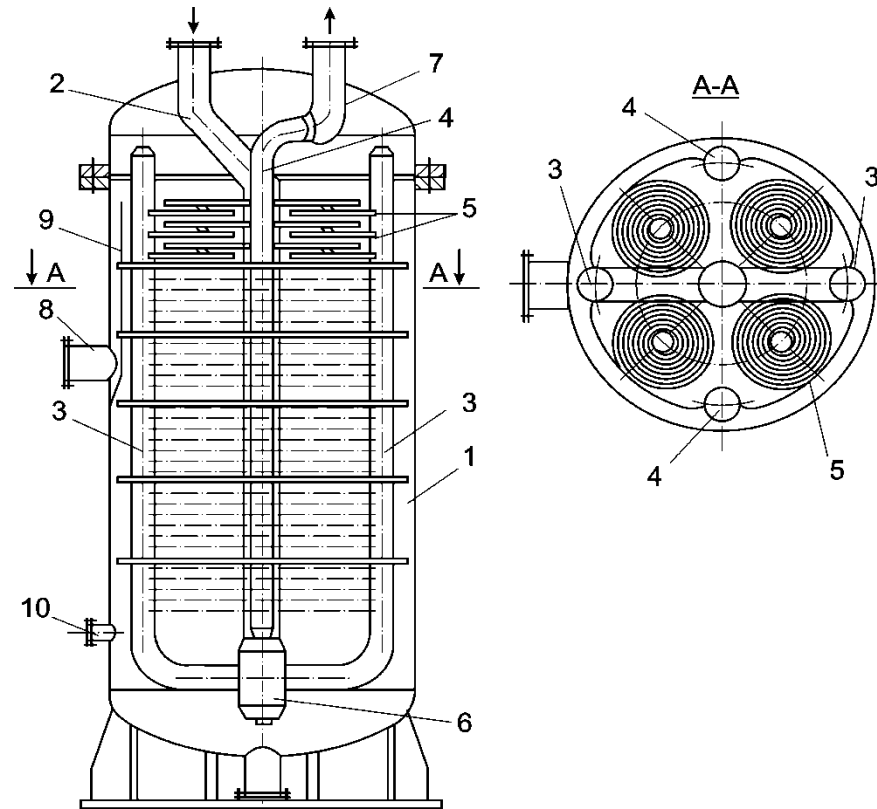
$$E = \sigma \cdot T^4$$

Парожидкостные ТО

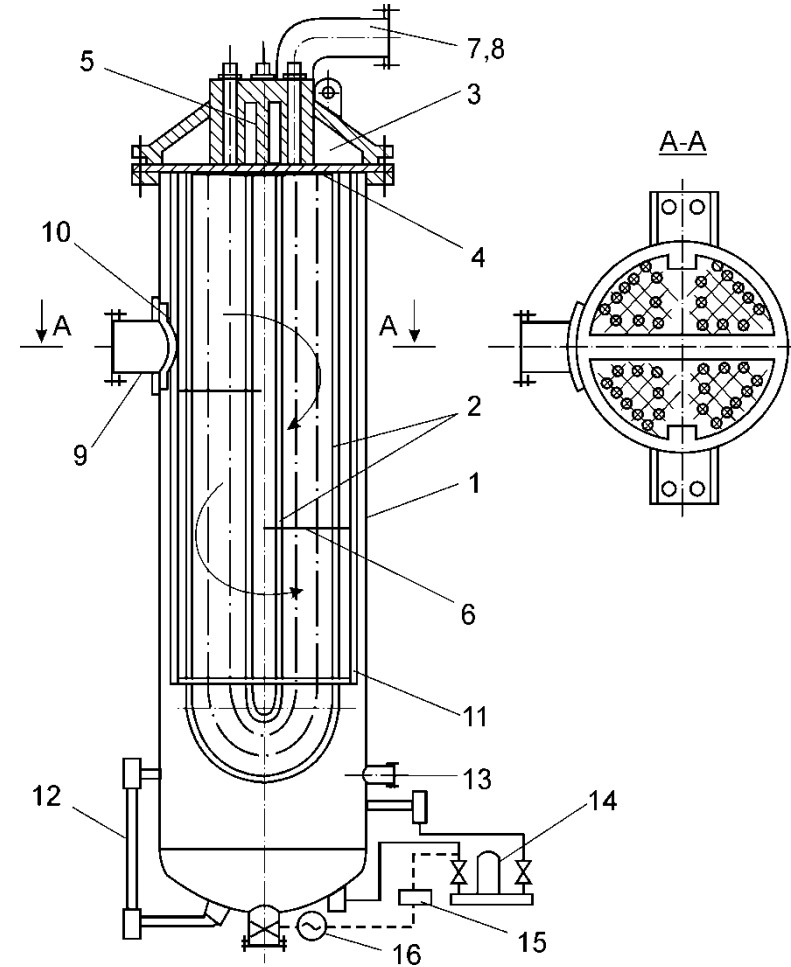
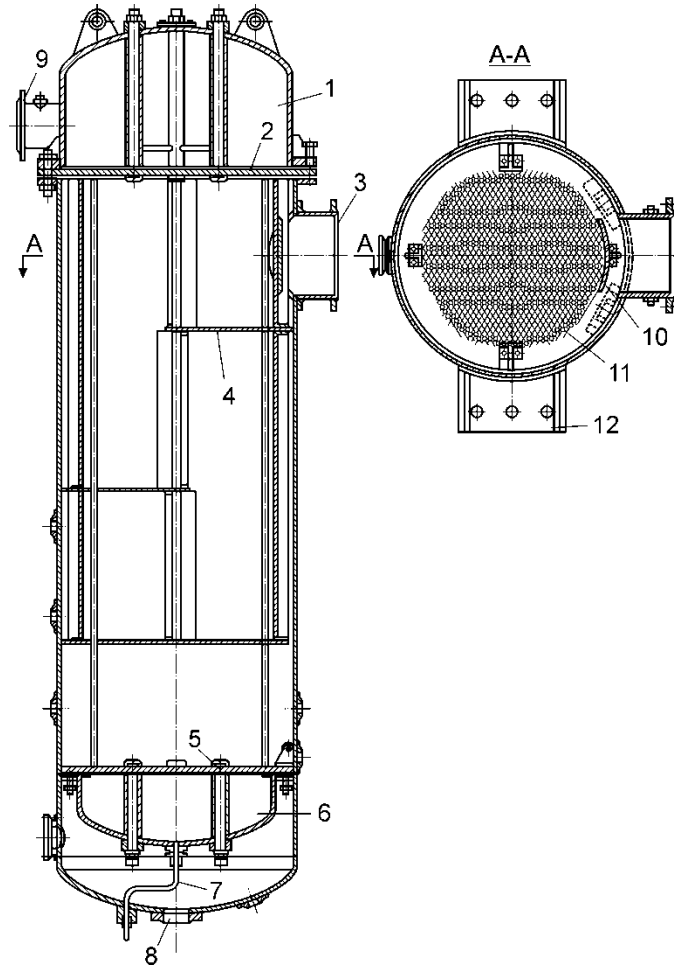
ПНД

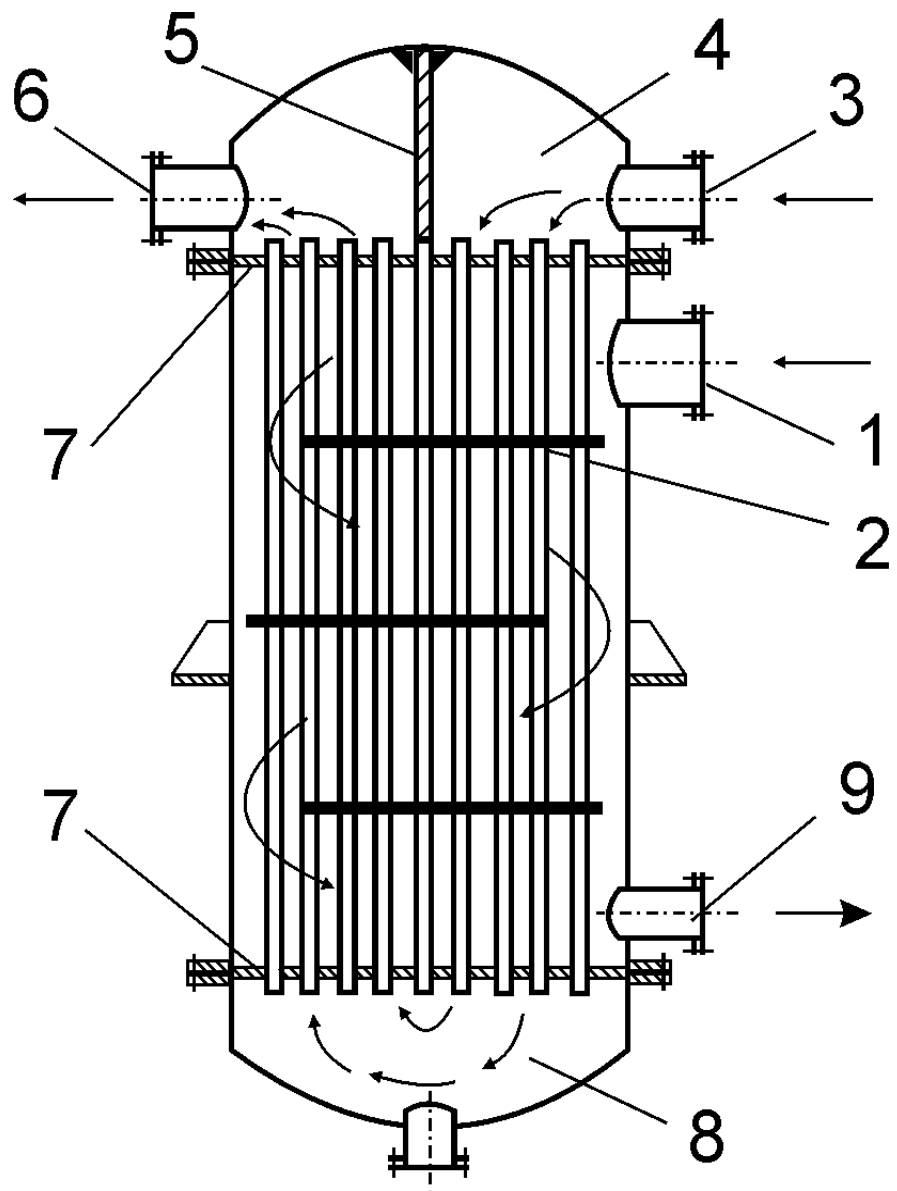


ПВД



Подогреватель низкого давления

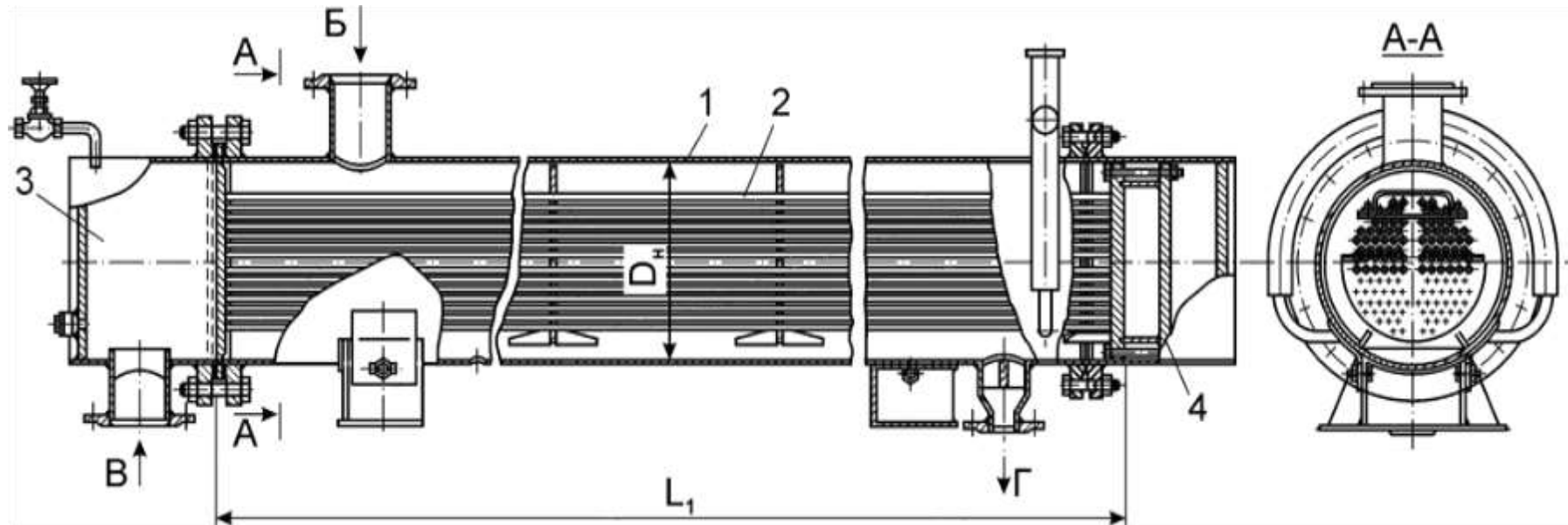




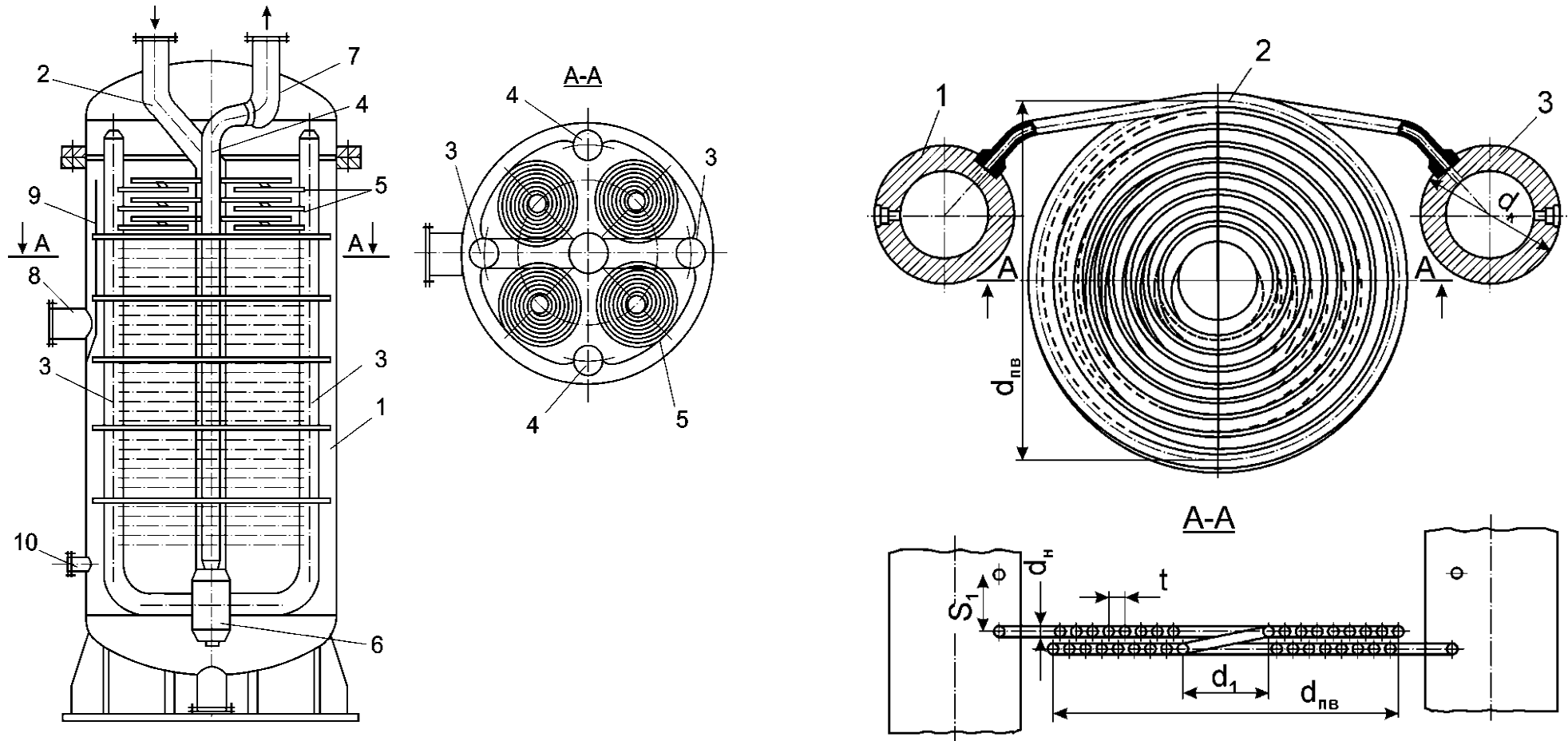
ПНД

- 1 – патрубков для входа пара;
- 2 – направляющие перегородки;
- 3, 6 – патрубки для входа и выхода воды;
- 4, 8 – верхняя и нижняя водяные камеры;
- 5 – разделительная перегородка;
- 7 – трубные доски;
- 9 – патрубков для отвода конденсата

