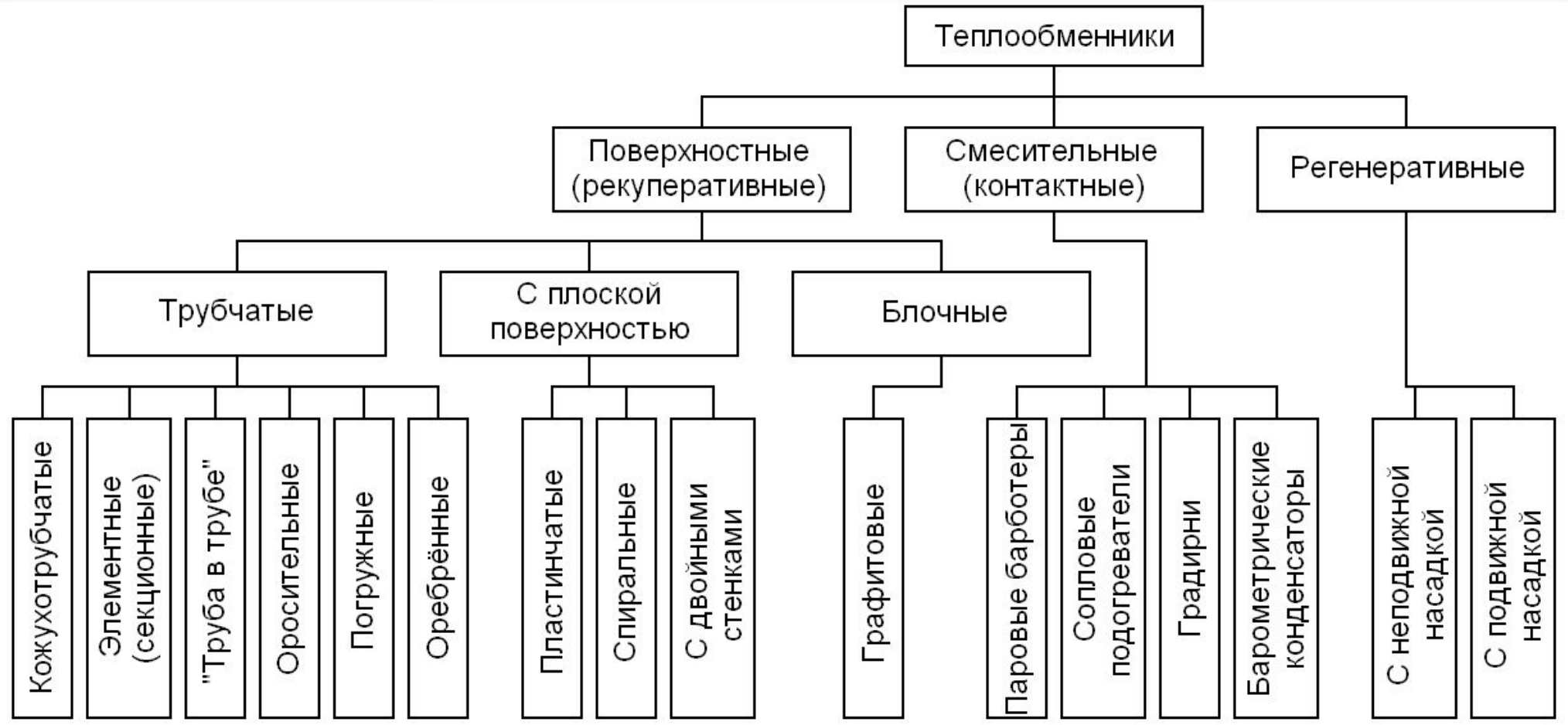




# Теплообменные аппараты химических производств

К лекции 16



Классификация теплообменных аппаратов

# Кожухотрубчатый одноходовой теплообменник

1 – днище; 2 – нижняя трубная решётка;