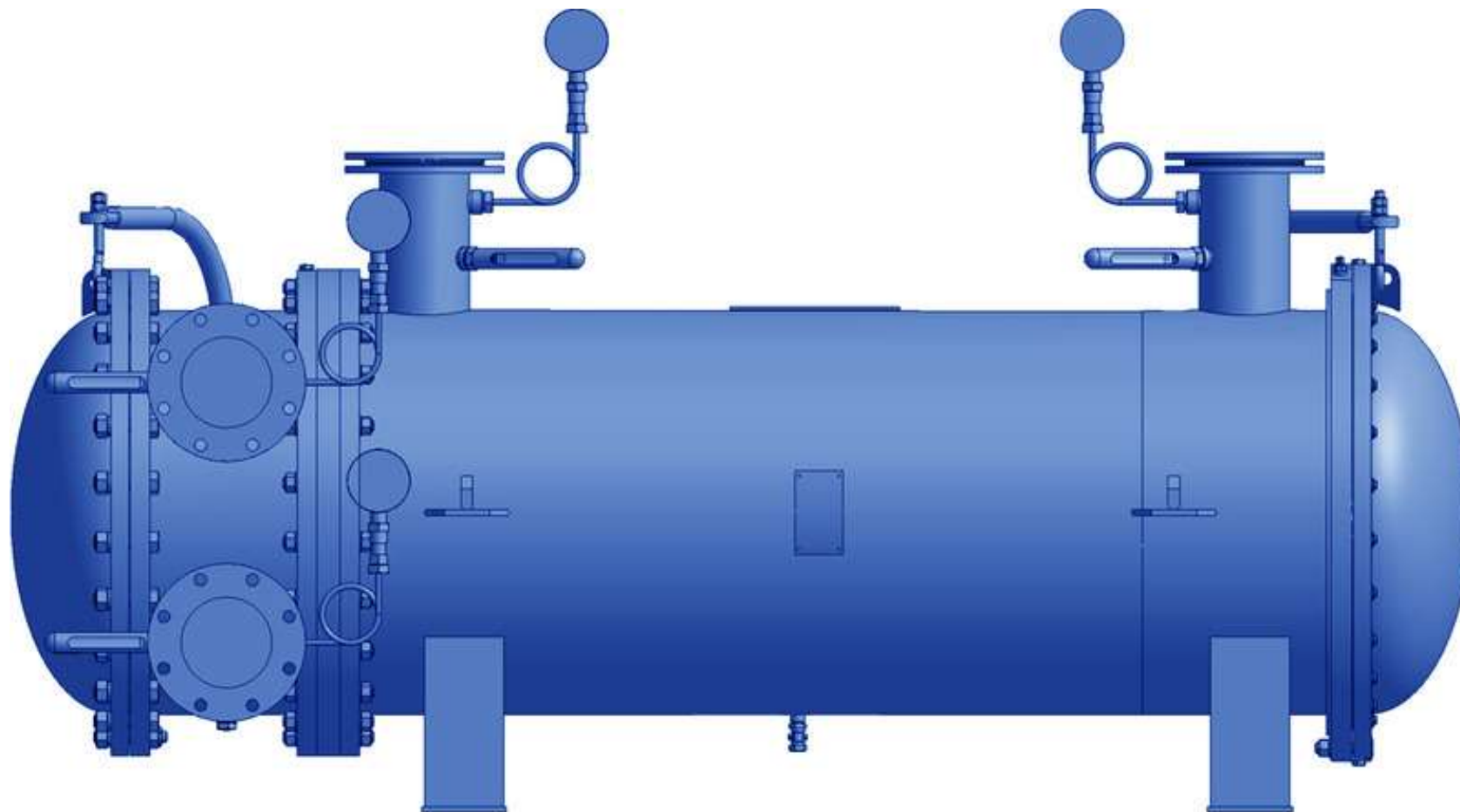
Горизонтальный ПНД



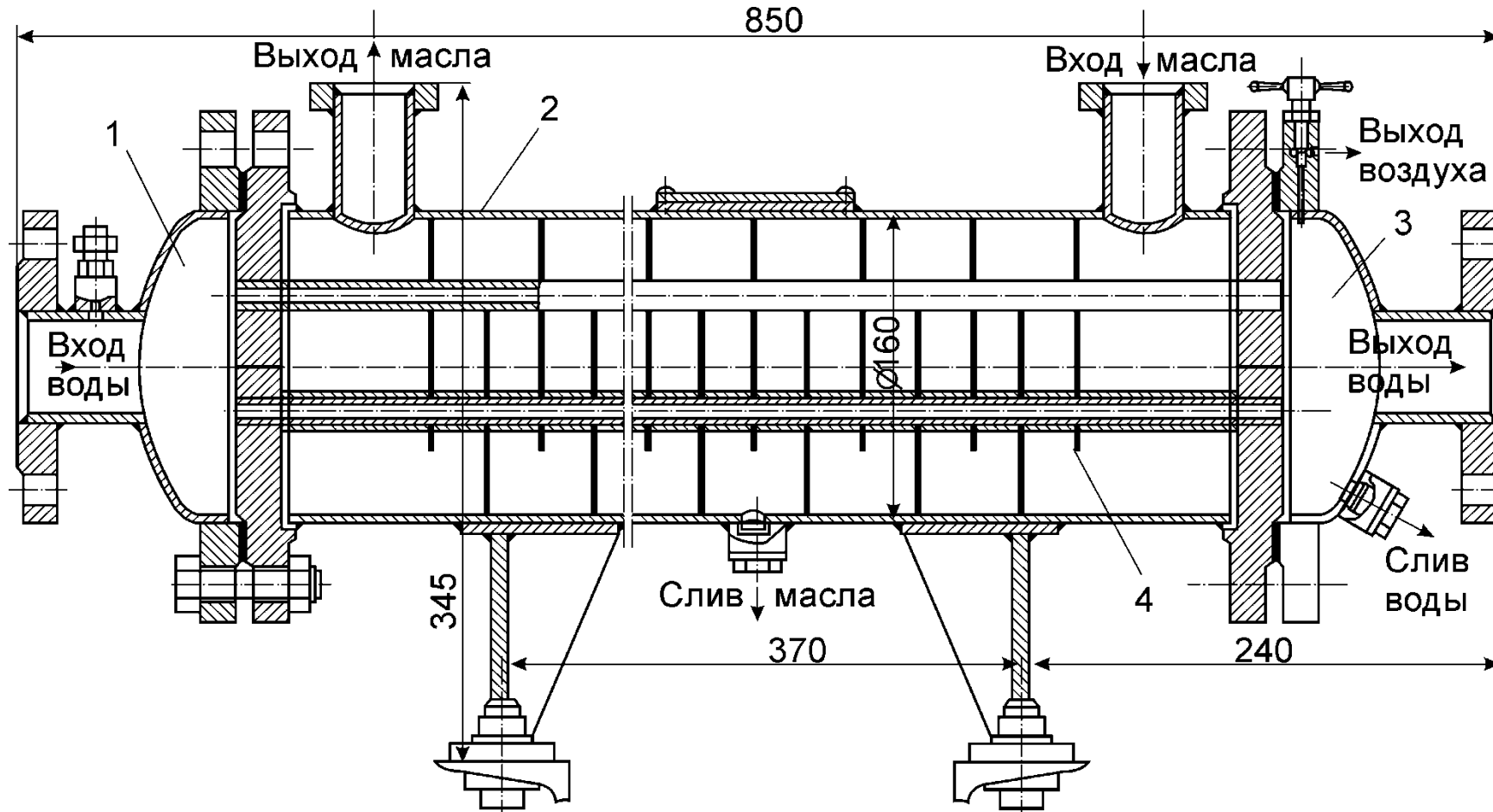
Подогреватель высокого давления

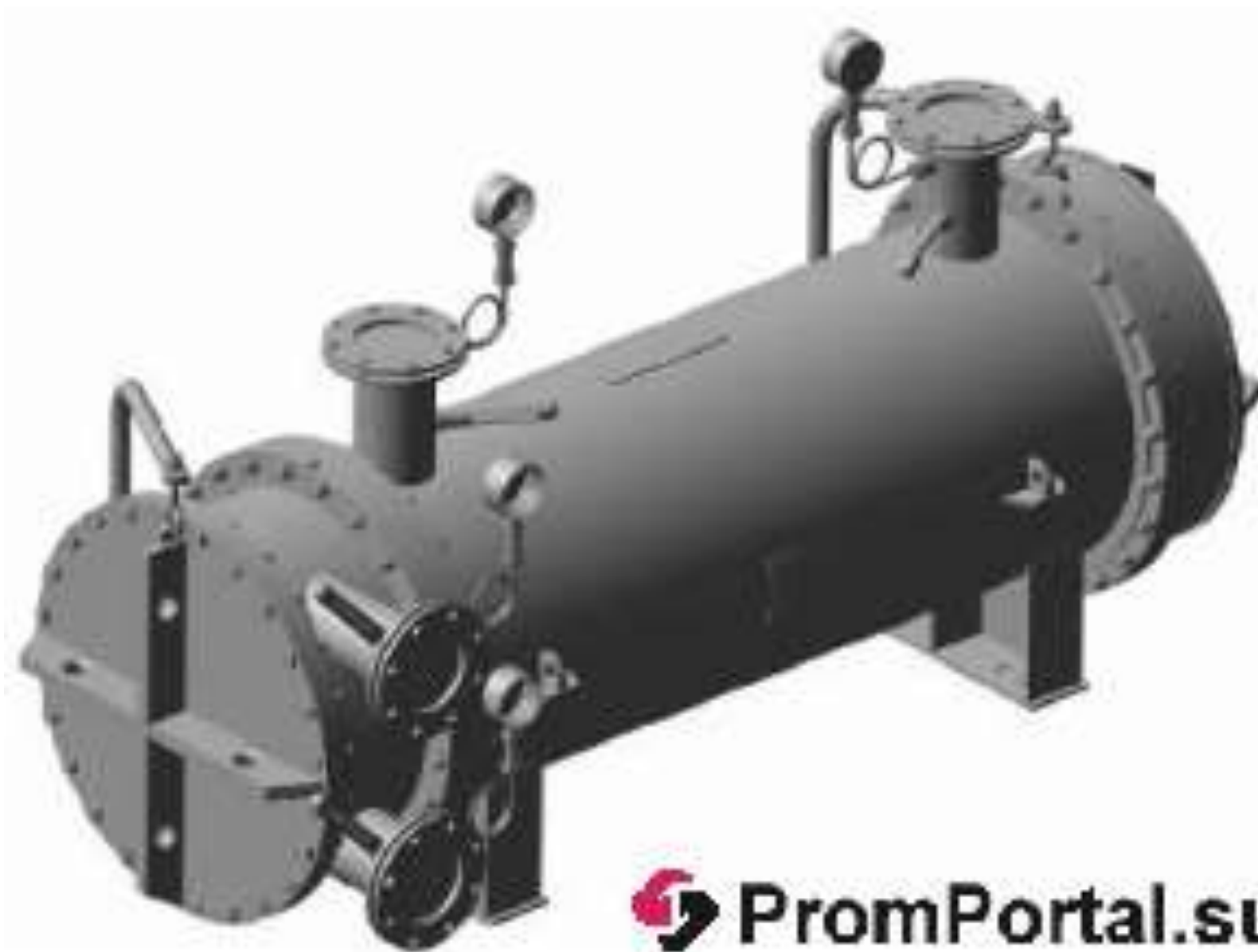


Маслоохладитель



Горизонтальный МО с сегментными перегородками

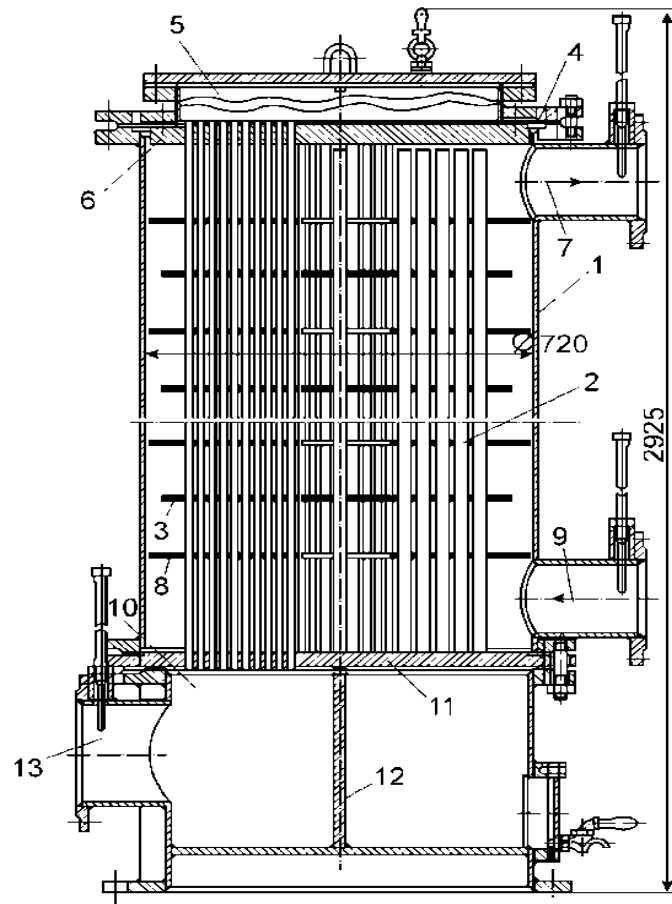




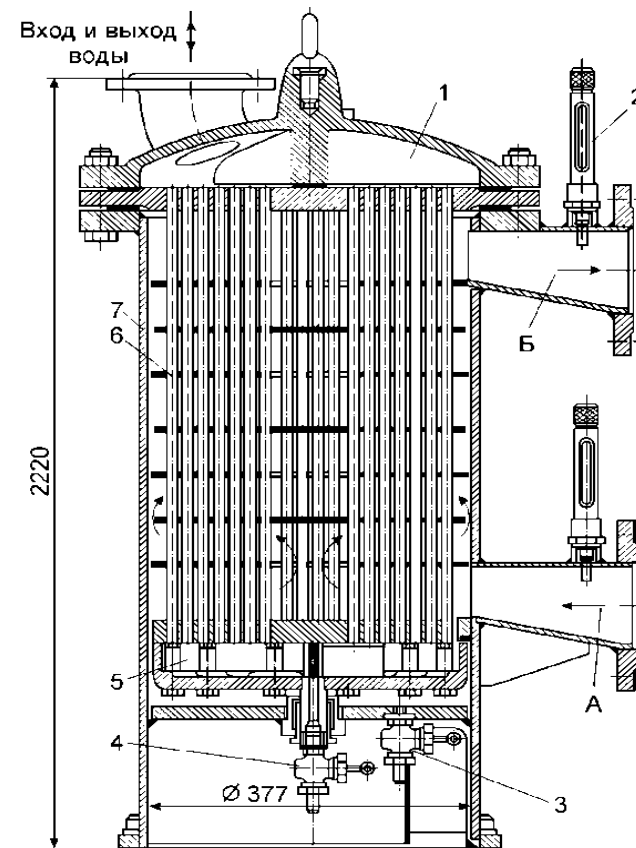
 **PromPortal.su**

Жидкостно-жидкостные ТО

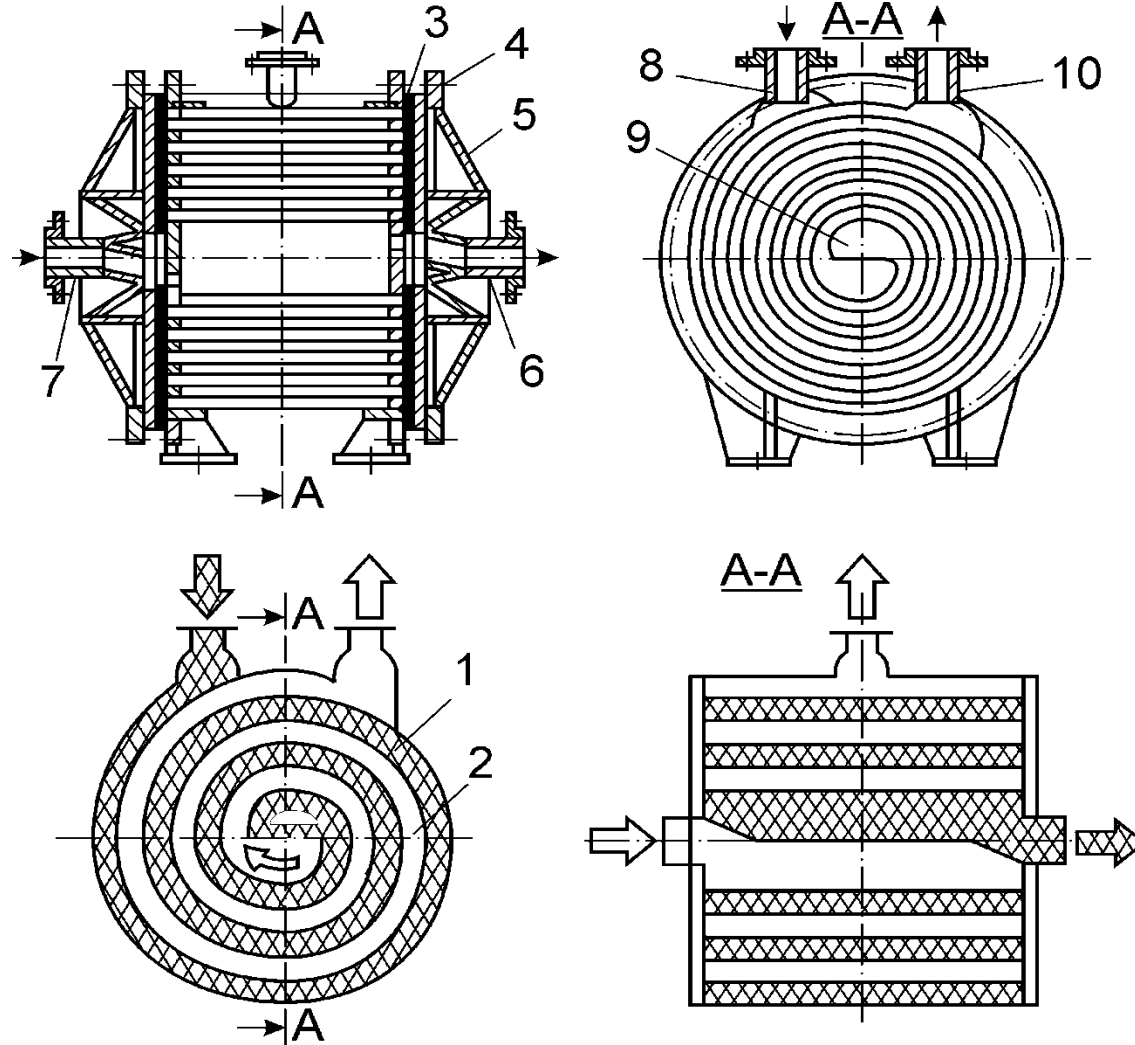
МО с перегородкой
«диск-кольцо»



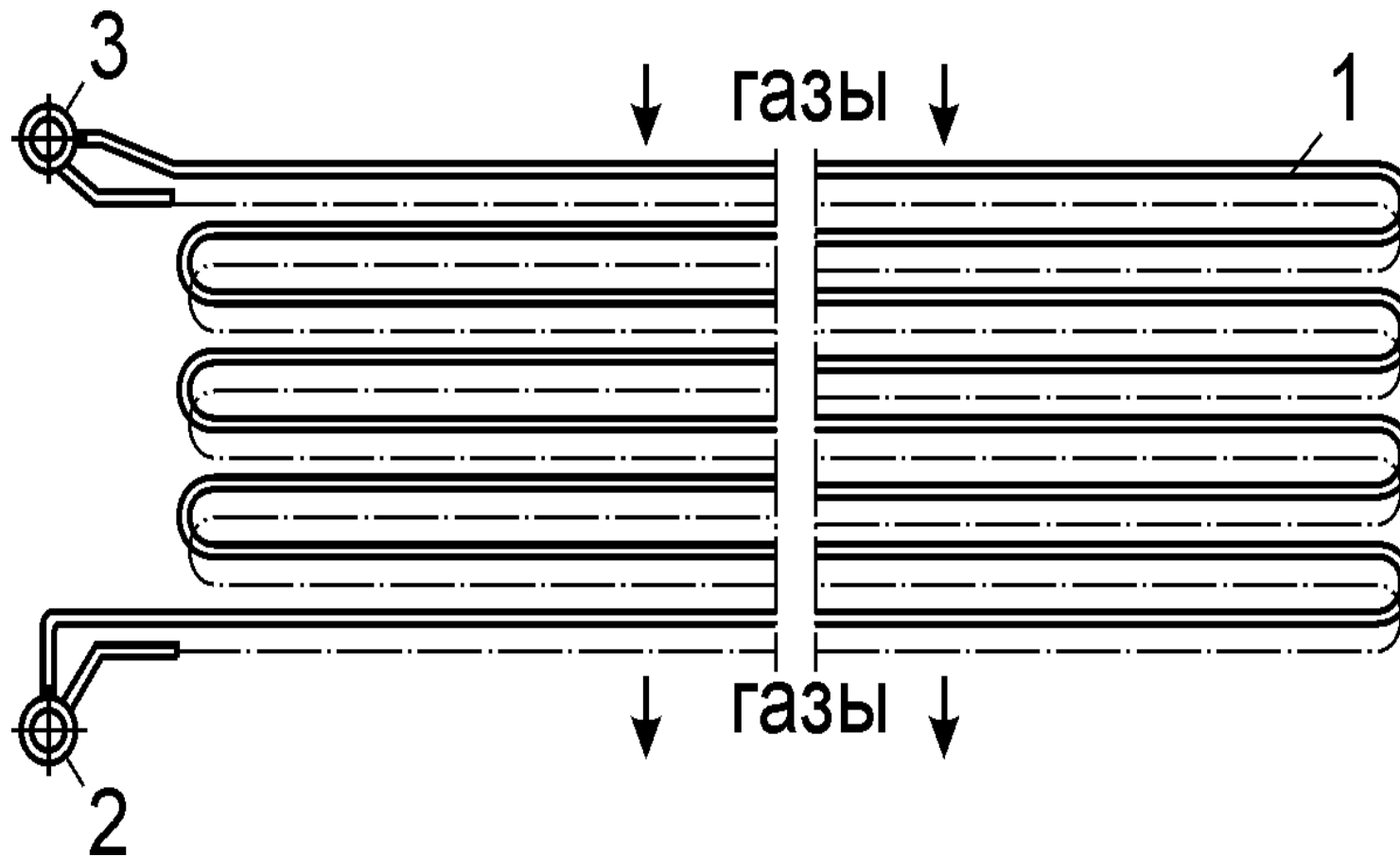
МО с подвижной нижней
водяной камерой



Спиральный ТО

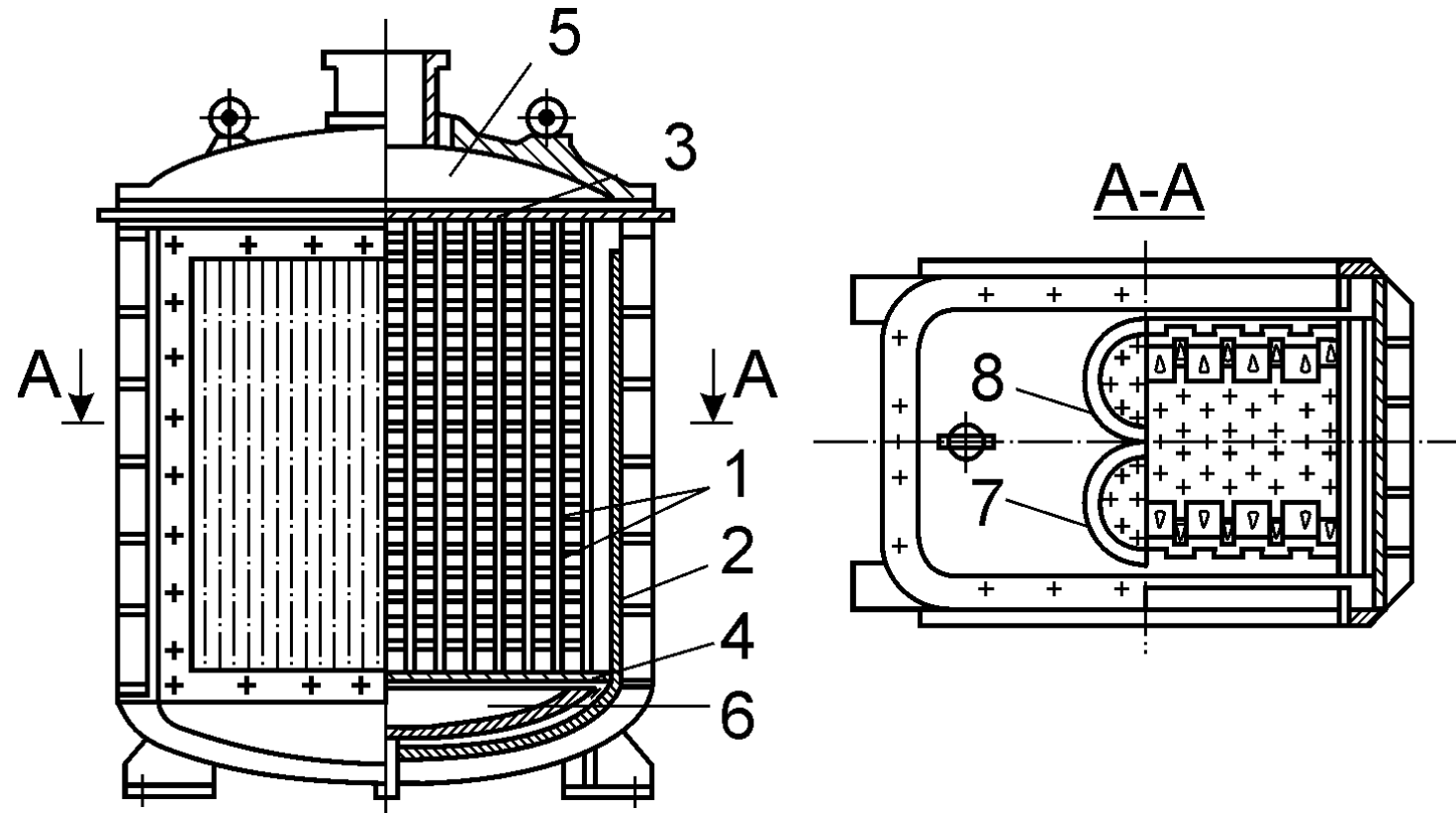


Газожидкостные ТО



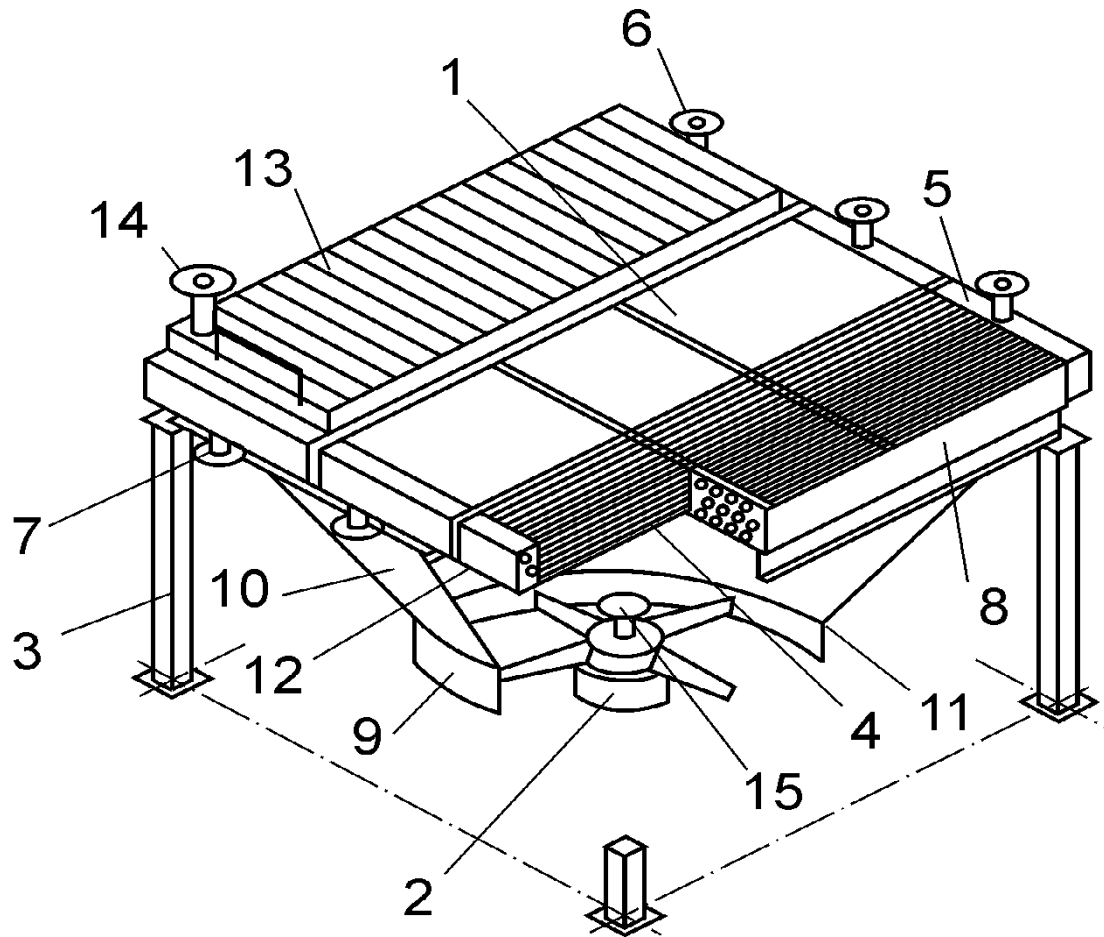
Ступень экономайзера из гладких труб

Промежуточный воздухоохладитель компрессорных установок



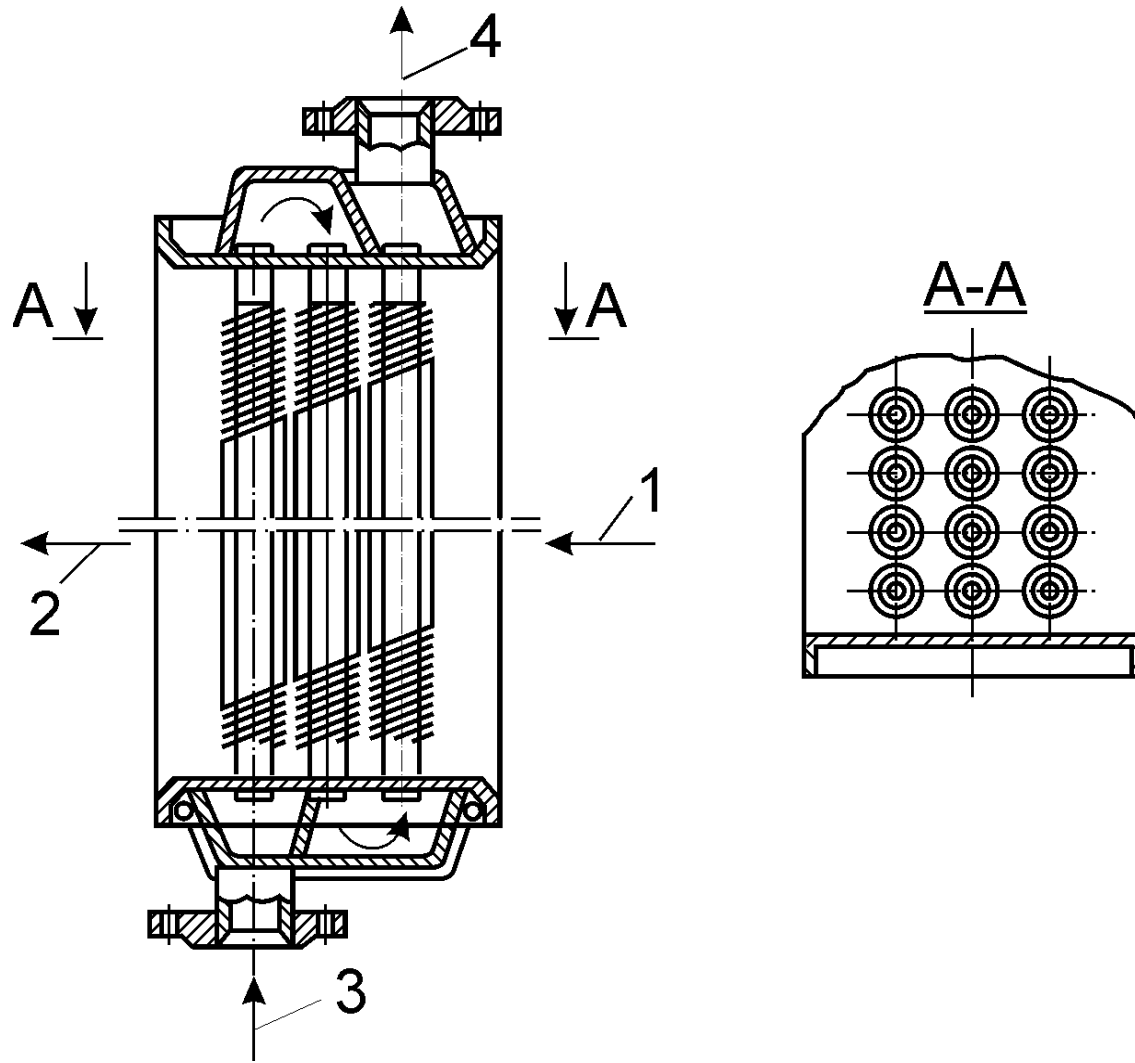
1 – трубный пучок; 2 – корпус; 3,4 – верхняя и нижняя трубные доски; 5,6 – верхняя и нижняя водяные камеры; 7,8 – патрубки для входа и выхода охлаждающей воды

Теплообменник воздушного охлаждения

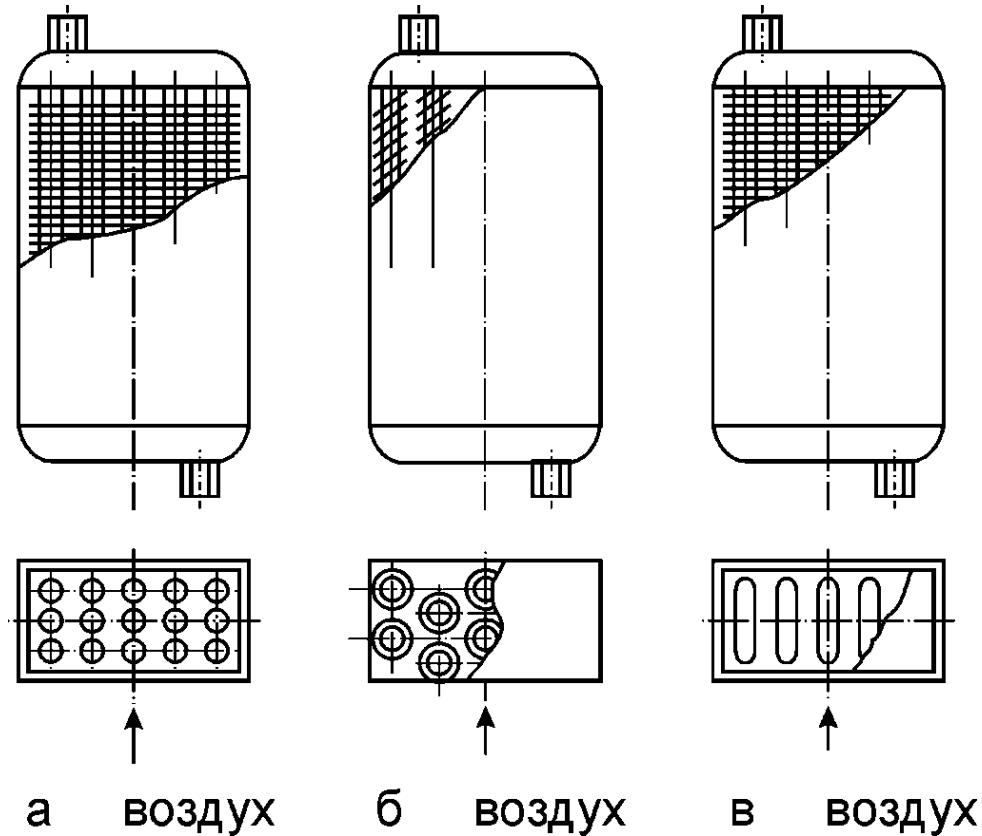


1 – теплообменная секция; 2 – вентилятор с приводом; 3 – опорная металлоконструкция; 4 – пучок из оребренных труб; 5 – камеры; 6,7 – штуцера для входа и выхода технологического продукта; 8 – рама; 9 – коллектор; 10 – диффузор; 11 – увлажнитель воздуха; 12 – подогреватель воздуха; 13 – жалюзийное устройство; 14,15 – приводы для изменения угла наклона лопаток жалюзи и лопастей вентилятора

Воздухоохладитель системы кондиционирования воздуха



Конструкции калориферов

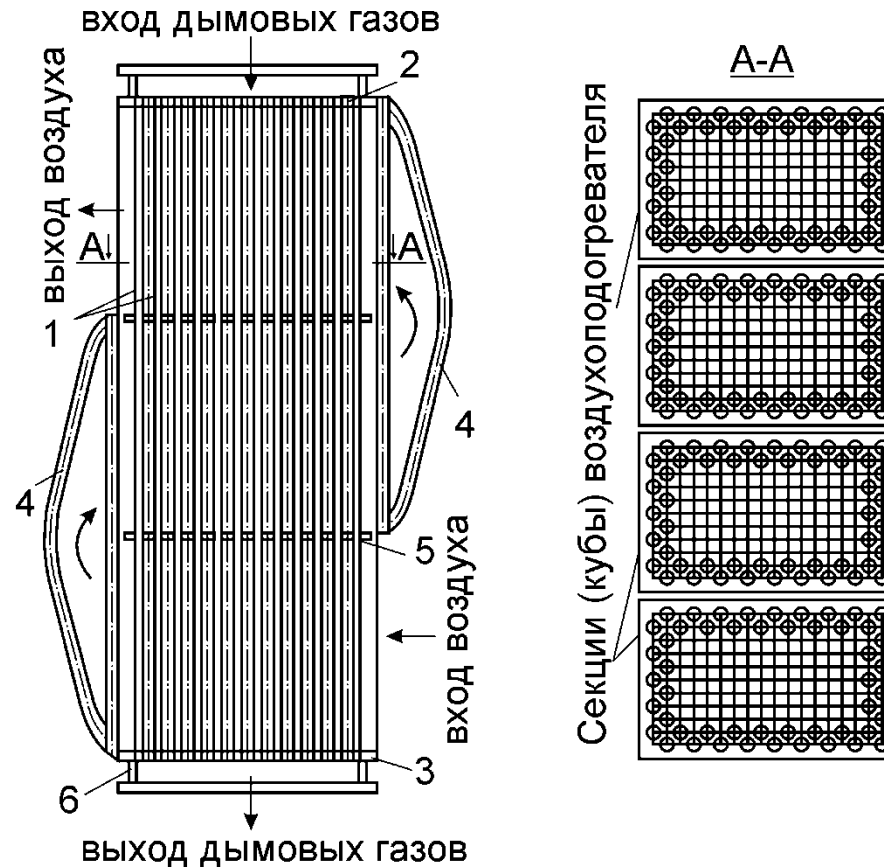


а – оребрённые сплошными пластинами на круглых трубках;

б – оребрённые навивной лентой;

в – оребрённые сплошными пластинами на плоских трубках.

Газо-газовые ТО

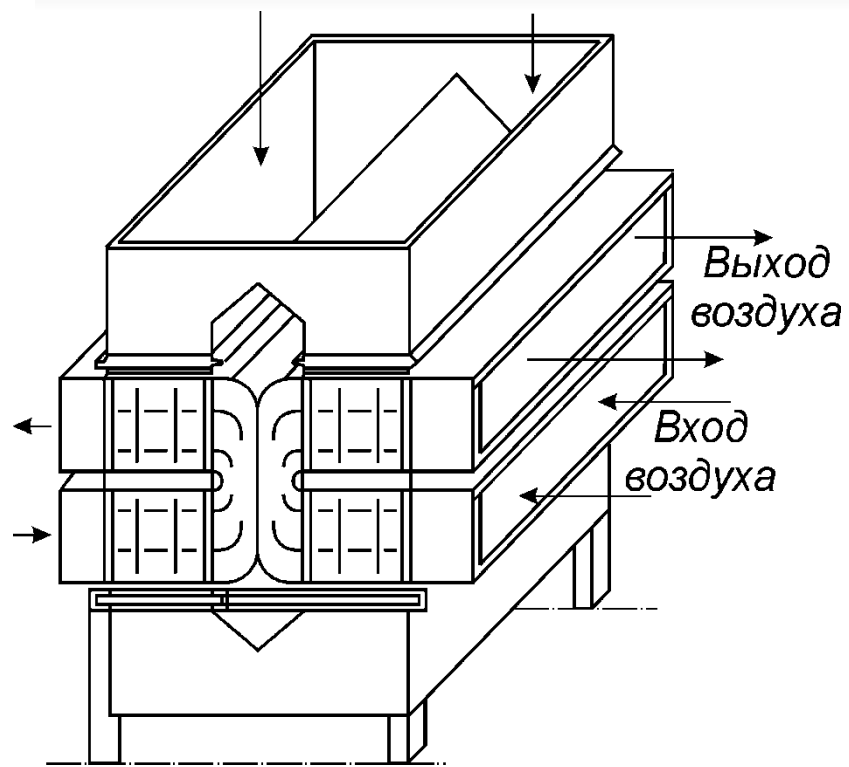


Трубчатый котельный воздухоподогреватель:

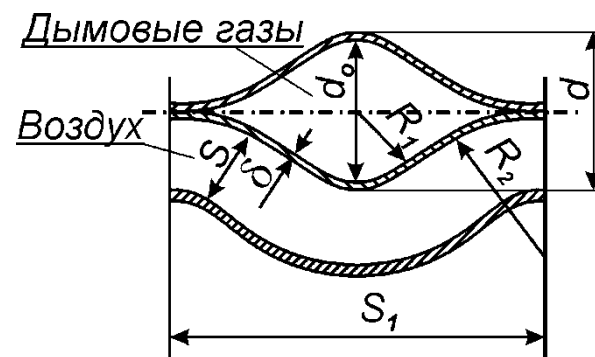
- 1 – трубный пучок; 2, 3 – верхняя и нижняя трубные доски;
- 4 – перепускные короба; 5 – промежуточные трубные доски; 6 – каркас

Пластинчатый воздухоподогреватель

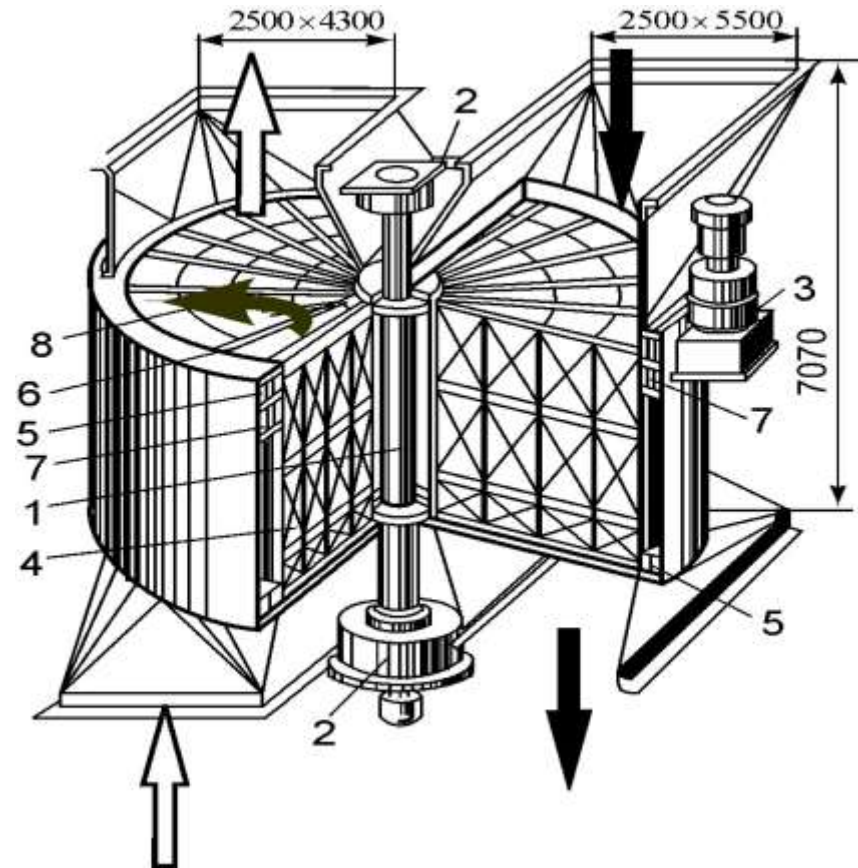
Компоновка ПВП



Форма каналов

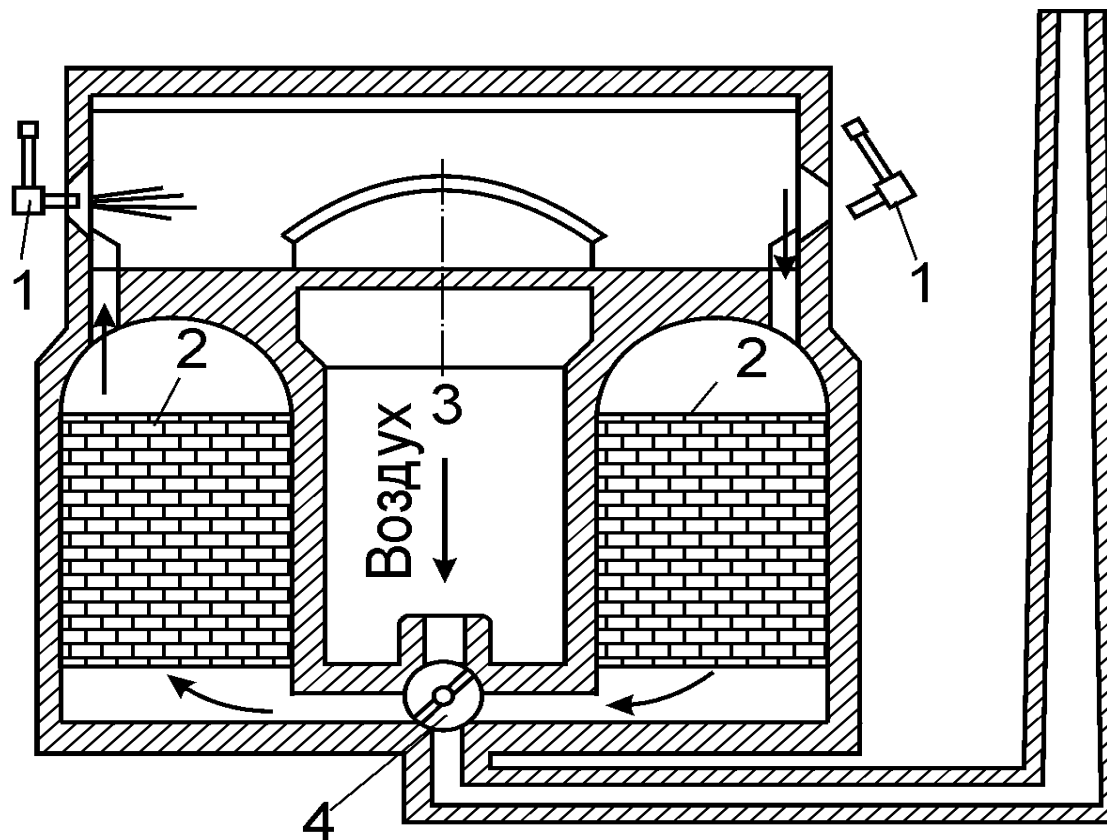


Регенеративный воздухоподогреватель



- 1 – вал ротора; 2 – подшипники; 3 – электродвигатель; 4 – набивки;
5 – наружный кожух; 6, 7 – радиальное и периферийное уплотнения;
8 – утечка воздуха через уплотнения

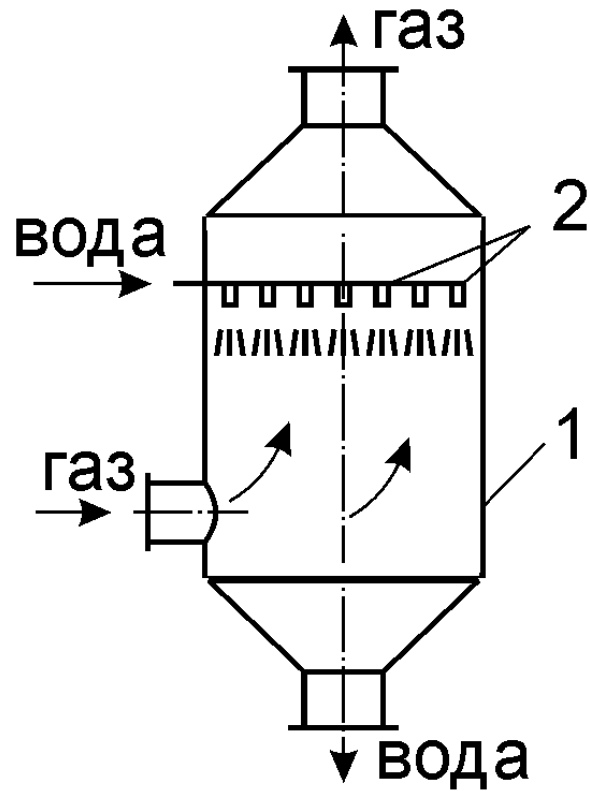
Регенеративные ТО



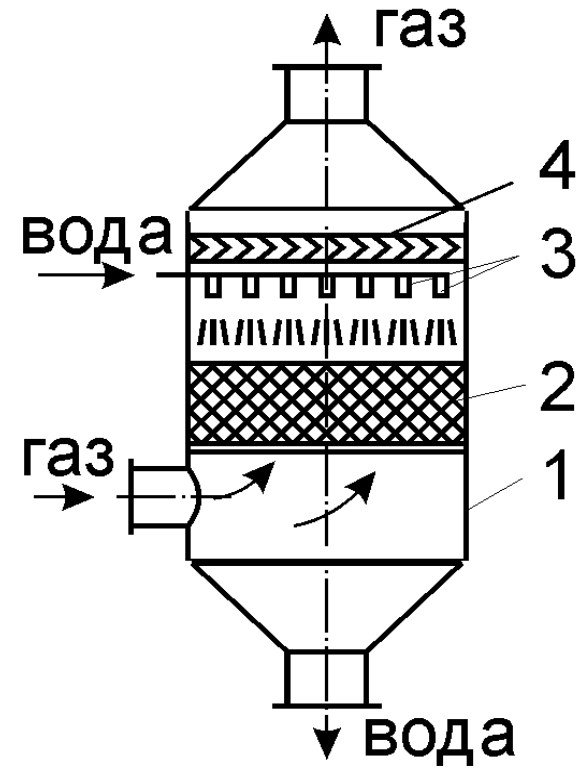
Регенеративный воздухоподогреватель с кирпичной насадкой типа “Каупер” для мартеновских и стеклоплавильных печей

Смесительные ТО

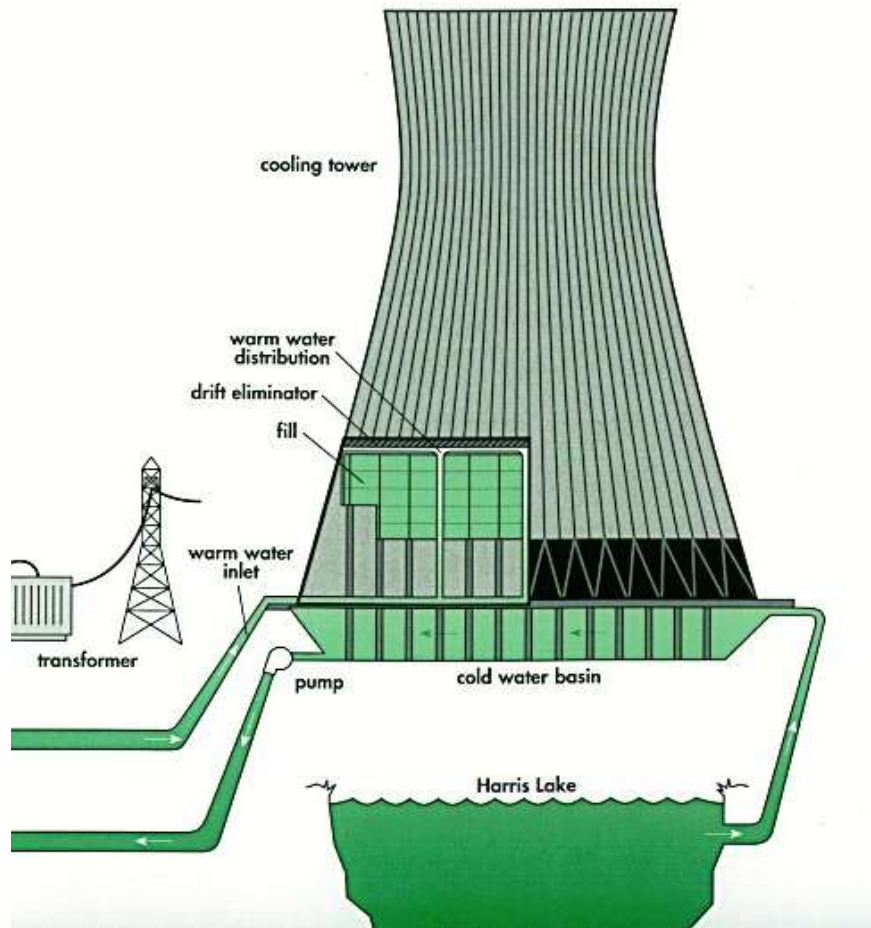
Полый скруббер



Скруббер с насадкой



Градирня



Градирня (от немецкого *gradieren* - «сгущать соляной раствор») - устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха.