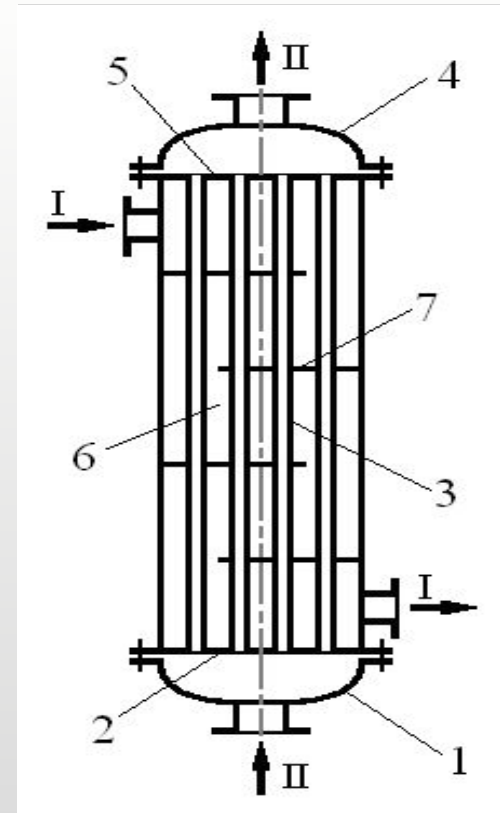
3 – трубы; 4 – крышка;

5 – верхняя трубная решётка;

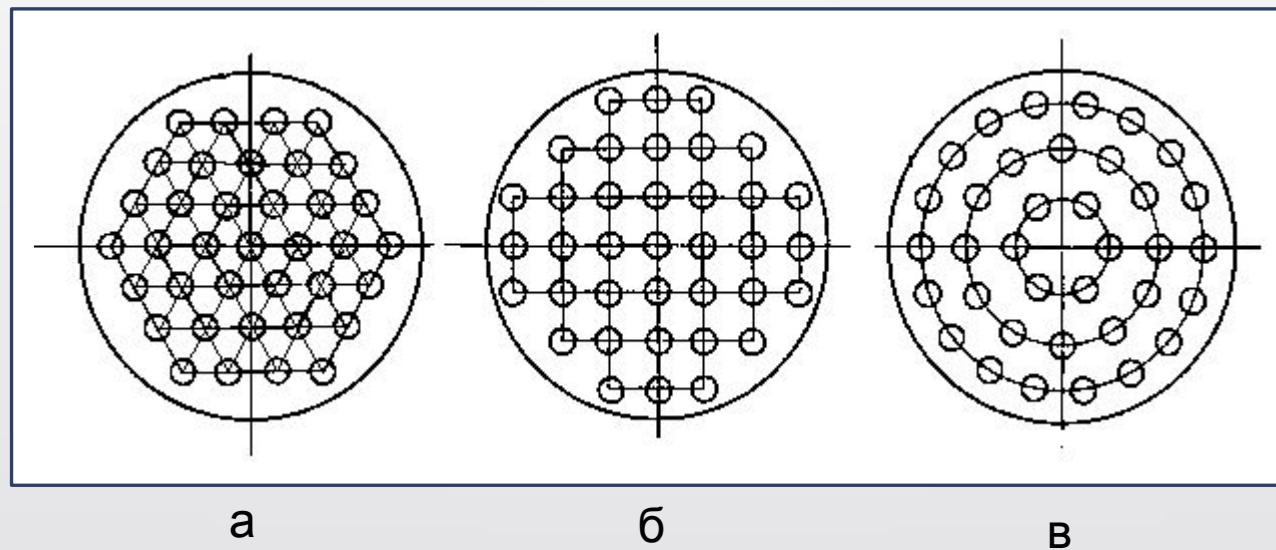
6 – межтрубное пространство;

7 – сегментные перегородки;