Массообменное оборудование



ОБОРУДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕКТИФИКАЦИИ

Ректификация издавна является одним из наиболее важных методов разделения жидких смесей.

В настоящее время этот метод применяется для

- разделения простых и сложных смесей,
- веществ, способных образовывать азеотропы,
- веществ, обладающих весьма близкими температурами кипения.

Конечно, ректификацию возможно и выгодно применять далеко не всегда.

Так, при малых концентрациях вещества в смеси извлечение его этим методом оказывается невыгодным. Тогда, по возможности, следует применять другие методы, разделения, например экстракцию или (в случае смесей газов) адсорбцию.

Нежелательно использование ректификации при разделении смесей, содержащих вещества, неустойчивые в условиях повышенных температур, разлагающиеся или полимеризующиеся. Сказанное относится, конечно, только к тем процессам, когда не удастся какими-либо мерами (применение вакуума, введение ингибиторов) предотвратить разложение или полимеризацию в процессе ректификации.

Наконец, всегда нужно иметь в виду, что ректификационные процессы *являются энергоемкими*, поэтому окончательный выбор метода, при возможности использования других, должен делаться на основе экономического анализа.

Широкое распространение находит ректификация смесей, близких по своим физико-химическим свойствам, например, углеводородов с одинаковым числом углеродных атомов. Извлечение какого-либо компонента из такой смеси обычными методами ректификации в большинстве случаев невозможно или экономически нецелесообразно.

Тогда пользуются ректификацией в присутствии разделяющего агента, известной под названием экстрактивной ректификации. *Если этот компонент образует азеотроп с одним или всеми веществами, присутствующими в смеси, то ректификация называется азеотропной.*

Вышеперечисленные виды ректификации существенно отличаются по своим физико-химическим основам, а потому соответствующая аппаратура должна рассчитываться различными методами.

Принцип действия и конструкции ректификационных аппаратов, применяемых для различных вариантов разделения, одинаковы.

Имеются лишь отличия в технологических схемах, взаимном расположении и размерах отдельных частей установок.

Типы и конструкции ректификационных аппаратов

Процесс ректификации заключается в одновременно и многократно повторяемых частичных испарениях и конденсациях разделяемой смеси, что достигается проведением этого процесса в многоступенчатых аппаратах.

Пары разделяемой смеси движутся в них противотоком к перетекающей в обратном направлении жидкости.

При этом в каждой ступени аппарата осуществляется контакт между парами и жидкостью и достигается то или иное приближение системы к равновесному состоянию.

Очевидно, основным условием высокоэффективной работы ректификационного аппарата является обеспечение в отдельных его ступенях наиболее благоприятных условий массопередачи.

В настоящее время в промышленности используются следующие типы **ректификационных колонн**;

- тарельчатые,
- насадочные,
- трубчатые,
- механические.

Основными являются первые два типа.

Следует отметить, что дальнейшее рассмотрение конструкций ректификационных аппаратов имеет общее значение для всех видов ректификации: периодической и непрерывной, бинарной и многокомпонентной, обычной и экстрактивной, ибо во всех случаях основной задачей является достижение оптимальных условий массообмена.

Тарельчатые ректификационные колонны

Тарельчатые ректификационные колонны представляют собой вертикальные аппараты, внутри которых на равном расстоянии друг от друга по высоте расположены тарелки.

На этих тарелках и происходит контакт и массообмен между поднимающимися снизу парами и стекающей сверху жидкостью.

Таким образом, каждая тарелка представляет собой одну ступень ректификационного устройства.

Тарельчатые ректификационные колонны

Эффективность разделения смеси путем ректификации зависит:

- от числа тарелок в колонне
- от эффективности работы каждой тарелки.

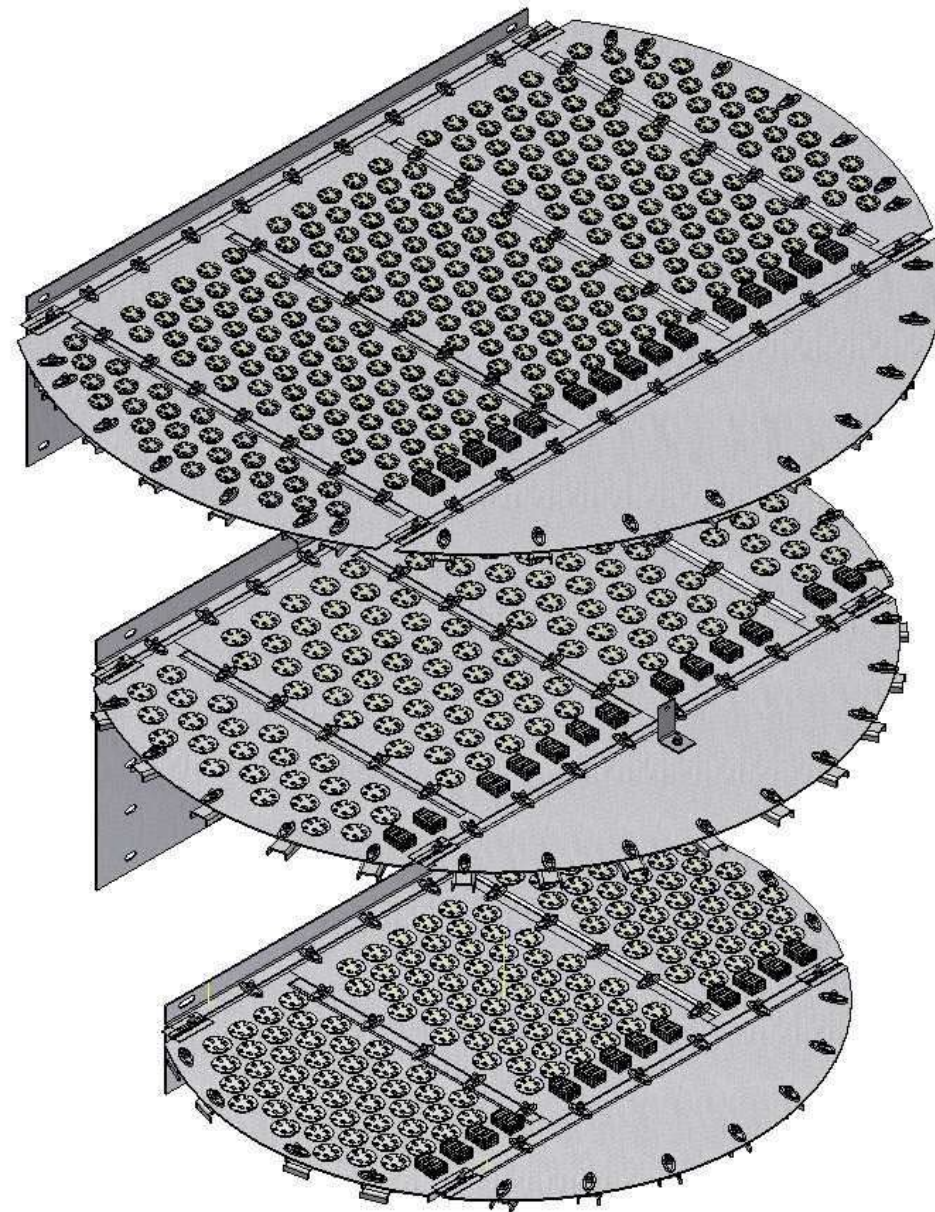
Очевидно, чем лучше работает тарелка, тем меньше требуется тарелок для достижения при прочих равных условиях той же степени разделения.

Поэтому основным вопросом конструирования тарельчатых ректификационных колонн является выбор оптимального устройства тарелки.

Помимо основного требования к тарелкам — *обеспечения наилучших условий массопередачи т. е. хорошего, контакта фаз и равномерного распределения пара и жидкости, — к ним предъявляются и другие требования:*

- высокая производительность
- малое гидравлическое сопротивление
- устойчивость и надежность в работе
- легкость монтажа, демонтажа, ремонта и чистки.

Наиболее старым и до сих пор распространенным типом тарелок являются тарелки с колпачками различных конструкций, особенно с круглыми, туннельными или коробчатыми.



Тарелка с круглыми колпачками

Благодаря большому количеству колпачков обеспечивается хороший контакт между жидкостью и паром, а следовательно, - благоприятные условия массопередачи.

Для нормальной работы такой тарелки весьма существенным является равномерное распределение потока жидкости, что достигается различными приемами в зависимости от диаметра колонны.

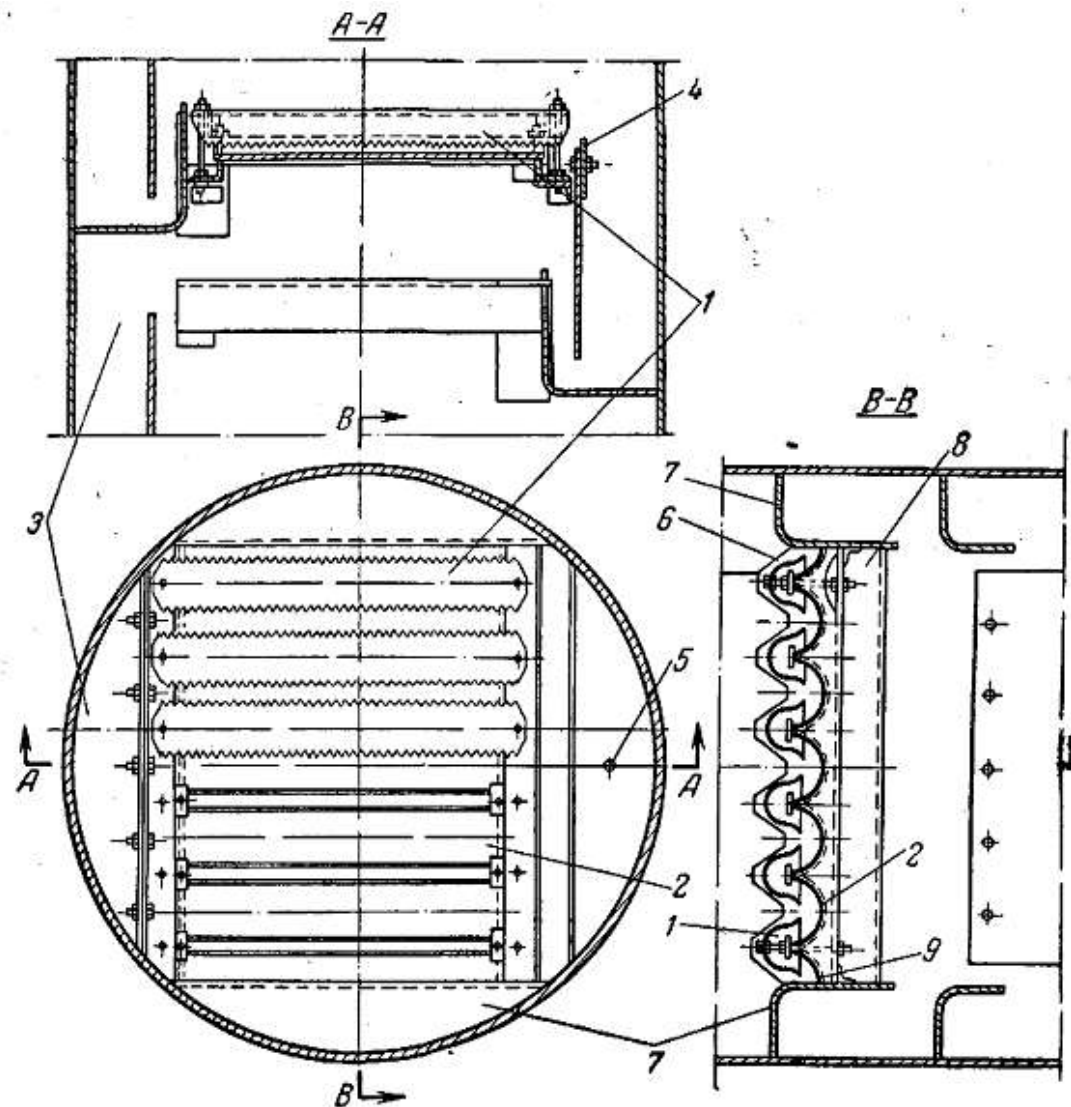
Недостаток колпачковых тарелок с круглыми колпачками - монтаж их сложен, особенно при большом количестве колпачков, а чистка весьма затруднительна.

Более просты по устройству и эксплуатации тарелки с туннельными, или коробчатыми, колпачками.

Тарелки этого типа менее эффективны, чем тарелки с круглыми колпачками, но применяются довольно часто в тех случаях, когда приходится иметь дело с загрязненными или способными к полимеризации жидкостями. В частности, тарелки с коробчатыми колпачками широко применяются при ректификации дивинила.

Общим недостатком тарелок рассмотренных конструкций является то, что они спроектированы без учета возникающих на них гидродинамических режимов.

В результате этого их нормальная работа возможна только в сравнительно узком диапазоне нагрузок (рис.). При нарушениях режима может наблюдаться отсутствие затвора, пульсация, затопление, выдувание, унос и «захлебывание».



Тарелка с туннельными колпачками:

1- колпачок; 2- желоб; 3- шпильки; 4- переливной порог; 5- сегментный карман; 6- переливные трубки

Отсутствие затвора имеет место при весьма малых нагрузках колонны по жидкости, особенно если тарелка не имеет сливного порога.

При этом пар свободно проходит через прорези колпачков и не контактируется в достаточной степени с жидкостью.

- *Пульсация* имеет место при малых нагрузках по пару, который в этом случае проходит неравномерно через колпачки, вызывая пульсацию жидкости на тарелке и проваливание ее через паровые патрубки ненагруженных колпачков.
- *Затопление* наблюдается при больших нагрузках по жидкости, вследствие чего уровень жидкости на тарелке поднимается выше допустимого. В результате повышения гидравлического сопротивления пар перестает проходить через прорези некоторых колпачков и жидкость начинает проваливаться через паровые патрубки.
- *Выдувание жидкости* происходит при больших нагрузках по пару, вследствие чего струи пара, вырывающиеся с большой скоростью из прорезей, отталкивают жидкость от колпачков и контакт между фазами значительно ухудшается.

- *Унос жидкости* на вышерасположенную тарелку является следствием инжектирующего действия пара или образования тумана при больших нагрузках по жидкости и значительных по пару. При этом механический унос жидкости зависит от расстояния между тарелками, а унос в виде тумана от этого параметра не зависит.
- *Захлебывание колонны* означает практически полное расстройство ее работы и обусловлено слишком высокими нагрузками по жидкости, причем происходит как бы вскипание жидкости в сливных патрубках и перенос ее на вышележащую тарелку.

Схема участка колонны, оборудованной колпачковыми тарелками с плавающими клапанами, приведена на рис.

Положение колпачков можно регулировать, т. е. устанавливать определенный зазор между колпачками и верхними срезами патрубков.

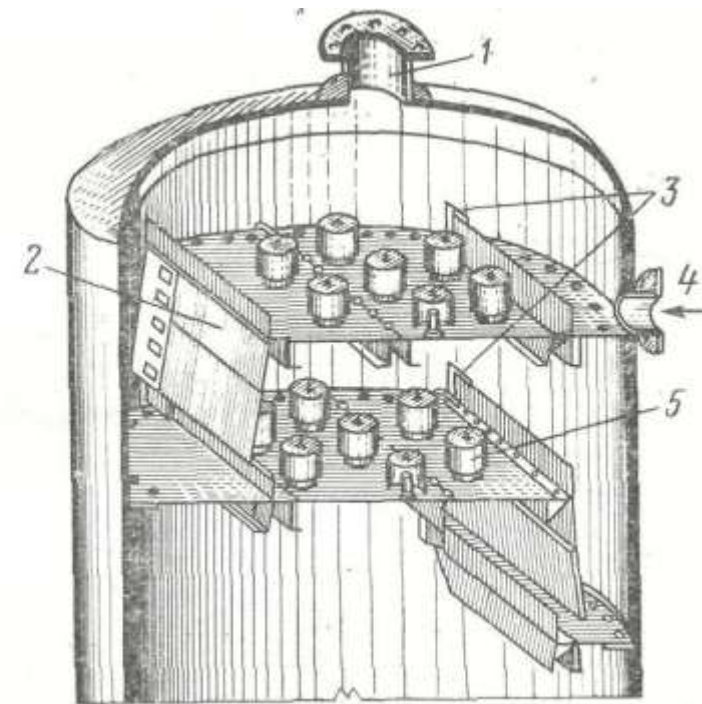
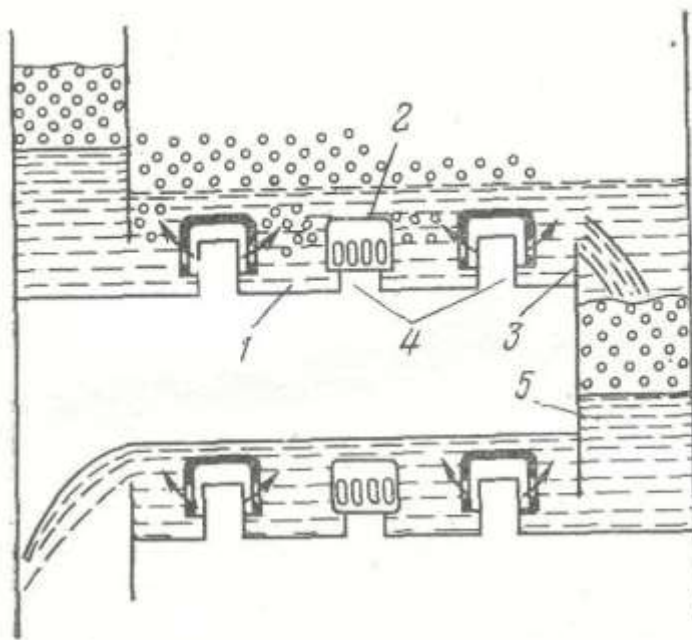


Схема работы колпачковых тарелок:

1 - тарелка; 2 - колпачки; 3 - сливная перегородка;
4 - патрубки для прохода паров; 5 - сливной карман

Каждая тарелка должна быть строго горизонтальной; положение колпачков должно быть отрегулировано так, чтобы газы или пары встречали на своем пути слой жидкости одинаковой высоты.

Если в какой-либо части тарелки высота слоя жидкости окажется меньшей, то все пары, или преобладающая часть их, будут проходить в этой части тарелки.

Здесь из-за повышенной скорости паров колпачки будут работать плохо, жидкость будет оттесняться парами, контакт между фазами ухудшается и эффективность процесса снижается.

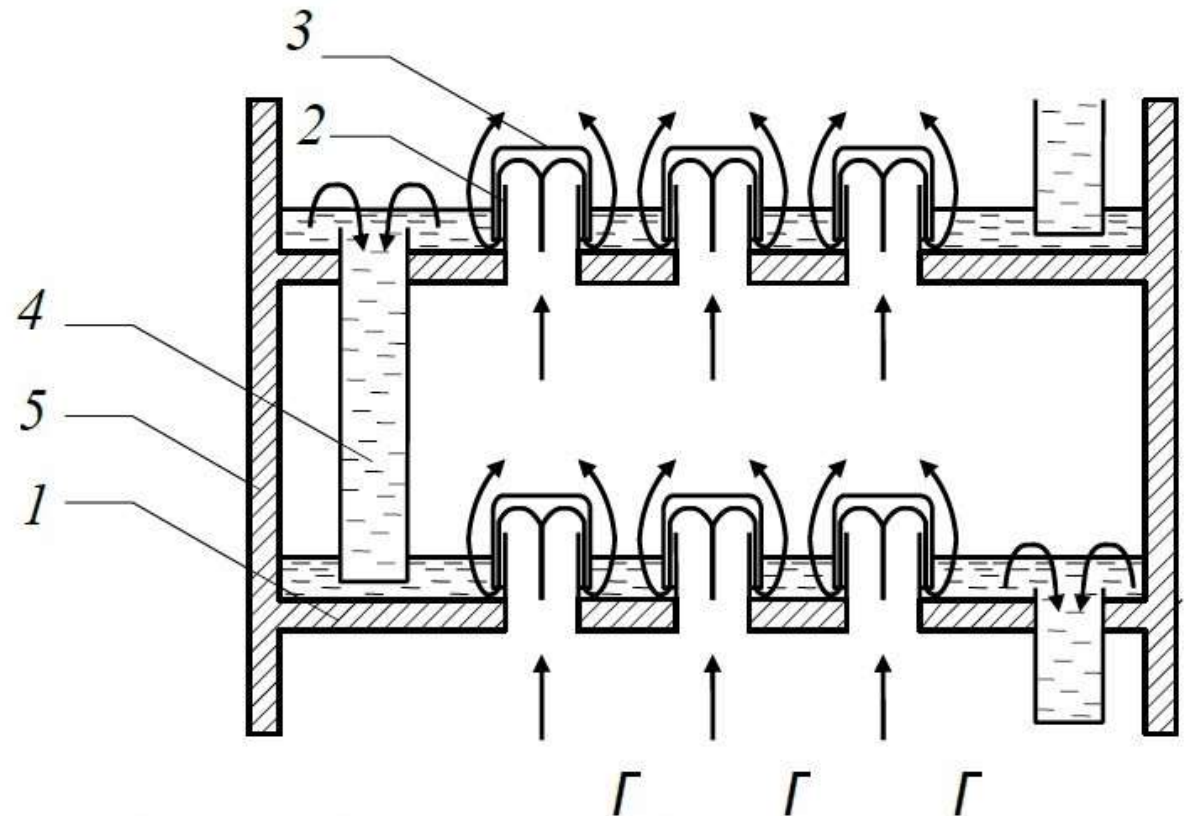
Преимущества тарелок с плавающими клапанами

- к. п.д. таких тарелок значительно выше к. п. д. обычных колпачковых тарелок и почти не меняется с нагрузкой.
- минимальный унос жидкости,
- малый градиент давления жидкости при движении ее поперек тарелки,
- повышенную пропускную способность,
- нечувствительность к загрязнениям,
- малый вес.

Они с успехом используются в промышленных установках.

Схема участка колонны, оборудованной колпачковыми тарелками со свободными дисковыми клапанами

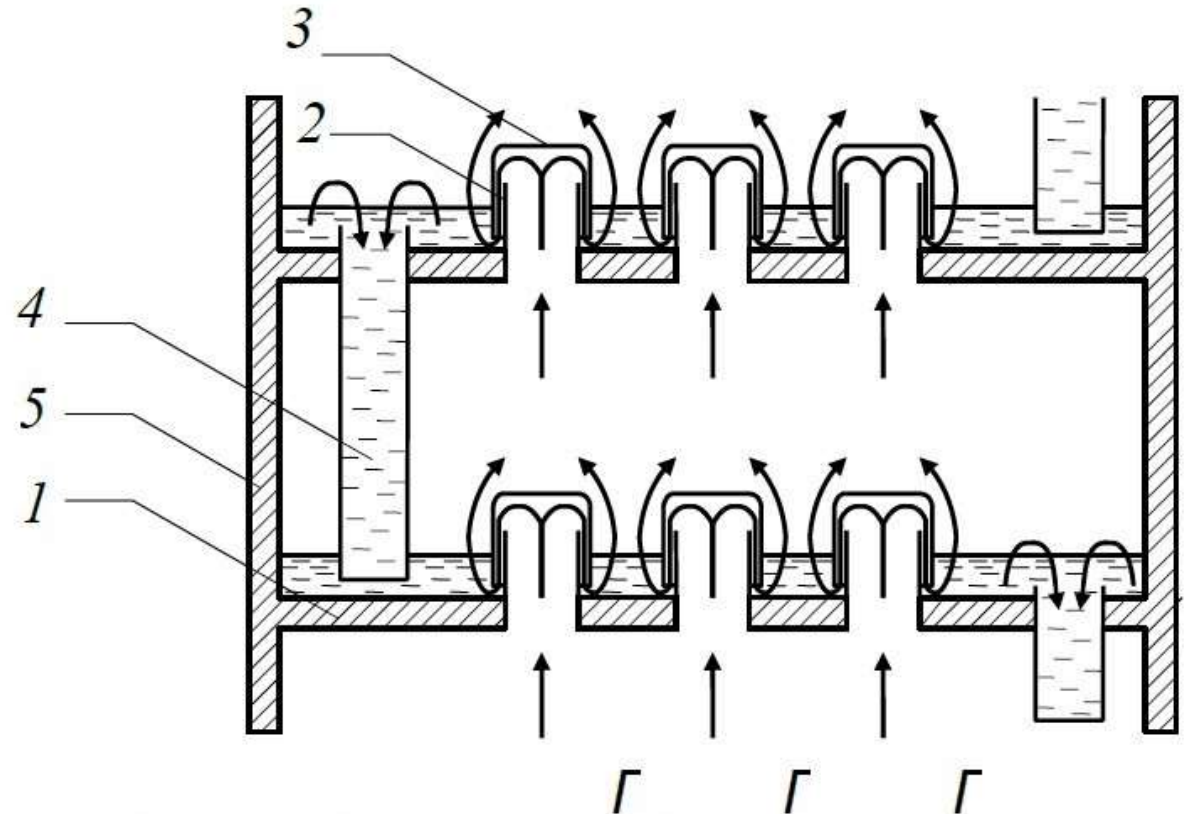
Принцип действия колпачков такой тарелки близок к только что рассмотренному: при изменении нагрузки клапан занимает то или иное положение, образуя соответствующий проход для пара, чем обеспечивается устойчивый режим работы тарелки.