I, II – теплоносители



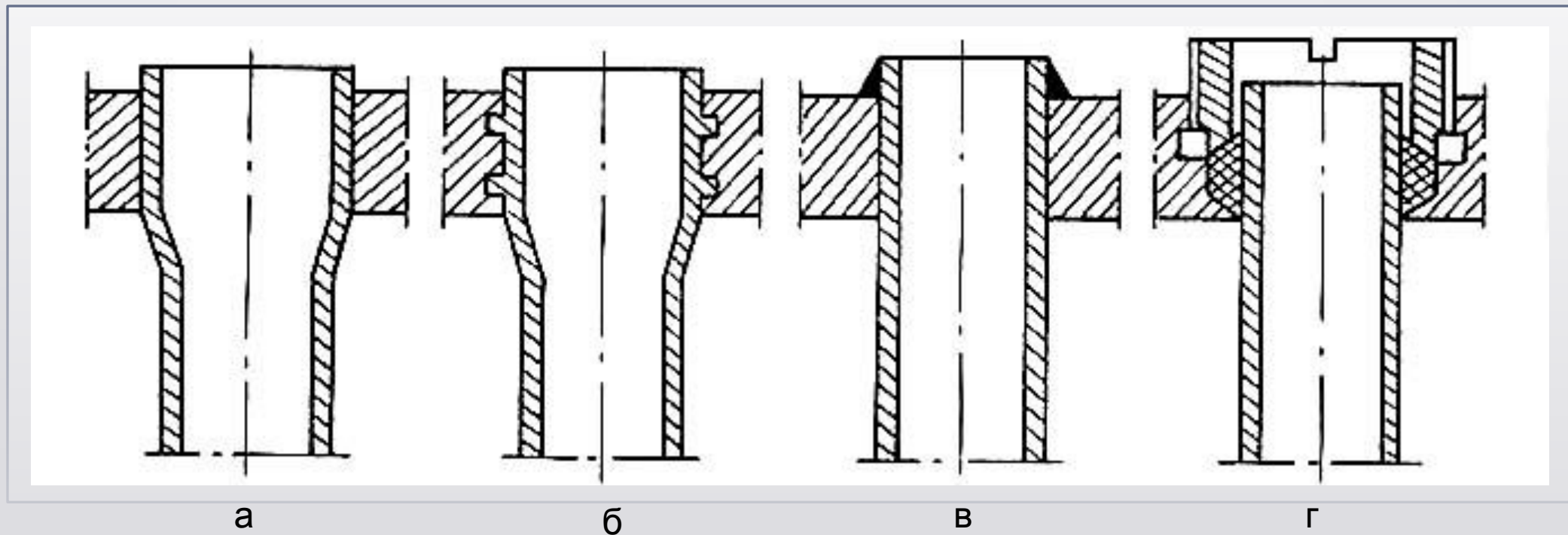
## Размещение труб в трубных решётках



а – по вершинам равносторонних треугольников;

б – по вершинам квадратов; в – по концентрическим окружностям

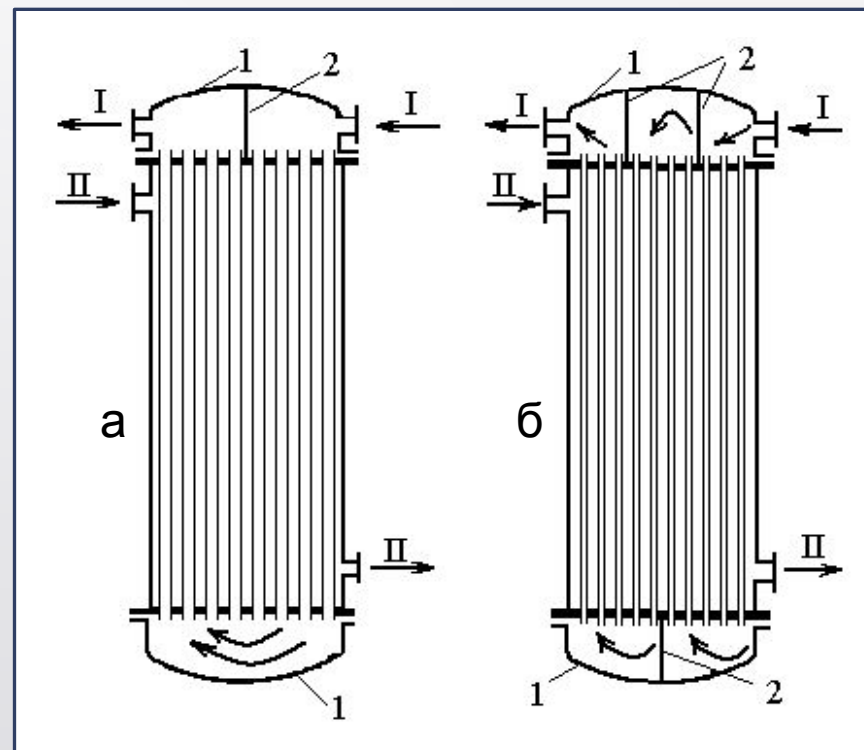
# Способы крепления труб в трубных решетках



а – развальцовка; б – развальцовка в отверстиях с канавками; в – сварка; г – сальниковые уплотнения

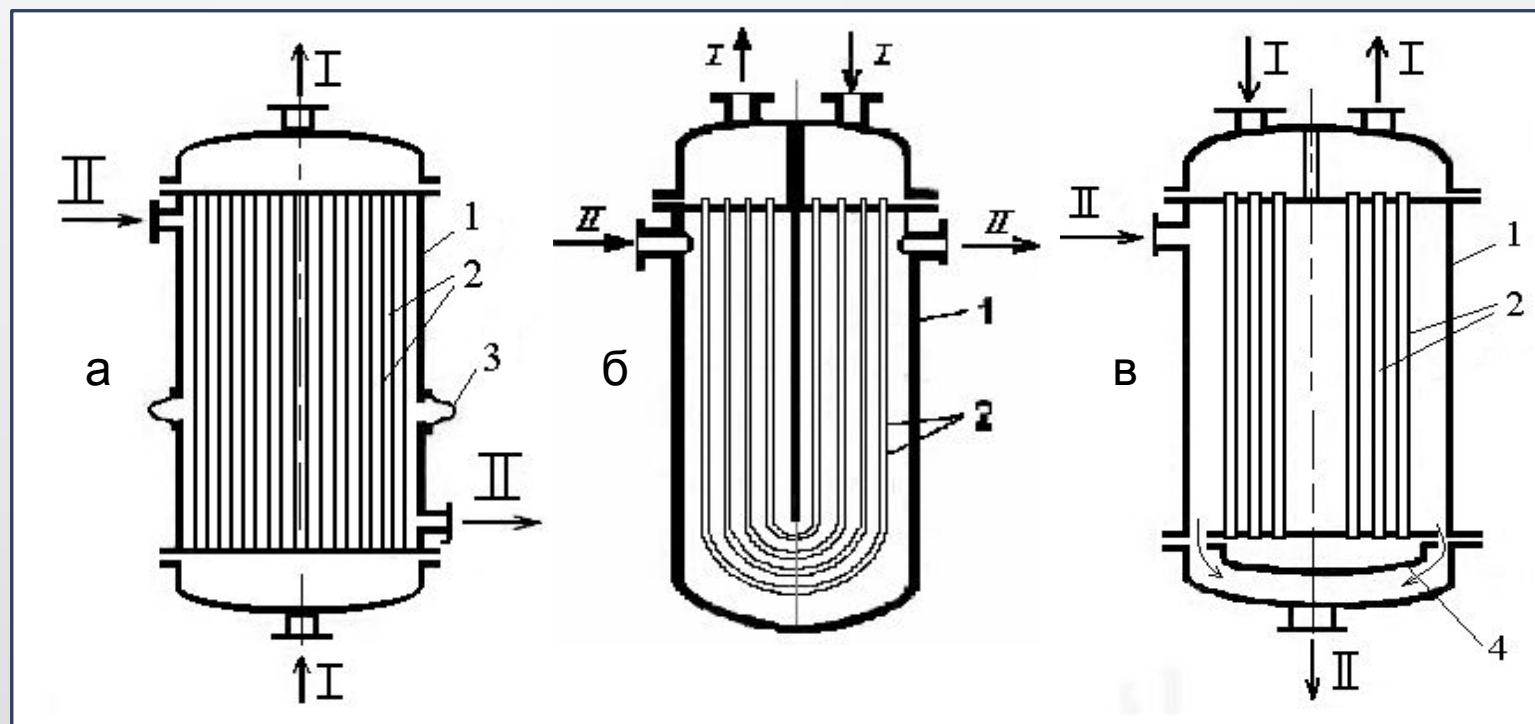
# Многоходовые кожухотрубчатые теплообменники