1 – тарелки, 2 – патрубки, 3 – колпачок,
4 – сливные стаканы, 5 – стенки колонны

Схема участка колонны, оборудованной колпачковыми тарелками со свободными дисковыми клапанами

Благодаря большому количеству колпачков, сравнительно небольшим размерам их и близкому расположению друг от друга (75—150 мм) достигается хороший контакт фаз на тарелке.



1 – тарелки, 2 – патрубки, 3 – колпачок,
4 – сливные стаканы, 5 – стенки колонны

Несмотря на большие успехи в создании эффективных колпачковых тарелок, применение их ограничено.

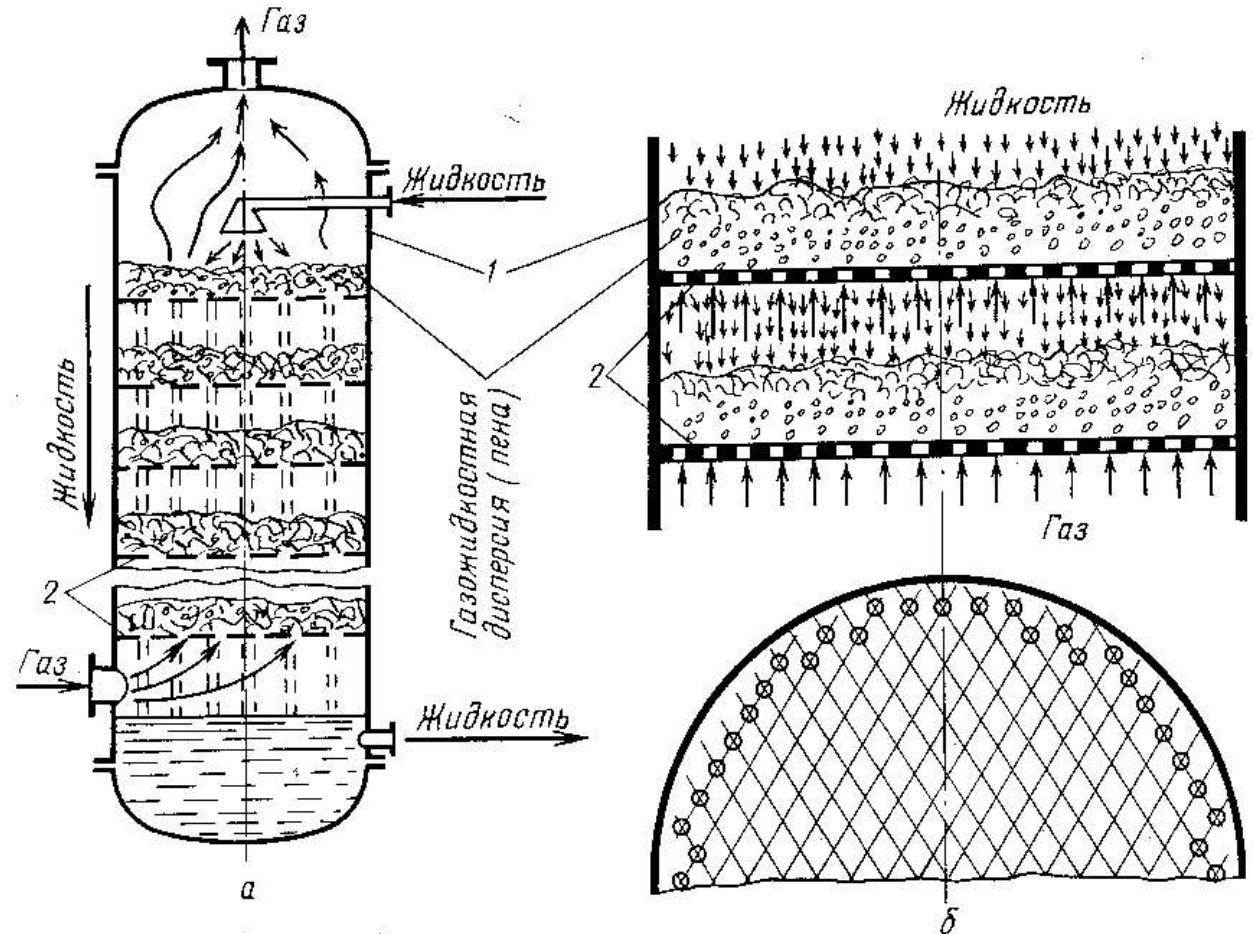
Это связано со сравнительной сложностью, высокой стоимостью и значительным гидравлическим сопротивлением тарелок.

Именно этих недостатков лишены бесколпачковые — перфорированные или ситчатые — тарелки. Они особенно широко применяются для ректификации сжиженных газов, в частности жидкого воздуха.

Устройство ситчатой тарелки

Она представляет собой перфорированный лист с большим количеством отверстий малого диаметра и переливными трубами, обеспечивающими поддержание на тарелке определенного уровня жидкости.

Провалу жидкости через отверстия тарелки препятствует пар, который движется в них с соответствующей скоростью.



1 - корпус; 2 - ситчатая тарелка

Ситчатые тарелки обладают

- более высоким к. п. д., чем колпачковые,
- большей пропускной способностью,
- меньшим гидравлическим сопротивлением.
- стоимость их также значительно ниже.

Недостатки главным из которых является неустойчивость работы при колебаниях нагрузки по пару.

Ситчатые тарелки обладают также недостатком, свойственным всем типам тарелок с переливом.

Они должны обеспечивать сбор жидкости с каждой тарелки, передачу ее по переливному устройству на нижележащую и равномерное распределение жидкости по тарелке. Это значительно усложняет конструкцию, особенно при больших диаметрах колонн.

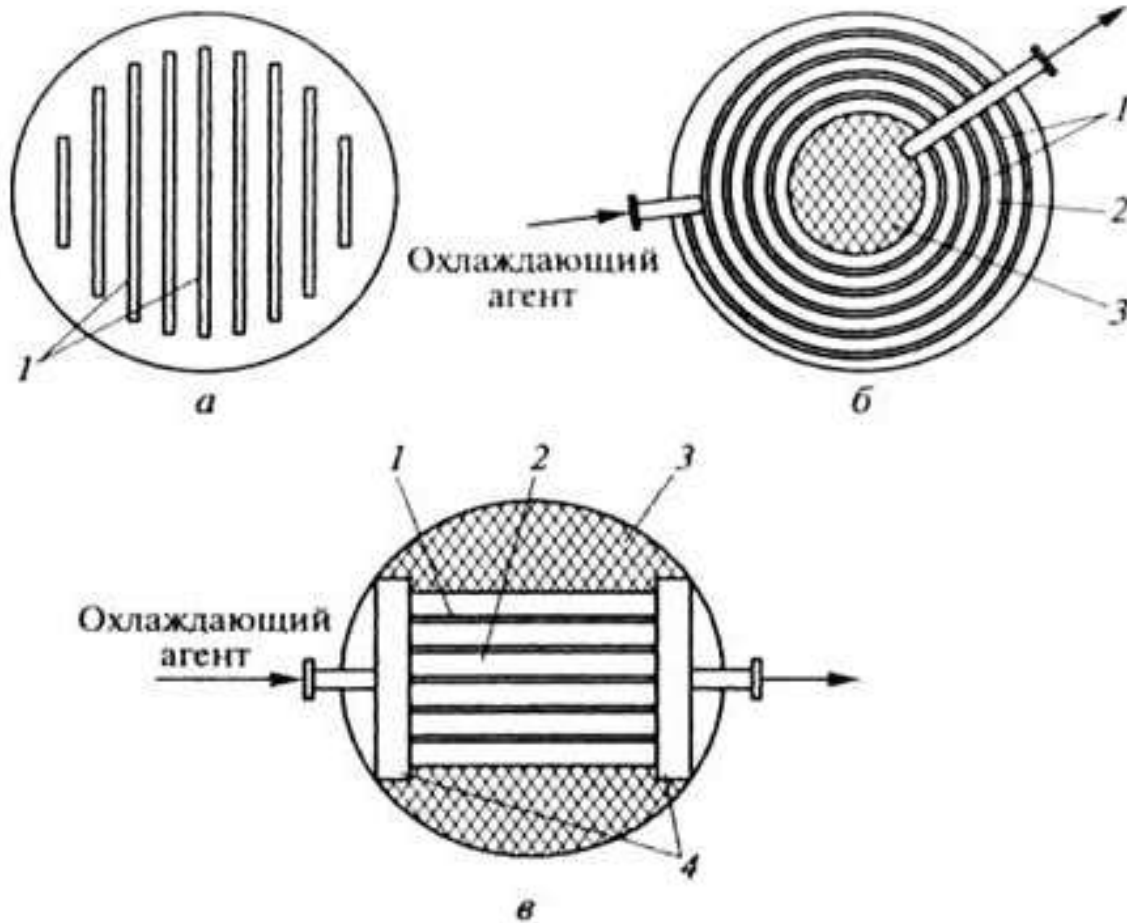
В последние годы энергично исследуются и внедряются в промышленность оригинальные разновидности ситчатых тарелок, получившие названия провальных и решетчатых.

Принципиально эти два вида не отличаются один от другого.

Только первые имеют крупные отверстия, а вторые — прямоугольные щели.

Решетчатые тарелки проще, поэтому применяются значительно чаще.

Решетчатые тарелки



а - решетчатая; б, в - трубчато-решетчатые; 1 - щели; 2 - труба; 3 - перфорированный лист; 4 - коллекторы

Тарелка представляет собой металлический диск толщиной 3 мм, в котором профрезованы или выштампованы параллельные щели шириной 3-4 мм.

Возможна работа со щелями более широкими (6-8 мм по американским данным) и более узкими.

Однако, как показали исследования М. Е. Аэрова и Т. А. Быстровой, оптимально является ширина щелей именно 3-4 мм.

Более узкие щели осложняют изготовление тарелки, более широкие приводят к увеличению размеров пузырьков и струй пара (барботирующие через слой жидкости на тарелки), к сокращению межфазовой поверхности и снижению эффективности массопередачи.

Устойчивость работы тарелок с широкими щелями также не вполне удовлетворительна.

Решетчатые тарелки ***не имеют никаких переливных*** устройств.

В противоположность тарелкам с переливом, на которых жидкость, двигаясь перекрестным током по отношению к пару, должна равномерно распределяться по тарелке, на решетчатых тарелках осуществляется противоток: пар поднимается сквозь отверстия в тарелке, через которые жидкость проваливается на нижележащую тарелку.

Слой жидкости на тарелке в результате установления динамического равновесия между количеством жидкости на тарелке и скоростями жидкостного и парового потоков удерживается на определенном уровне.

При этом существенное значение имеет доля живого сечения щелей в тарелке, которая, по данным М. Э. Аэрова и Г. А. Быстровой, должна находиться в пределах 18-20%.

Многочисленные исследования работы решетчатых тарелок в лабораторных и производственных условиях показали, что по эффективности разделения они не уступают лучшим колпачковым тарелкам, а по производительности превосходят их на 20—100% и даже более.

Кроме того, гидравлическое сопротивление решетчатых тарелок на 40—80% меньше, чем колпачковых. Следует отметить еще одно интересное преимущество решетчатых тарелок: их легко можно изготовить укладкой в ряд трубок. Трубчатые тарелки, как указывалось ранее выгодно использовать при необходимости отвода или подвода тепла в процессе межфазового обмена — по трубкам можно пропускать хладагент или теплоноситель. Такие случаи особенно часто встречаются в процессах абсорбции и хемосорбции.

Недостатки ситчатых тарелок:

недостаточная устойчивость работы вне оптимальных режимов, слив жидкости с тарелок при остановках, возможность забивки щелей.

Однако эти недостатки не так уж существенны, если учесть простоту конструкции, высокую их производительность и эффективность.

Насадочные ректификационные колонны

Необходимо отметить, что если за рубежом основным в исследованиях конструкций ректификационных аппаратов является усовершенствование тарельчатых колонн, то в РФ большое внимание уделяется и насадочным колоннам.

Прежде всего следует указать на исследования В. В. Кафарова с сотрудниками, направленные на интенсификацию работы таких аппаратов.

Наиболее эффективна работа насадочных колонн в режиме эмульгирования, создаваемом в так называемых «эмульгационных» колоннах .

Наряду с положительным качеством — значительным повышением эффективности аппарата — эмульгационные ректификационные колонны имеют существенные недостатки, ограничивающие их применение для ректификации:

- значительный перепад давления в колонне, совершенно исключающий возможность их использования для работы под разряжением,
- большую задержку жидкости, обуславливающую длительность вывода колонны на рабочий режим.

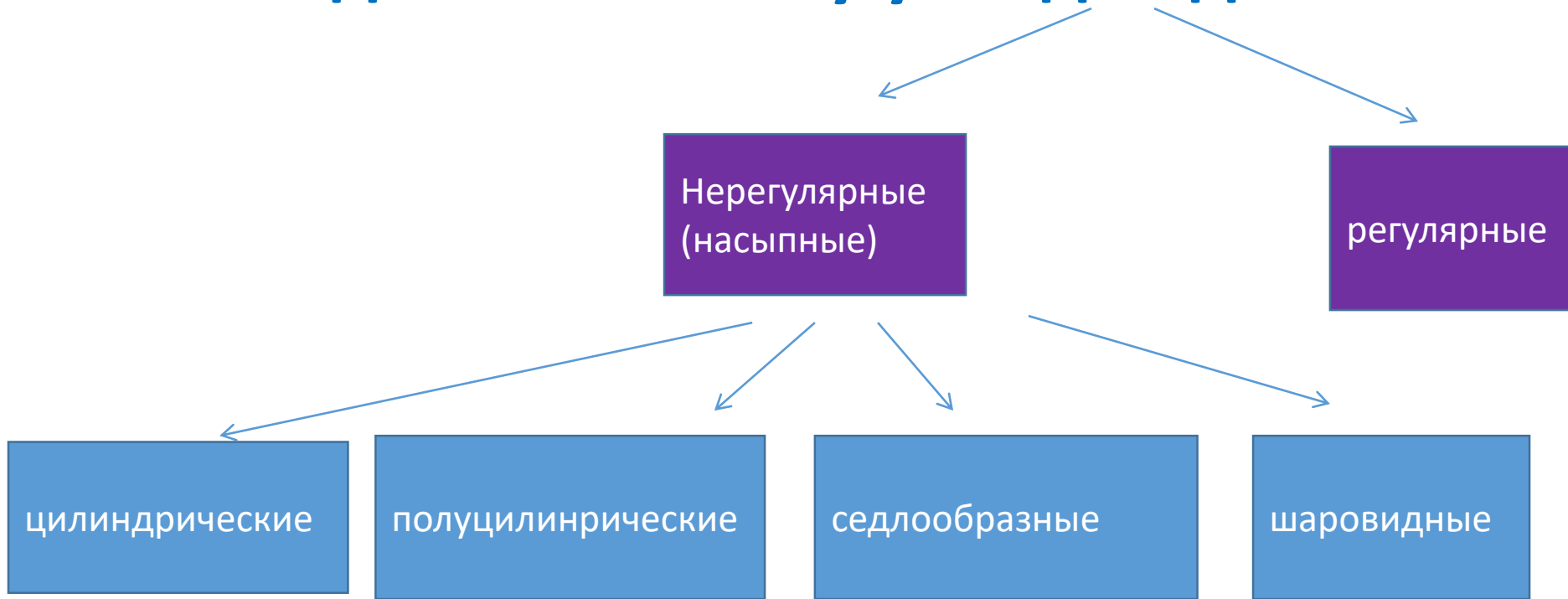
Эта задержка, кроме того, исключает возможность применения эмульгационных колонн для периодической ректификации, так как количества промежуточных фракций оказываются слишком большими.

Насадочные контактные элементы

В последнее время большое внимание уделяют контактным элементам в виде насадок.

Это обусловлено значительными жидкостными нагрузками в некоторых типах массообменных аппаратов и развитием вакуумной ректификации высококипящих продуктов, когда применение тарельчатых контактных устройств нерационально, поскольку не обеспечивает требуемое качество продуктов разделения.

Насадки по способу укладки делятся на



К цилиндрическим насадкам относятся *кольца Рашига.*

Достоинства колец Рашига: - простота изготовления;
- низкая стоимость.

Недостаток:

- низкие гидродинамические и массообменные характеристики;
- малая доступность внутренней поверхности кольца для омывания потоками жидкости и газа;
- значительное перераспределение жидкости к стенкам аппарата.

Совершенствование кольцевых насадок направлено на устранение этих недостатков.

В настоящее время кольца Палля находят широкое применение в промышленности.

Они представляют собой цилиндры с высотой, равной наружному диаметру. На боковых стенках имеются 2 ряда прямоугольных надрезов, смещенных относительно друг друга, и лепестки, отогнутые внутри кольца.

Такая конструкция позволила

- повысить пропускную способность в 1,2 раза,
- уменьшить сопротивление в 1,6 - 4 раза.

Но такие кольца дорого стоят.

Недавно в США была предложена [модифицированная цилиндрическая насадка](#).

Элемент насадки состоит из 2-х параллельных колец с общей центральной осью. Ширина колец 3,17 мм, диаметр – 41,2 мм. В цилиндрическом внутреннем пространстве имеется 7 изогнутых выступов, равномерно распределенных по окружности. Эти выступы соединены с обоими кольцами и имеют наклонные участки – отражатели, расположенные под прямым углом относительно друг друга. По отношению к центральной оси элементы отражатели всех выступов повернуты на 45°, что обеспечивает значительную поверхность контакта и хорошую смачиваемость.

Совершенствование кольцевых насадок осуществляется и путем уменьшения соотношения высоты кольца и диаметра. Сейчас, в новых конструкциях, высота кольца < диаметра.

Схемы ректификационных установок

Как известно, ректификационные установки, помимо основного аппарата - ректификационной колонны, включают ряд вспомогательных аппаратов, обеспечивающих испарение жидкости в кубе колонны, конденсацию паров, отходящих сверху колонны и т. п.

Конструкции, взаимное расположение, размеры отдельных элементов ректификационной установки зависят от назначения и принципа ее действия.

Установки для ректификации бинарных смесей

Установки для ректификации бинарных смесей могут быть:

- периодического
- непрерывного действия.

Можно привести в качестве примера ряд производств, где еще пользуются периодической ректификацией:

- синтез метилметакрилата;
- переработка некоторых побочных продуктов производства фенола и ацетона из гидроперекиси изопрропилбензола (извлечение α -метилстирола);
- переработка отходов производства метилового спирта из окиси углерода и водорода с целью извлечения из них целевого продукта и т. п.

Схема периодической ректификации

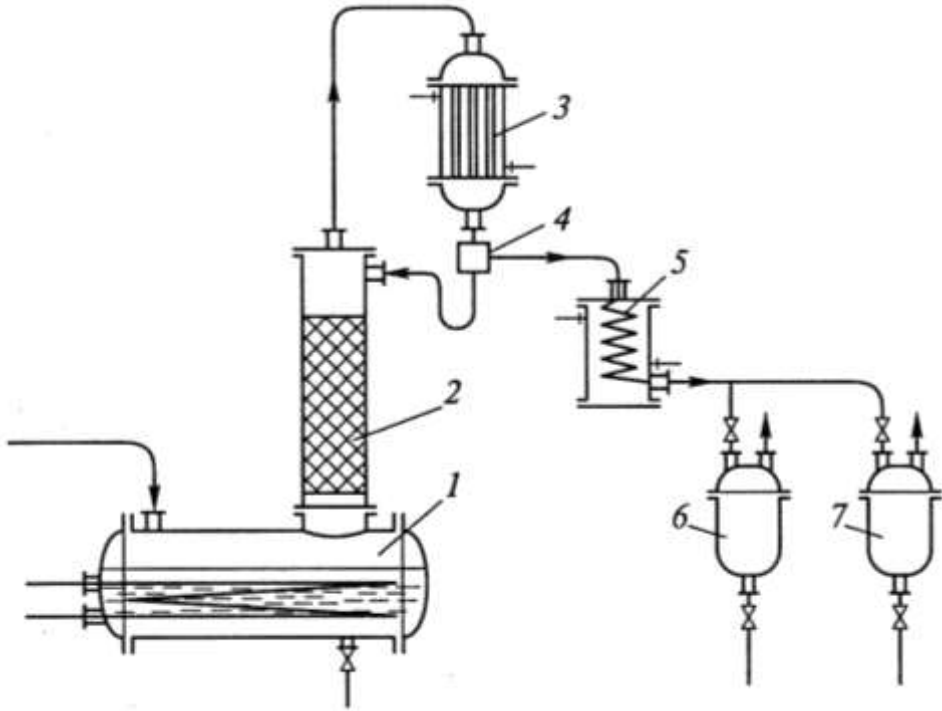


Схема периодической ректификации

Установка состоит из куба 1, снабженного нагревательным элементом, колонны 2, дефлегматора 3, делителя потока 4, холодильника 5, сборников 6,7.

Разделяемую смесь загружают в куб, нагревают до температуры кипения и поддерживают в этом состоянии до конца процесса.


Пары из куба поступают в колонну, где при орошении флегмой, образующейся в дефлегматоре, происходит ректификация.

Дистиллат, идентичный по составу флегме, охлаждается в холодильнике и выводится в качестве продукта.

Ректификацию продолжают до тех пор, пока в кубе не будет получен остаток заданного состава.

После этого куб разгружают и заливают в него новую порцию разделяемой смеси.

Недостатки

- нестабильность условий процесса во времени, так как составы разделяемой смеси в кубе, а следовательно, и в колонне, все время изменяются
 Это затрудняет управление процессом.
- периодическая ректификация требует значительных затрат труда (загрузка, выгрузка) сопряжена с низким коэффициентом использования аппаратуры, трудно автоматизируется и т. д.