- а – двухходовой,
- б – четырёхходовой;
- 1 – крышки и днища,
- 2 – перегородки;
- I, II – теплоносители



## Кожухотрубчатые теплообменники с устройствами для компенсации температурных деформаций

а – теплообменник с линзовым компенсатором (полужёсткая конструкция);  
б – теплообменник с U-образными трубами;  
в – теплообменник с плавающей головкой;  
1 – кожух; 2 – трубы; 3 – линзовый компенсатор; 4 – плавающая головка; I, II – теплоносители





# Кожухотрубчатый теплообменник

## Достоинства

- Большая площадь поверхности теплопередачи при относительно компактных размерах кожухотрубчатого теплообменника.
- Простота изготовления.
- Расход материала на изготовление сравнительно невелик.
- Надёжны в работе.
- Способны работать под большими давлениями.

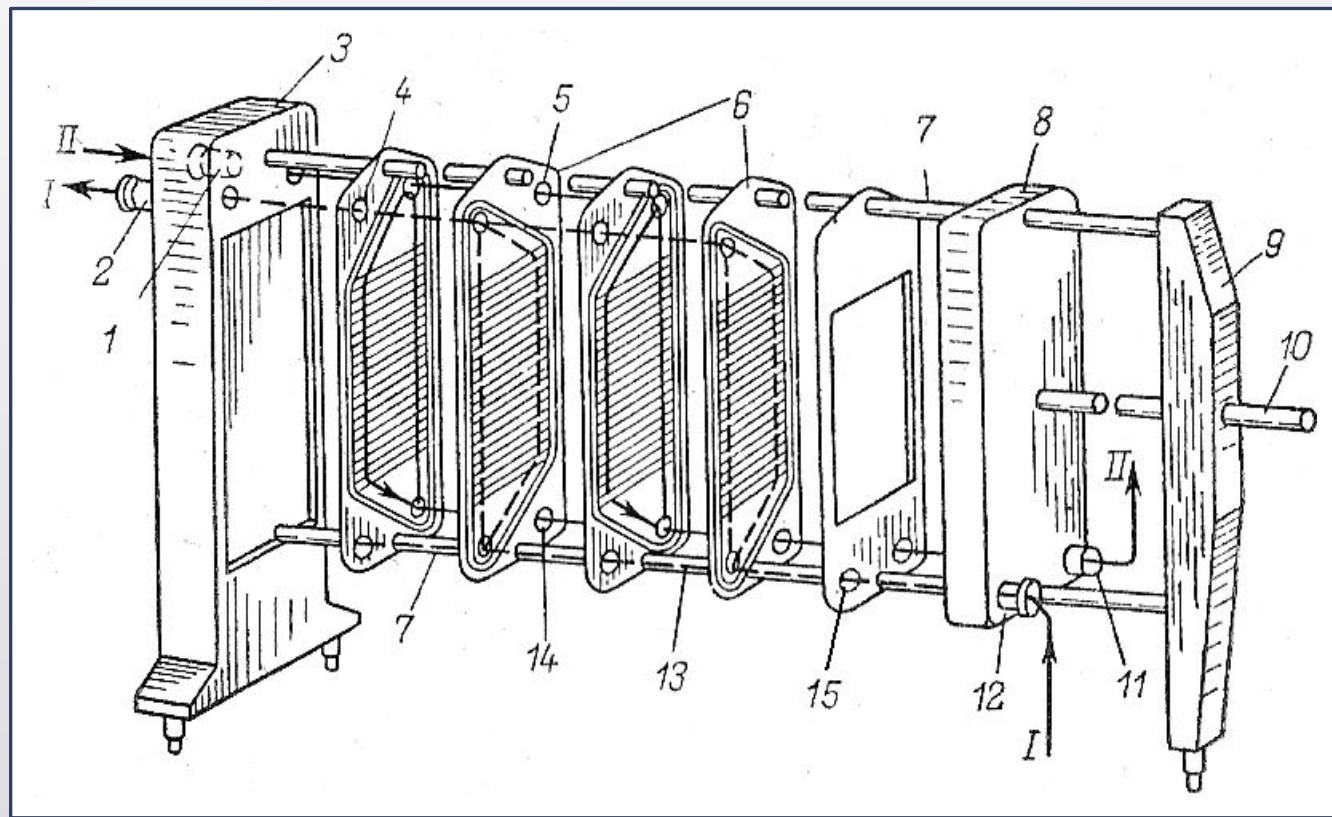
## Недостатки

- Не способны эффективно работать при низких расходах теплоносителей.