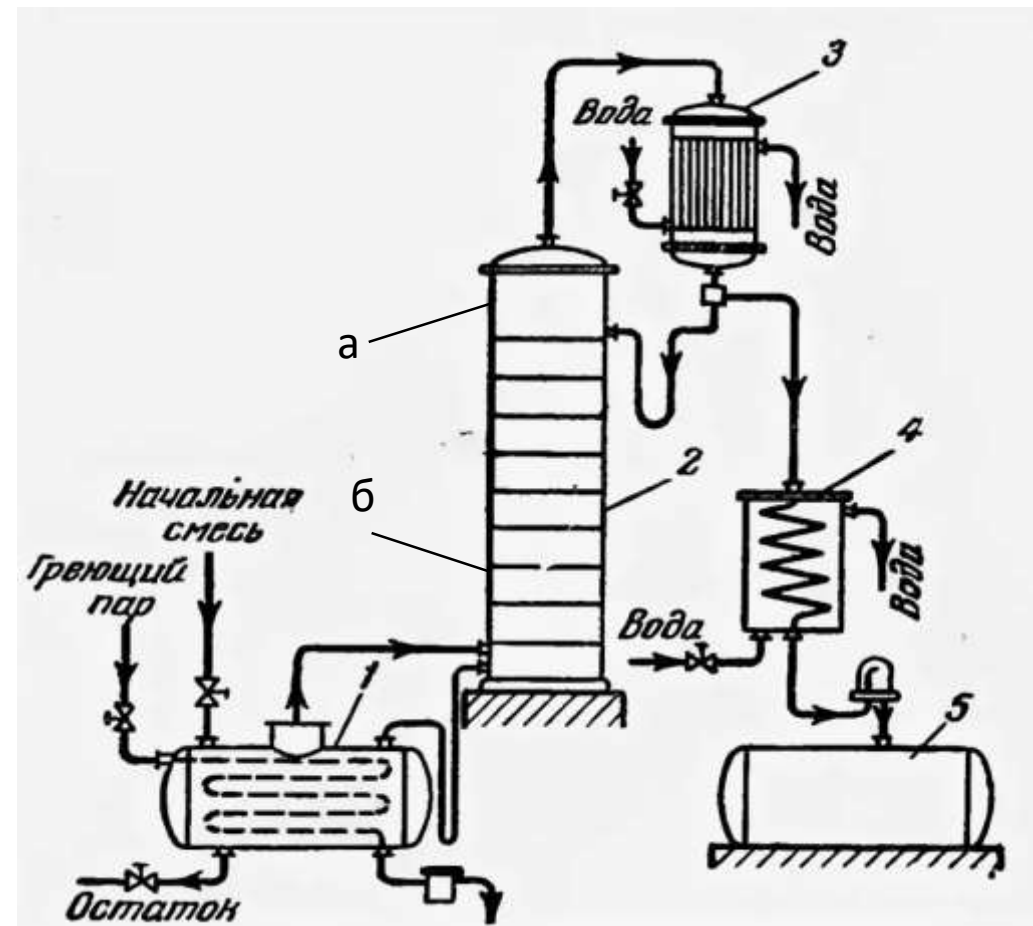
Ее применение оправдано только в исключительных случаях.

Установки для непрерывной ректификации

Наиболее распространенный тип такой установки, предназначенной для получения дистиллата и кубового продукта заданных составов

Основным аппаратом установки является ректификационная колонна непрерывного действия 1, состоящая из двух частей - укрепляющей *а* и исчерпывающей *б*.

В укрепляющей части колонны происходит обогащение поднимающихся вверх паров легколетучим компонентом, в исчерпывающей — удаление этого компонента из стекающей жидкости и, следовательно, обогащение последней труднолетучим компонентом.



Ректификационная установка непрерывного действия:
1-колонна; 2-дефлегматор; 3-кипятильник;
4-холодильник; 5-буфер для сбора дистиллата

Таким образом, при непрерывной подаче разделяемой смеси на питающую тарелку, расположенную на границе укрепляющей и исчерпывающей частей колонны, оказывается также возможным непрерывно получать сверху легкокипящий дистиллат заданного состава, а снизу - тяжелокипящий кубовый продукт.

Помимо колонны, установка включает дефлегматор 2, кипятильник 3 и холодильник 4 предназначенный для охлаждения верхнего продукта.

Вместо кипятильника в виде змеевика, установленного в кубе колонны, может быть применен обогрев с помощью выносного кипятильника, а если это допустимо по технологическим соображениям, — и просто путем подачи в кубовую часть теплоносителя (обычно острого водяного пара).

Выносные кипятильники имеют два преимущества по сравнению со змеевиками:

- большую поверхность теплообмена
 - возможность чистки без остановки агрегата,
- причем в последнем случае кипятильник отключают от колонны и вместо него включают резервный.

В колоннах с малой разностью температур между верхней и кубовой частями, например в колоннах концентрирования этиленовой, пропиленовой и других фракций, для уменьшения энергетических затрат применяется схема «теплового насоса»

Принцип действия:

Из куба колонны выводится часть жидкости и дросселируется в дефлегматор, причем происходит ее испарение, и пары используются в качестве охлаждающего агента в дефлегматоре, затем они вновь сжимаются компрессором до давления в колонне и возвращаются в куб.

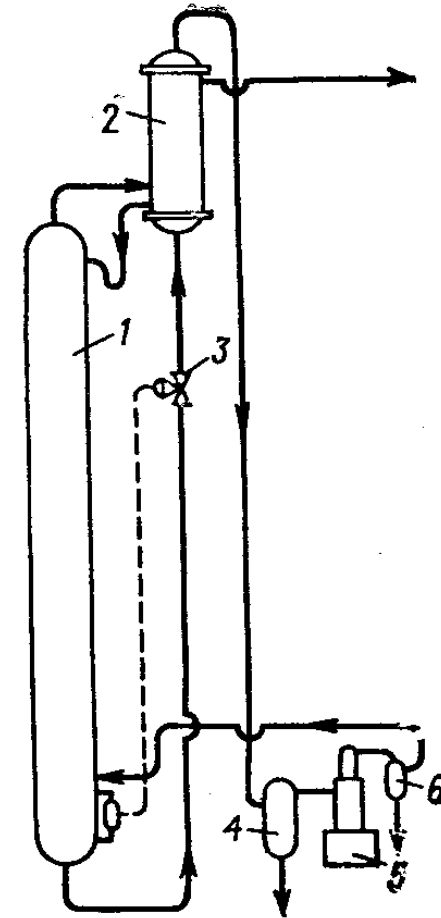


Схема теплового насоса
 1 - колонна, 2 - дефлегматор,
 3 - дроссельное устройство,
 4 - сепаратор, 5 - компрессор,
 6 - маслоотделитель

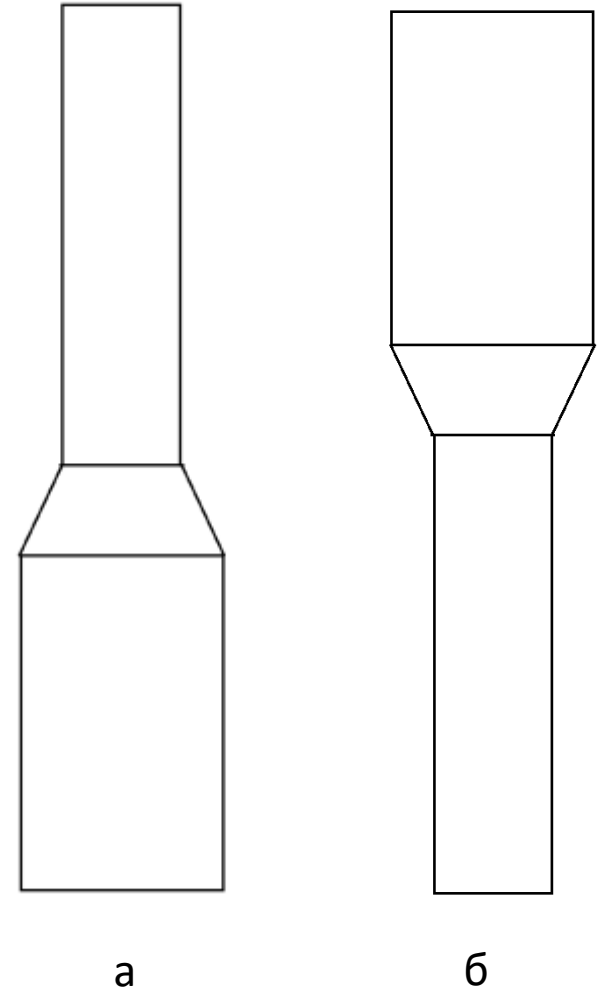
Выше было указано, что ректификационные колонны непрерывного действия состоят из укрепляющей и исчерпывающей частей.

Соотношение между этими частями может быть самым различным и зависит от состава разделяемой смеси и задач разделения, а также от агрегатного состояния исходной смеси.

При этом укрепляющая и исчерпывающая части могут отличаться как по высоте, так и по диаметру.

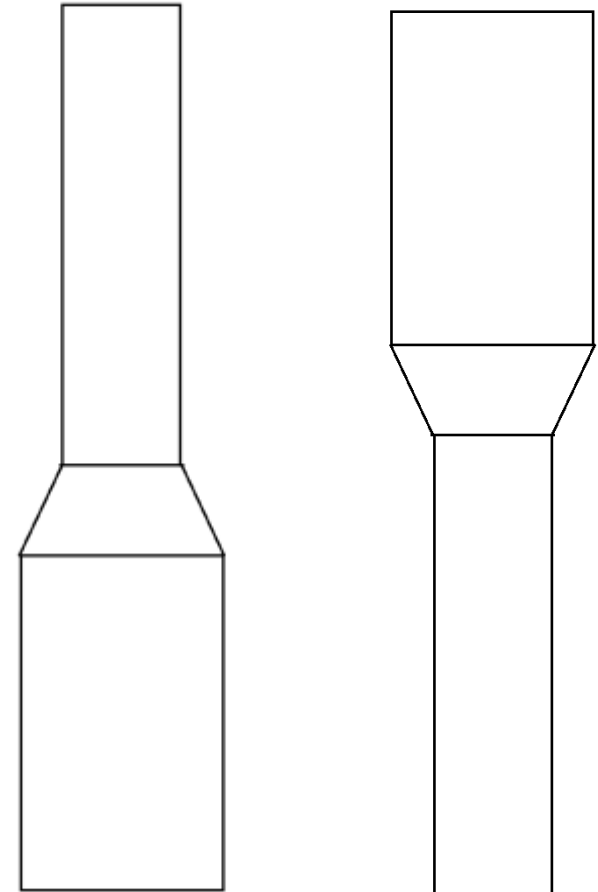
В отдельных случаях колонна может состоять только из укрепляющей или только из исчерпывающей части.

На рисунке
изображены два
варианта колонны с
укрепляющими и
исчерпывающими
частями различных
диаметров.



Первый вариант (а) — колонна, укрепляющая часть которой имеет меньший диаметр, чем исчерпывающая.

Такие колонны применяют в тех случаях, когда количество отбираемого дистиллата мало по сравнению с количеством кубового продукта, а молекулярный вес последнего меньше молекулярного веса дистиллата.

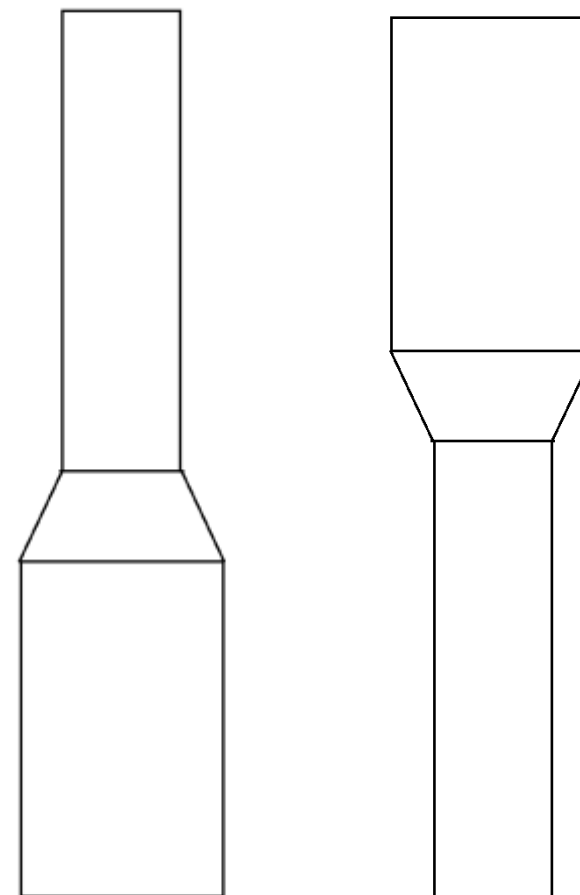


а

б

Очевидно, что потоки паров и жидкостей в верхней и нижней частях колонны будут существенно отличаться: в верхней части они будут меньше, чем в нижней.

Если различия в нагрузках по пару и по жидкости не очень значительны, то колонну целесообразно делать одного диаметра как в исчерпывающей, так и в укрепляющей частях.

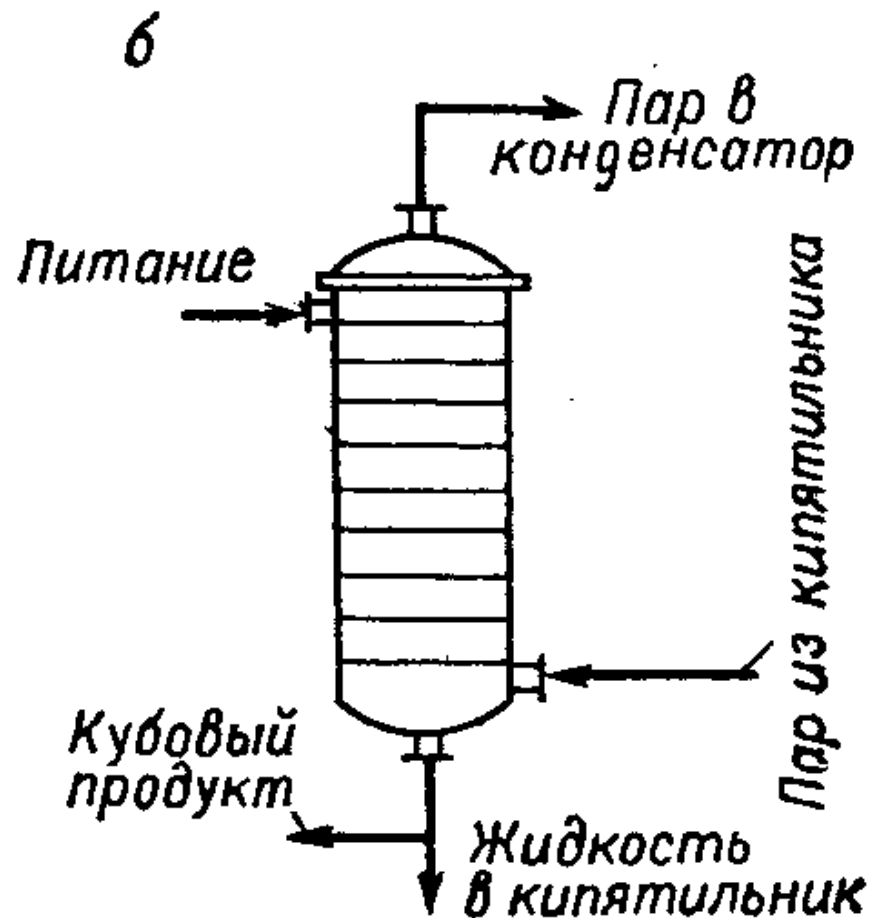
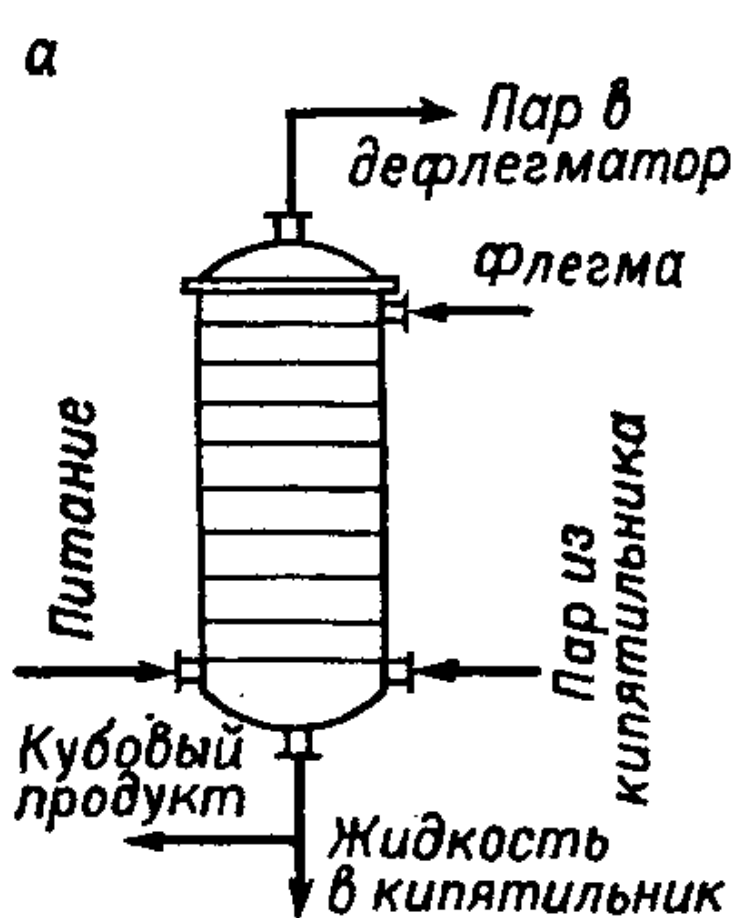


а

б

Характерными примерами колонн с диаметром укрепляющей части меньшим, чем исчерпывающей части, являются аппараты для ректификации слабых водных растворов уксусного альдегида или этилового спирта, например колонны для ректификации альдегидной воды, получаемой при отмывке дивинила в производстве его по способу С. В. Лебедева.

Схемы ректификационных неполных колонн: а – только укрепляющая колонна, б – только исчерпывающая колонна

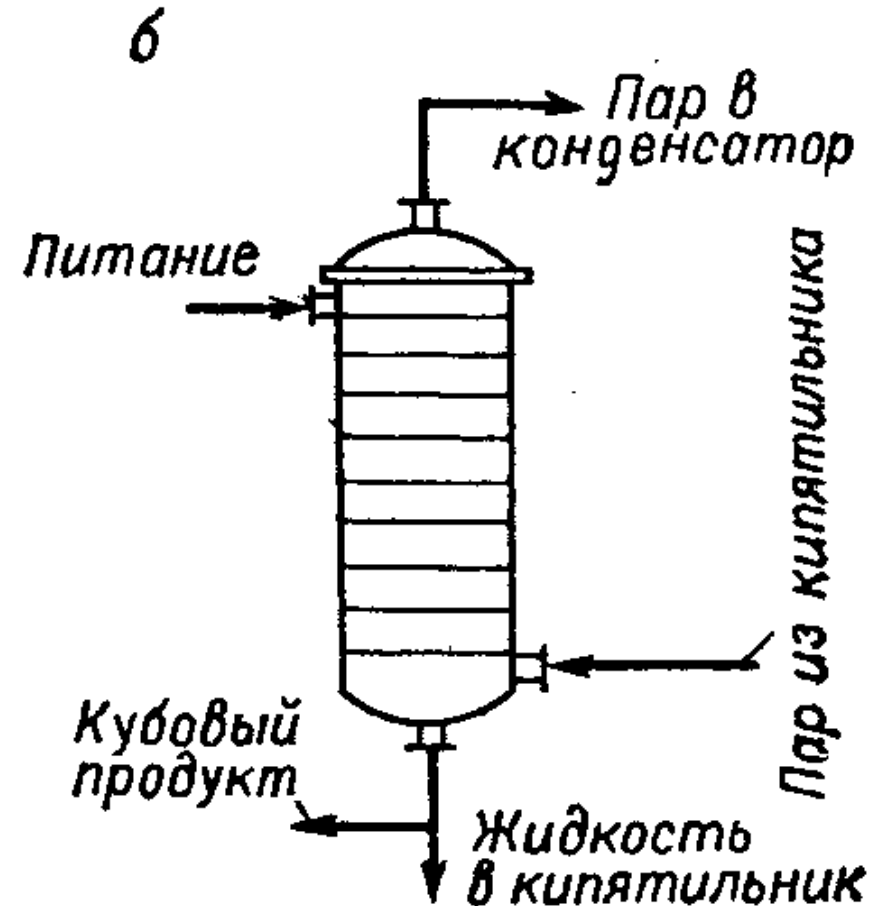


Второй вариант (б) — колонна, укрепляющая часть которой имеет больший диаметр, чем исчерпывающая.

Применяются в случае подачи питания в паровой фазе при небольшом значении флегмового числа.

Пример : колонну для отгонки слабого этилового спирта из гидролизата в производстве спирта из этилена сернокислотным методом.

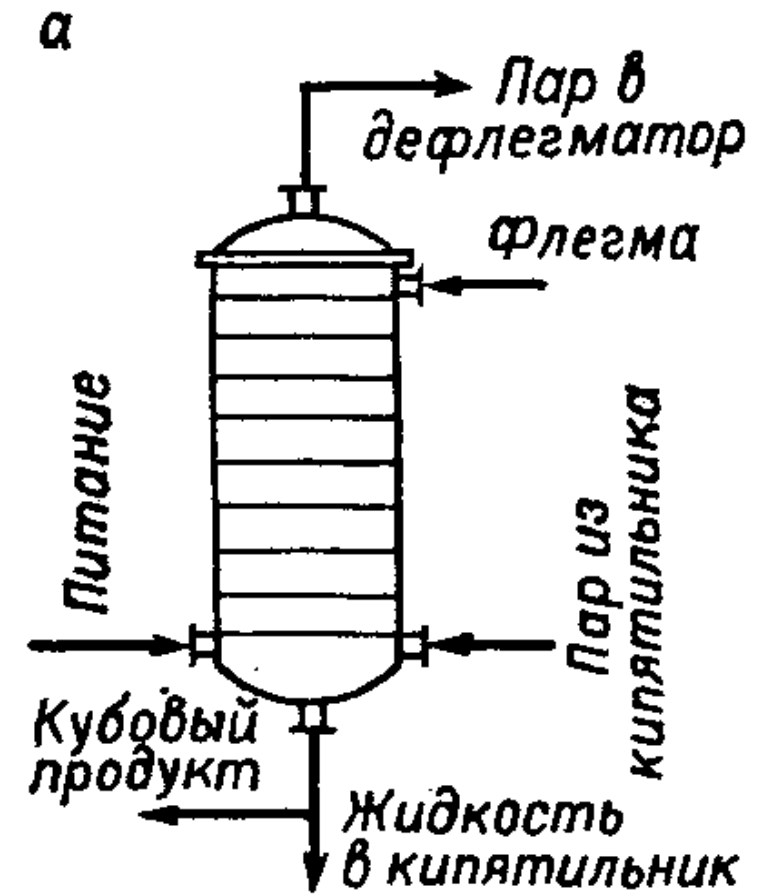
При применении насадочных колонн весьма существенным обстоятельством, определяющим скорости в отдельных частях, а следовательно, и диаметры, является нагрузка по жидкости.



В ряде случаев на практике пользуются неполными колоннами, состоящими только из одной части — укрепляющей или исчерпывающей.

Укрепляющая колонна (а) отличается тем, что питание — смесь, подлежащая разделению, — подается непосредственно в куб обычно в виде паров.

Таким образом, кубовая жидкость (в идеальном случае) имеет состав, равновесный с составом паров питания, дистиллат же получается, как и в полных колоннах, в виде легколетучего компонента заданной степени чистоты.



Применение

- при *обработке смесей, содержащих* относительно небольшое количество труднолетучего компонента;
- при значительной разнице в летучестях разделяемых веществ.

В результате получается *основная масса* легколетучего компонента в виде достаточно чистого верхнего продукта, а кубовая жидкость, содержащая значительный процент этого компонента, но относительно небольшой от исходного количества, может быть подвергнута, если в этом есть необходимость, дополнительной ректификации на маленькой колонке.

Исчерпывающая колонна (б)

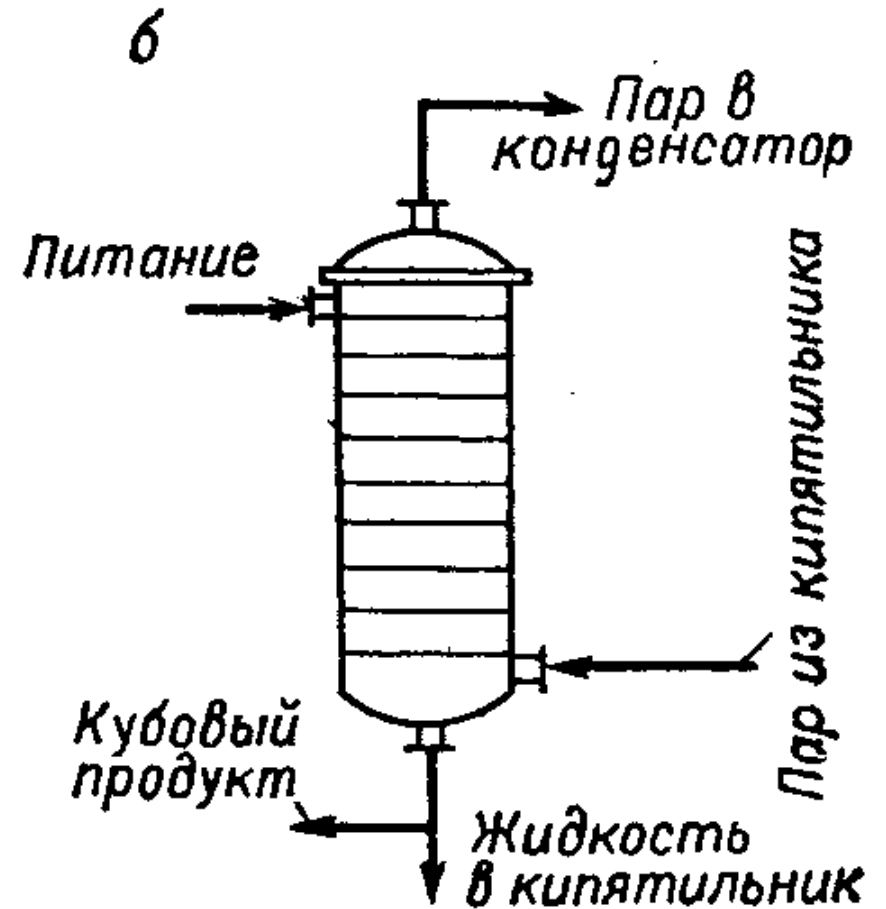
Такие колонны действуют по противоположному принципу и, соответственно, имеют противоположное назначение.

Разделяемая смесь подается в такую колонну в виде жидкости на самую верхнюю тарелку.

Пары, равновесные с этой жидкостью, отводятся с верха колонны как дистиллат и поступают непосредственно в конденсатор.

Дефлегматора колонна не имеет. Поэтому дистиллат не может быть получен с меньшим содержанием труднолетучего компонента, чем это обусловлено равновесием разделяемой пары компонентов.

Зато «кубовая жидкость» представляет собой труднокипящий компонент требуемой степени чистоты.



Применение

обычно для разделения смесей, содержащих небольшие концентрации легколетучего компонента, и задачей их является либо получение кубового продукта, свободного от примесей легколетучего компонента, либо полное извлечение последнего (если он является целевым продуктом) из кубовой жидкости.

Как уже упоминалось, дистиллат получается со значительным содержанием труднолетучего компонента.

В случае необходимости, что бывает довольно часто, он подвергается дополнительной ректификации на полной колонне, однако размеры ее будут гораздо меньше, так как количество дистиллата сравнительно невелико по отношению к исходной разделяемой смеси.

- *Пример практического применения исчерпывающих колонн: дистилляция гидроперекиси изопропилбензола, где ставится задача максимального извлечения изопропилбензола из высококипящей гидроперекиси;*
- отгонка этилового спирта из его разбавленных растворов, при которой ставится задача *полного извлечения* спирта из кубовой воды.

Заканчивая рассмотрение неполных колонн, необходимо отметить, что исчерпывающие и укрепляющие колонны часто применяются в одной установке и соединяются последовательно, образуя таким образом одну полную колонну. Это делается в тех случаях, когда полная колонна получается слишком высокой, с очень большим числом тарелок.

Разбивая ее на две отдельные колонны — исчерпывающую и укрепляющую — можно получить преимущества как в чисто конструктивном отношении, так и в смысле снижения, гидравлических сопротивлений, что особенно важно при ректификации под вакуумом.

Классическим примером в последнем случае является ректификация продукта дегидрирования этилбензола — так называемого «печного масла».

Ввиду близости летучестей этилбензола и стирола для их разделения требуется колонна с очень большим числом тарелок.

Гидравлическое сопротивление такой колонны оказывается настолько значительным, что в ее кубе невозможно создать вакуума, достаточного для поддержания температуры ниже той, при которой наступает полимеризация стирола.

Если же разделить колонну на 2 части, — укрепляющую и истощивающую (практически это не чисто укрепляющая и истощивающая колонны, но весьма близкие к ним), то каждая из них будет иметь гидравлическое сопротивление в допустимых пределах и возможна устойчивая работа установки без полимеризации стирола;

Правда, в случае ректификации стирола можно применить тарелки с очень малым гидравлическим сопротивлением, например колосниковые.

Однако в других случаях рассматриваемый прием является единственно возможным.

Установки для ректификации многокомпонентных смесей

Разделение многокомпонентных смесей возможно двумя способами:

- периодическим
- непрерывным

Периодическая ректификация

При периодической ректификации многокомпонентных смесей пользуются установкой, ничем не отличающейся от установки для разделения бинарных смесей.

Отличия заключаются лишь, в методе работы, который сводится к последовательному отбору с верха колонны отдельных фракций, отвечающих различным компонентам разделяемой смеси.

При этом наряду с фракциями, содержащими относительно чистые продукты, получается большое количество промежуточных фракций, представляющих собой смеси соответствующих веществ и подлежащих дополнительному разделению.

Помимо уже отмеченных недостатков периодической ректификации, наличие промежуточных фракций очень осложняет процесс.

Непрерывная ректификация.

Для непрерывной ректификации многокомпонентных смесей с целью получения всех ее компонентов в виде отдельных фракций необходимо применение ряда последовательно соединенных колонн, каждая из которых разделяет поступающий продукт на легколетучий дистиллат и труднолетучий остаток.

Если смесь содержит n компонентов, то требуемое число колонн будет на единицу меньше, т. е. $n - 1$.

Это и понятно, так как каждая колонна выдает лишь один целевой продукт (верхний или нижний), а последняя — два (верхний и нижний).

Например, если смесь содержит три компонента, то в первой колонне происходит разделение на один из компонентов и на смесь двух других; эта смесь направляется во вторую колонну, где и разделяется с получением двух фракций, отвечающих второму и третьему компонентам исходной смеси.

Разделение многокомпонентной смеси в многоколонной установке может осуществляться по различным вариантам, отличающимся последовательностью выделения чистых компонентов.

Так, из смеси могут отгоняться наиболее легколетучие компоненты в порядке убывающей летучести.

Противоположным этому варианту является, метод последовательного отбора труднолетучих компонентов из куба в порядке возрастающей летучести.

Недостатком многоколонных установок является их громоздкость и высокая стоимость.

Поэтому в ряде случаев применяют для разделения сложных смесей одноколонные установки.

В нефтеперерабатывающей промышленности используются сложные колонны,

представляющие собой комбинацию укрепляющих частей ряда колонн, совмещенных в одной колонне и расположенных друг за другом.

Исчерпывающие части отдельных колонн вынесены в виде самостоятельных аппаратов.

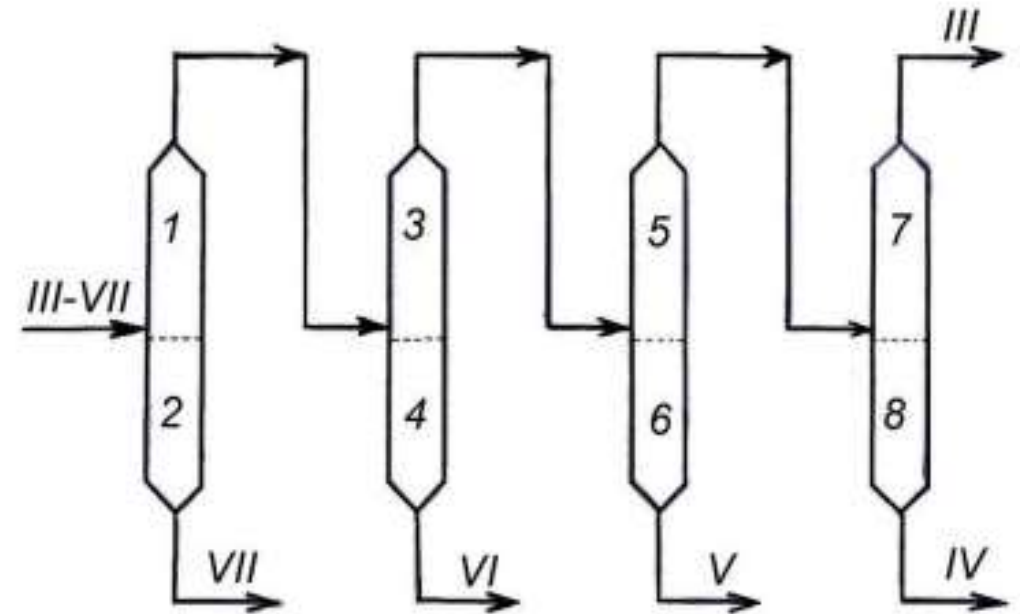


Схема для разделения пятикомпонентной смеси на индивидуальные компоненты (III – VII) на четырех простых полных ректификационных колоннах

Сложная колонна может работать по единственной схеме:

с верха укрепляющих секций каждой и совмещенных в ней простых колонн уходит паровая смесь всех компонентов, кроме одного — наименее летучего.

Последний выводится из куба соответствующей исчерпывающей секции.

Сепараторы



Сепарация нефти

Технологический процесс отделения **нефтяного** газа от **нефти** осуществляемый в специальных аппаратах при понижении давления или повышении температуры в система называется сепарацией.

Сепарация нефти

Аппарат, в котором происходит отделение газа от продукции нефтяных скважин, называют ***газосепаратором***.



Нефтегазовые сепараторы предназначены для разделения

продукции скважин на жидкую и газовую фазы и служат для:

- получения нефтяного газа, выделившегося из нефти при ее движении по стволу скважины, выкидной линии и сборному коллектору для использования в качестве ценного химического сырья и топлива;
- уменьшения перемешивания нефтегазоводяного потока и снижения гидравлических сопротивлений в трубопроводах;
- разложения и отделения от нефти образовавшейся пены;
- предварительного отделения воды от нефти при добыче нестойких или разрушенных в трубопроводе эмульсий;
- уменьшения пульсаций при транспортировании нефти от сепараторов первой ступени до установки подготовки газа.

Все применяемые нефтегазовые сепараторы можно **классифицировать по следующим признакам:**

- 1) по назначению - замерно - сепарирующие и сепарирующие;
- 2) по геометрической форме и положению в пространстве - цилиндрические, сферические, вертикальные, горизонтальные и наклонные;
- 3) по характеру проявления основных сил - гравитационные, инерционные и центробежные;
- 4) по рабочему давлению - высокого (6,4 МПа), среднего (2,5МПа) и низкого (0,6 МПа) давления;
- 5) по числу ступеней сепарации - первой, второй, и т.д. ступеней сепарации;
- 6) по технологическому назначению - двухфазные и трехфазные;
- 7) по конструкции устройств ввода нефтегазового потока - с радиальным и с тангенциальным вводом;
- 8) по конструктивному исполнению - одноемкостные и двухъемкостные.

Сепараторы

Вертикальные сепараторы применяются в основном при обустройстве нефтяных месторождений с малодебитными скважинами, при содержании в продукции скважин значительных количеств парафина и песка, а также используются на морских месторождениях.

Сепараторы

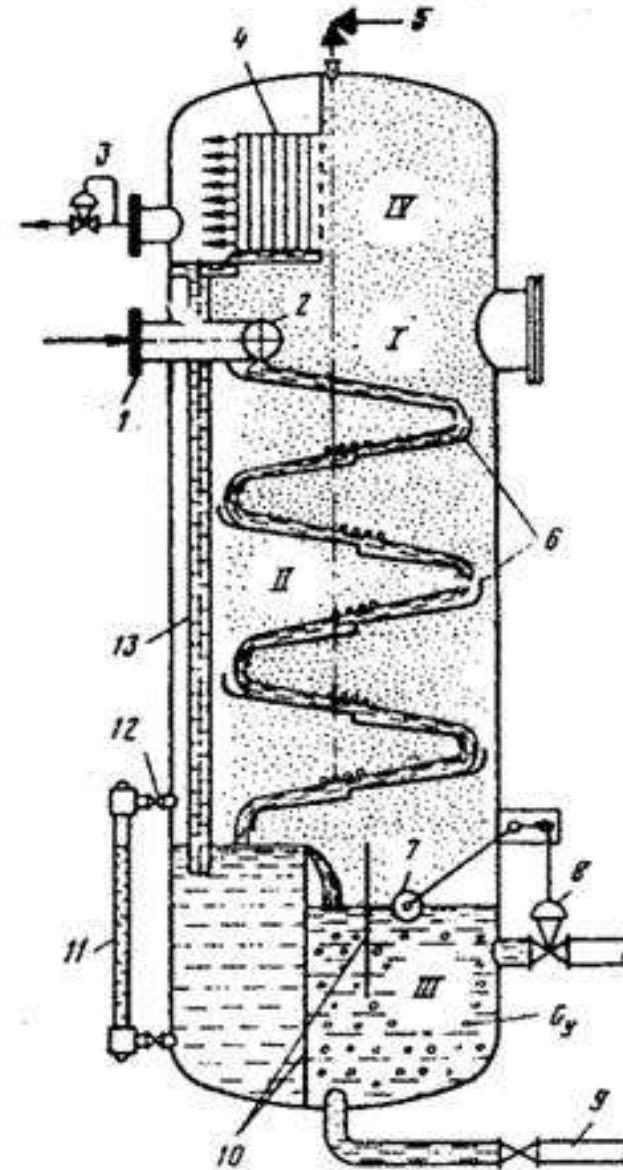
Горизонтальные сепараторы обладают большей пропускной способностью по сравнению с вертикальными при одинаковых геометрических размерах, что обеспечивает лучшее качество сепарации, их также легче обслуживать, поэтому они получили большее распространение, чем вертикальные.

Одноемкостные горизонтальные сепараторы используются на всех ступенях сепарации, включая горячую и вакуумную сепарацию.

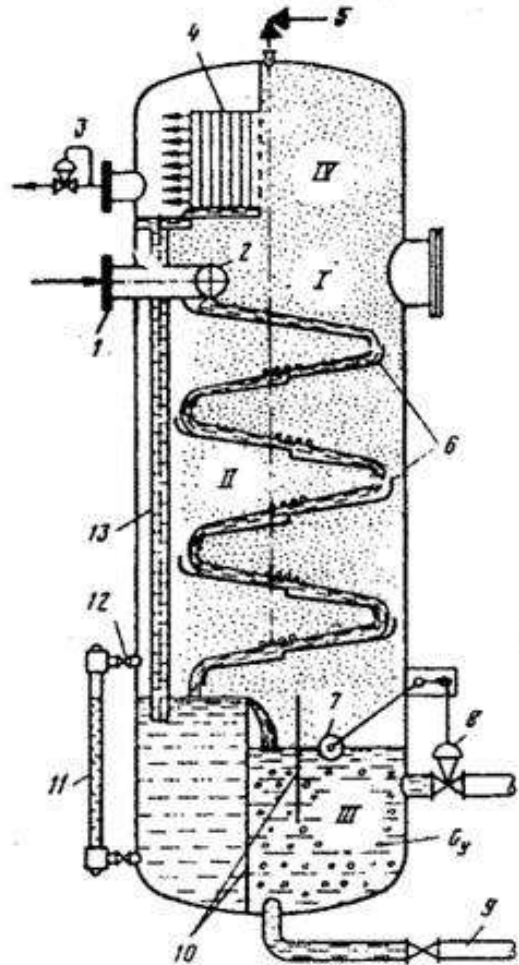
Двухъемкостные горизонтальные сепараторы применяют в основном для оснащения блочных автоматизированных установок типа «Спутник».

Сепараторы

Общим в конструкции сепараторов любого типа является наличие в них четырех секций



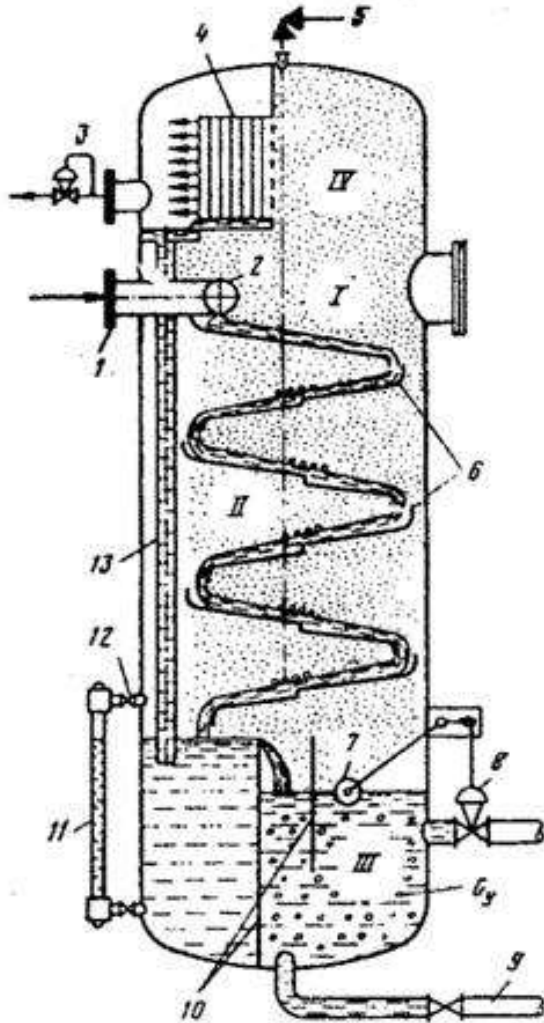
Сепараторы



I - Основная сепарационная секция, которая служит для интенсивного выделения газа из нефти.

На работу сепарационной секции большое влияние оказывают степень снижения давления, температура в сепараторе, физико-химические свойства нефти, особенно ее вязкость, конструкция устройства ввода продукции в сепаратор - радиальное или тангенциальное, а также использование различных насадок - проволочной сетки, диспергаторов.

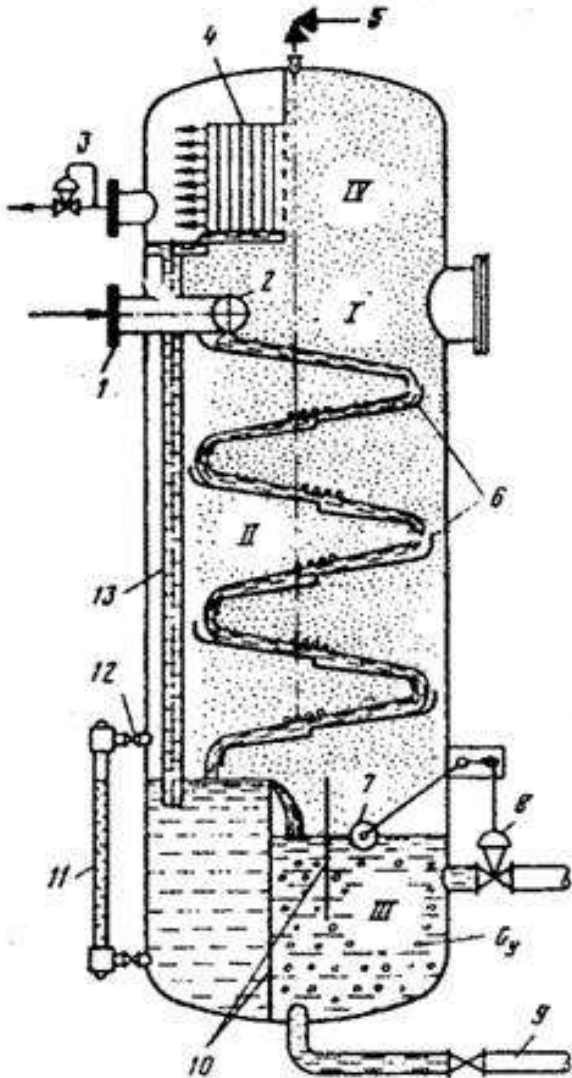
Сепараторы



II - Осадительная секция, в которой происходит дополнительное выделение пузырьков газа, увлеченных нефтью из сепарационной секции.

Для более интенсивного выделения окклюдированных пузырьков газа из нефти, ее направляют тонким слоем по наклонным плоскостям, увеличивая тем самым длину пути движения нефти. Плоскости выполняют с небольшим порогом, способствующим выделению газа из нефти.

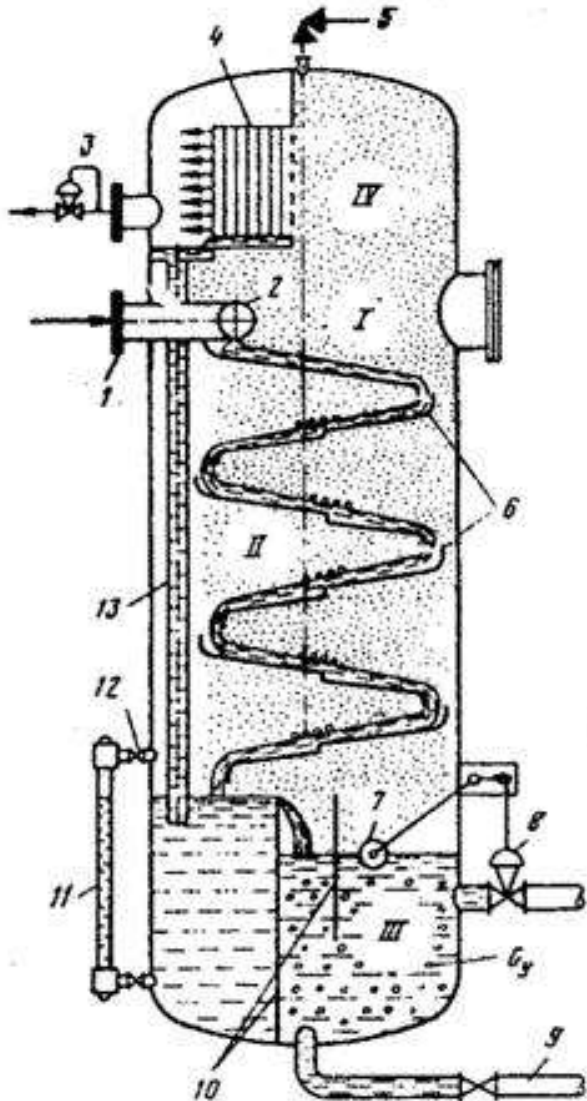
Сепараторы



III - Секция сбора нефти находится в самом низу сепаратора, служит для сбора нефти и дальнейшего вывода ее из сепаратора.

IV - Каплеуловительная секция расположена в верхней части сепаратора и служит для улавливания капелек жидкости, уносимых потоком газа.