- Трудности изготовления из материала, не допускающего развальцовки и сварки.
- Трудности при осмотре, чистке и ремонте.



# Разборный пластинчатый теплообменник типа «фильтр-пресс»

1 – штуцер ввода теплоносителя II;  
2 – штуцер вывода теплоносителя I;  
3 – неподвижная плита; 4 – проход для движения отработанного теплоносителя I;  
5 – проход для движения свежего теплоносителя II; 6 – гофрированные пластины;  
7 – верхний направляющий стержень; 8 – подвижная плита;  
9 – неподвижная стойка; 10 – стяжное винтовое устройство; 11 – проход для движения отработанного теплоносителя II;  
12 – штуцер ввода теплоносителя I; 13 – нижний направляющий стержень; 14 – проход для движения отработанного теплоносителя II; 15 – проход для движения свежего теплоносителя I



# Гофрированные пластины пластинчатых теплообменников

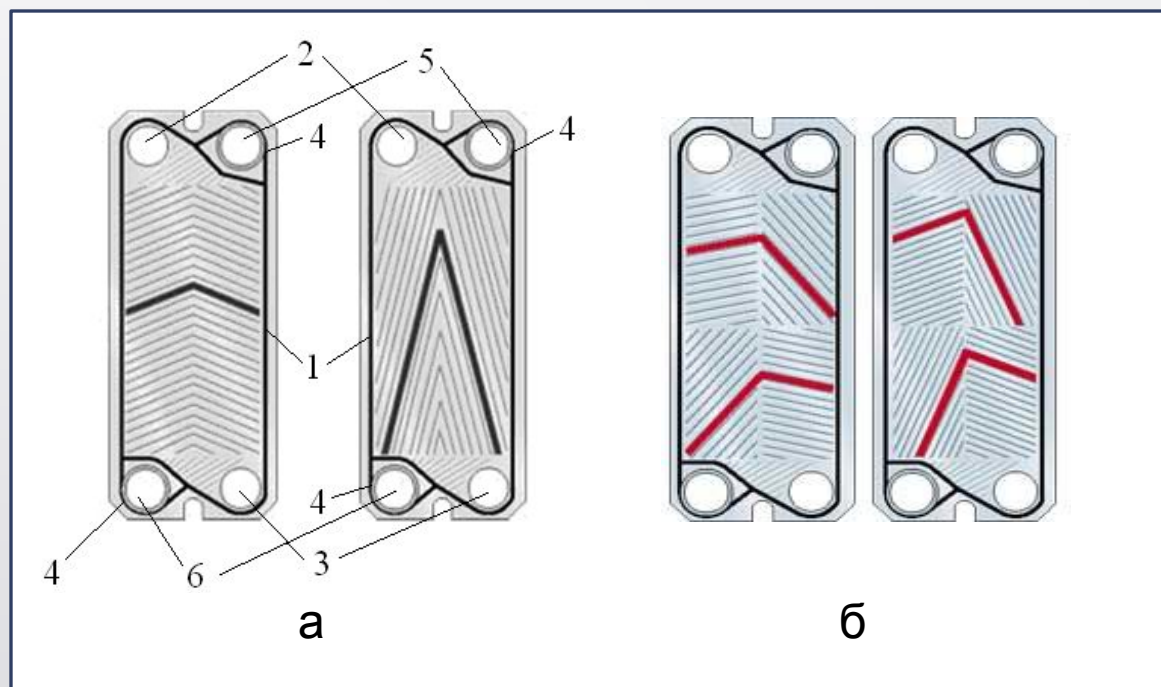
а – обычные (симметричные) пластины; б – пластины с рисунком «ассимметричная ёлочка»;