Сепараторы



Общий вид вертикального сепаратора:

1 - ввод продукции скважин;

2 - раздаточный коллектор;

3 - регулятор уровня «до себя»;

4 - каплеуловительная насадка;

5 - предохранительный клапан;

6 - наклонные плоскости;

7 - датчик регулятора уровня поплавкового типа;

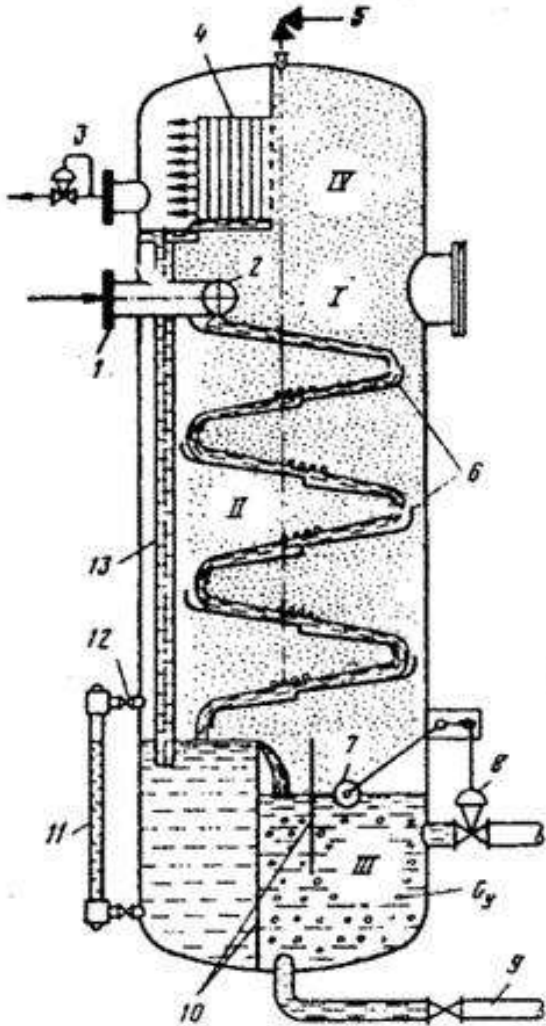
8 - исполнительный механизм;

9 - дренажный патрубок; 10 - перегородка;

11 - водомерное стекло; 12 - отключающий кран;

13 - дренажная трубка

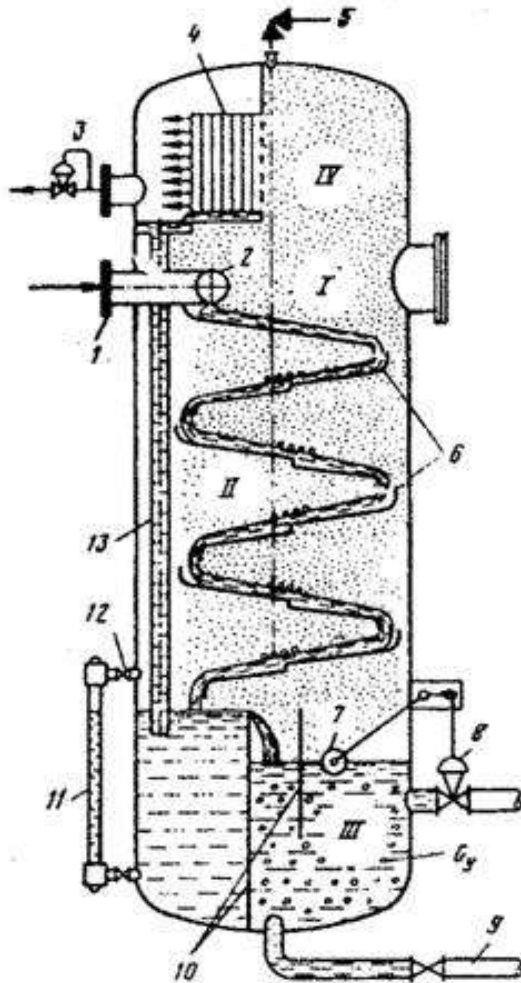
Сепараторы



Работает следующим образом:

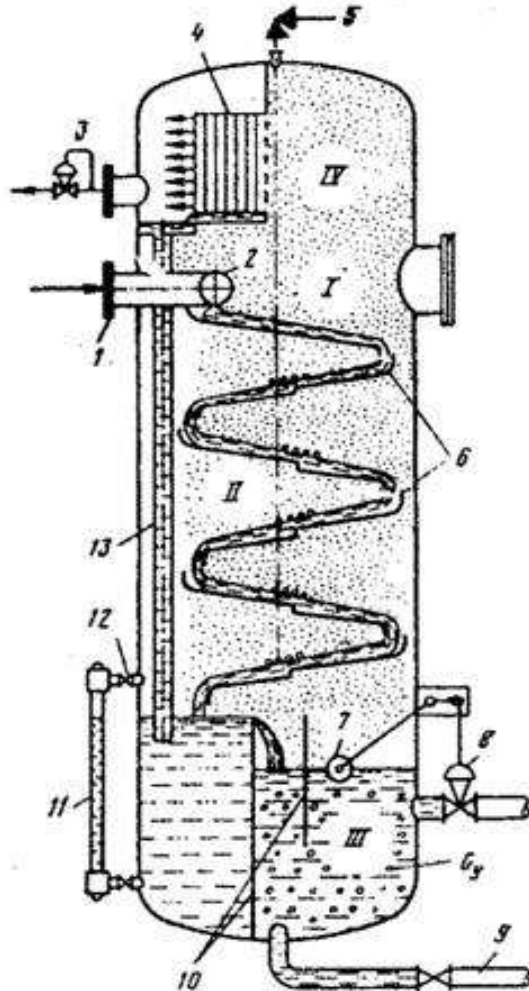
Нефтегазовая смесь под давлением поступает через патрубок 1 к раздаточному коллектору 2, имеющему по всей длине щель для выхода смеси, откуда нефтегазовая смесь попадает на наклонные плоскости 6, увеличивающие путь движения нефти и способствующие тем самым выделению окклюдированных пузырьков газа. В верхней части сепаратора установлена каплеуловительная насадка 4, (в данном случае насадка жалюзийного типа) в которой отбиваются капельки жидкости и стекают в поддон, затем по дренажной трубе 13 направляются в нижнюю часть сепаратора.

Сепараторы



Перегородки 10 в сепараторе служат для успокоения уровня при пульсирующей подаче продукции скважин, а датчик регулятора уровня поплавкового типа с исполнительным механизмом 8 - для циклического вывода жидкости из сепаратора. Через дренажный патрубок 9 сбрасывается скопившаяся в нижней части сепаратора грязь.

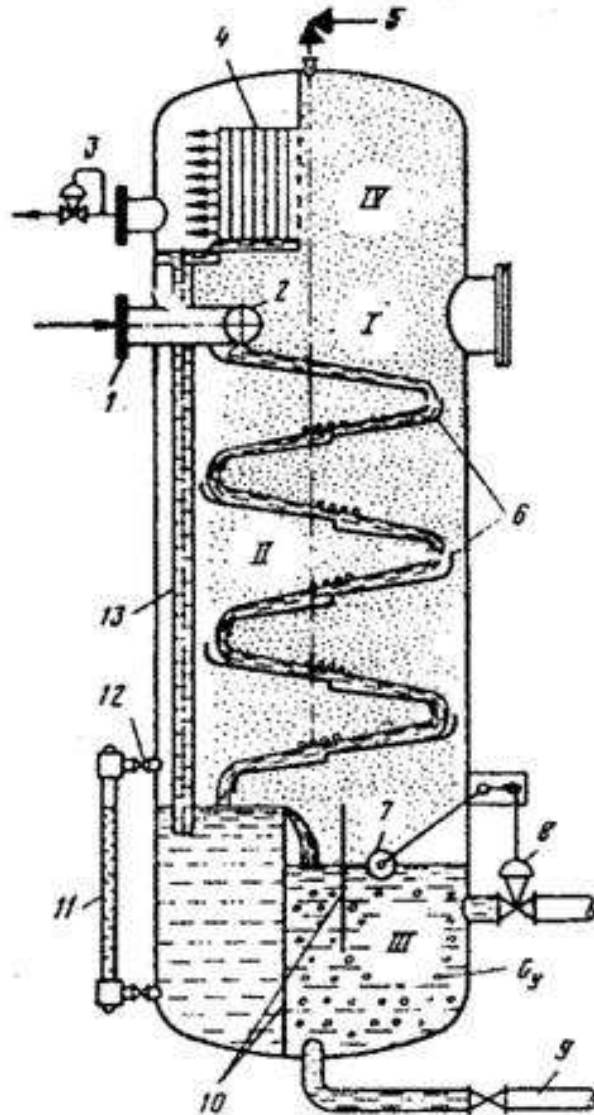
Сепараторы



В верхней части сепаратора устанавливается предохранительный клапан 5, рассчитанный на сбрасывание газа при достижении в сепараторе давления выше нормы, предусмотренной технологическим процессом.

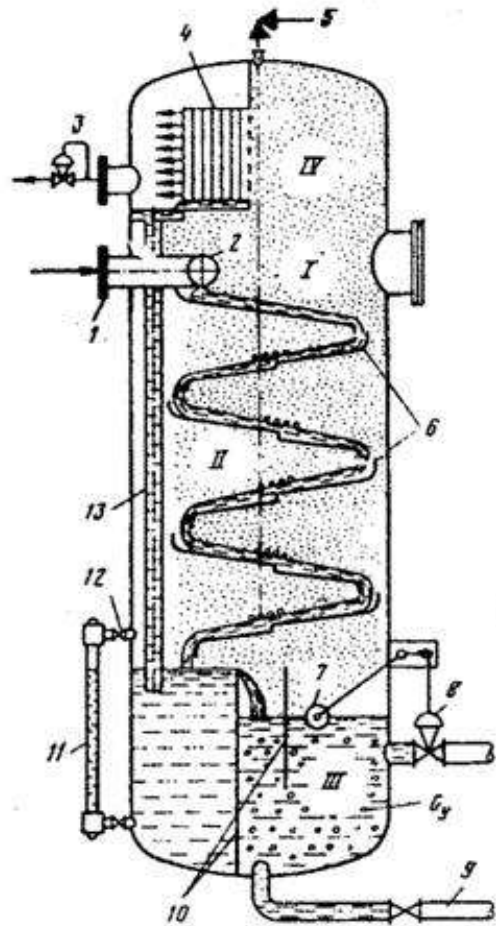
На газовом патрубке сепаратора находится также регулятор давления «до себя» 3, поддерживающий необходимое давление в корпусе сепаратора.

Сепараторы



В нижней части сепаратора устанавливается водомерное стекло 11 с отключающимися кранами 12, предназначенное для измерения количества подаваемой жидкости.

Сепараторы



Степень технического совершенства сепаратора характеризуется следующими параметрами:

- минимальным диаметром капель жидкости, задерживаемых в сепараторе;
- максимально допустимой средней скоростью газового потока в свободном сечении сепаратора, а также в каплеуловительной секции;
- временем пребывания жидкости в сепараторе, за которое происходит максимальное отделение свободного газа от жидкости.

Сепараторы

Эффективность работы сепараторов, устанавливаемых на площадях газовых и газоконденсатных месторождений, оценивается обычно только количеством капельной взвеси, уносимой газом за пределы сепаратора, поэтому требования, предъявляемые к нефтяным и газовым сепараторам, являются разными.

Сепараторы

При выборе числа ступеней сепарации должна учитываться система сбора нефти и газа на площадях нефтяных месторождений. При многоступенчатой системе сепарации, применяемой, как правило, при высоких устьевых давлениях (4 - 8 МПа) в результате незначительного понижения давления и температуры на каждой ступени происходит постепенное выделение газовой фазы (вначале легких фракций - метана, этана; затем частичное выделение тяжелых углеводородов - пропана, бутана, пентана) и в нефти остается большое число не выделившихся тяжелых углеводородов.

Сепараторы

В случае применения двух - трехступенчатой сепарации (при том же устьевом давлении) в сепараторах происходит резкое снижение давления и интенсивное выделение газа, при этом в газовую фазу переходит большое количество тяжелых углеводородов.

Поэтому многоступенчатая сепарация является более эффективной по сравнению с трехступенчатой, однако при использовании многоступенчатой сепарации в негерметизированных системах сбора нефти, все тяжелые углеводороды постепенно испаряются из нефти и эффект сепарации сведется к нулю. Поэтому как многоступенчатая, так и трехступенчатая сепарация должны применяться только в герметизированных системах сбора и транспорта нефти.

Сепараторы

При двухступенчатой сепарации в газовую фазу переходит большое количество тяжелых углеводородов, представляющих собой ценное сырье, поэтому целесообразно направлять их на газоперерабатывающую установку для получения из них сжиженного газа (пропан - бутана) и газового бензина.

Сепараторы

Из вышеизложенного следует, что при сборе и транспортировке нефти на площадях месторождений можно применять как многоступенчатую, так и двухступенчатую сепарацию. Однако с точки зрения экономии металла, удобства обслуживания и наличия газоперерабатывающего завода целесообразно применять трехступенчатую сепарацию. Газ, выделившийся на первой ступени, под собственным давлением направляется на местные нужды: в котельные, для отопления жилых и производственных зданий и т.д. Газ, получаемый на второй и третьей ступенях сепарации, будет жирным, т.е. содержащим большое количество тяжелых компонентов, поэтому после сжатия в компрессорах компрессорных станций направляется на газоперерабатывающий завод (ГПЗ).

Сепараторы

Рекомендуемые давления для трехступенчатой сепарации: на первой ступени - 0,6 МПа, на второй - 0,15 - 0,25 МПа, на третьей - 0,02 МПа, а иногда и вакуум. Третья ступень сепаратора - концевая является исключительно важной, поскольку после нее нефть поступает в парк товарных резервуаров, где, согласно нормативов, она должна находиться с упругостью паров 0,06 МПа, чего практически можно достигнуть только при горячей концевой ступени сепарации или созданием вакуума на третьей ступени.

Контроль знаний

1. Теплообмен излучением - это ...

а) процесс распространения теплоты посредством электромагнитных волн, испускаемых телом.

б) процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой.

в) процесс распространения тепла при непосредственном соприкосновении частиц с различной температурой.

г) процесс переноса теплоты между поверхностью твердого тела и жидкостью или газом.

д) процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.

Контроль знаний

2. Теплоотдача при омывании поверхности водой, по сравнению с теплоотдачей в воздухе, как правило:

- а) гораздо ниже
- б) гораздо выше
- в) одного порядка
- г) одинаковы
- д) невозможно предсказать.

Контроль знаний

3. Как изменится при увлажнении коэффициент теплопроводности пористых материалов:

а) увеличивается;

б) уменьшается;

в) не изменяется;

г) изменяется произвольно;

д) зависит от множества других факторов

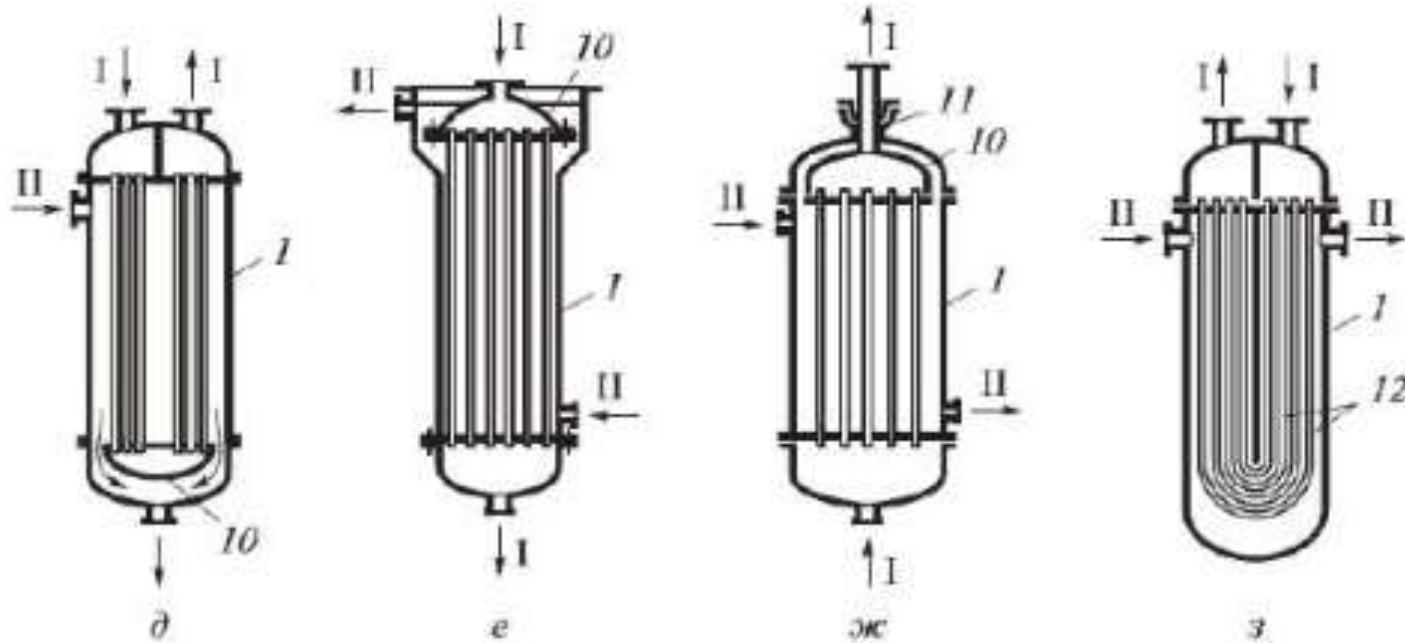
Контроль знаний

4. Перегородки в кожухотрубном теплообменнике предназначены для

- а) увеличения скорости теплоносителя
- б) увеличения поверхности теплообменника

Контроль знаний

5. Какой буквой на рисунке обозначен теплообменник с плавающей головкой открытого типа?



- а) д
- б) е
- в) ж
- г) з

Контроль знаний

6. Компенсация различного температурного удлинения труб и кожуха достигается следующими способами:

а) установкой перегородок

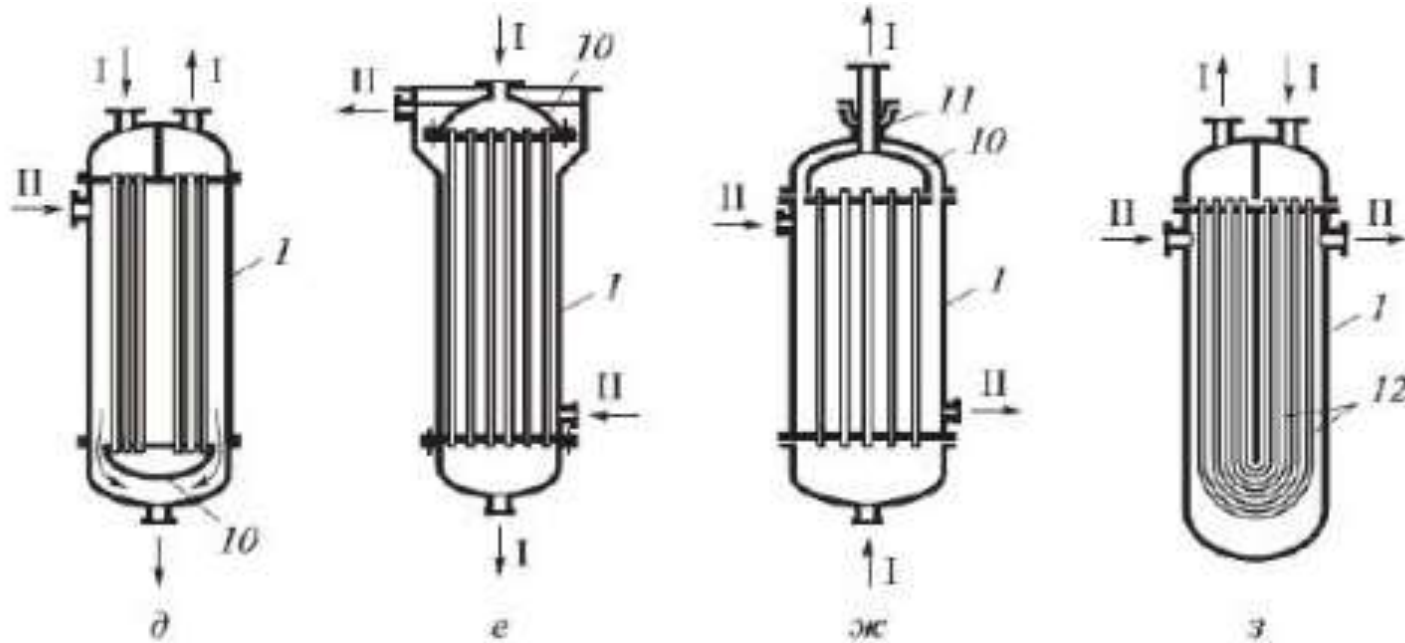
б) закреплением труб в решётках на сальниках

в) устройством подвижной трубной решётки

г) установкой линзового компенсатора на корпусе

Контроль знаний

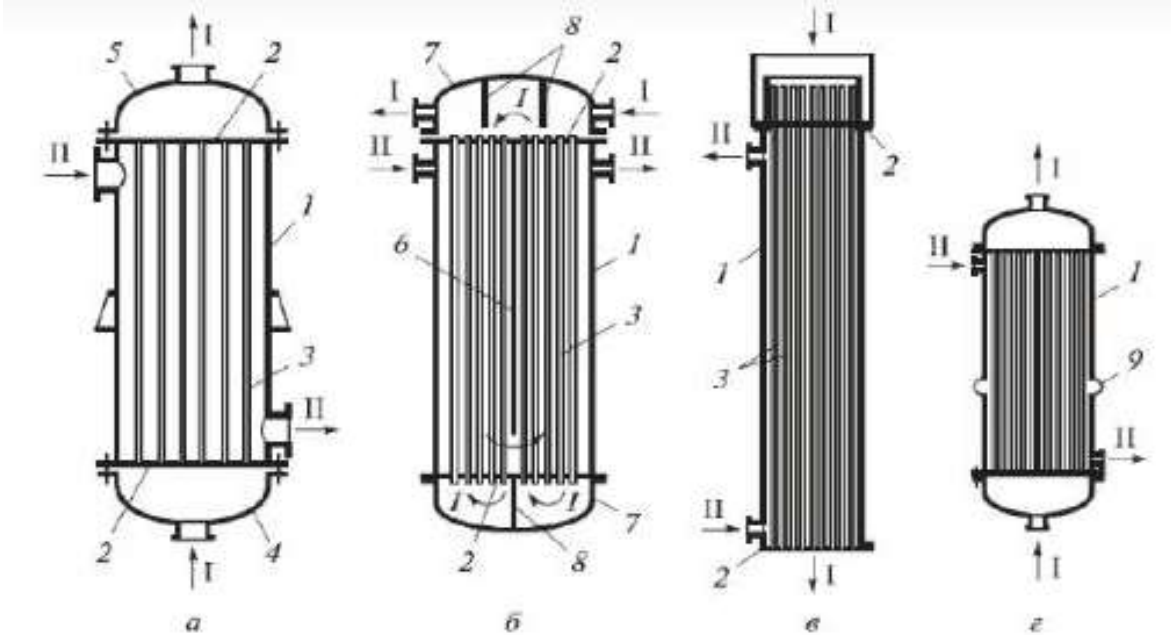
7. Какой буквой на рисунке обозначен теплообменник с плавающей головкой закрытого типа?



- а) д
- б) е
- в) ж
- г) з

Контроль знаний

8. Какой буквой на рисунке обозначен теплообменник с линзовым компенсатором?



- а) а
- б) б
- в) в
- г) г

Контроль знаний

9. Какой недостаток присущ пластинчатым теплообменникам?

- а) точность сборки для сохранения герметичности
- б) температурные деформации
- в) низкий коэффициент теплопередачи

Контроль знаний

10. Какие недостатки присущи трубчатым теплообменникам?

- а) температурные деформации
- б) относительно низкий коэффициент теплоотдачи
- в) сложность изготовления