1 – прокладка, ограничивающая пространство первого теплоносителя;

2, 3 – отверстия для входа и выхода первого теплоносителя;

4 – прокладка, ограничивающая пространство второго теплоносителя;

5, 6 – отверстия для прохода второго теплоносителя





# Пластинчатый теплообменник

## Достоинства

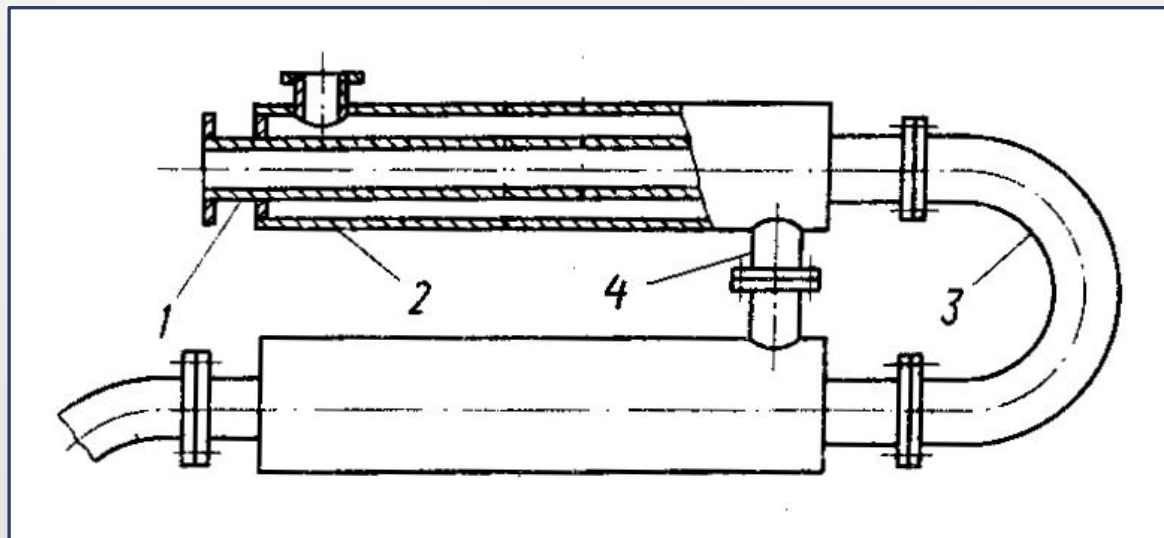
- Компактны (в 4-8 раз меньше равных по площади поверхности теплопередачи кожухотрубчатых теплообменников).
- Высокий коэффициент теплопередачи 3000-4000 Вт/(м<sup>2</sup>·К), что более чем в 3 раза выше, чем в кожухотрубчатых, благодаря высокой скорости теплоносителей в каналах (1-3 м/с), при сравнительно невысоких для таких скоростей гидравлических сопротивлениях.
- Удобны для обслуживания, чистки и ремонта.
- Имеется возможность различных схем компоновки пластин, что позволяет подобрать оптимальный режим работы при заданных расходах теплоносителей.

## Недостатки

- Невозможность работы при высоких давлениях. Из-за недостаточной герметичности прокладок у разборных пластинчатых теплообменников и опасности деформации пластин у сварных (разборные пластинчатые теплообменники работают при давлениях до 1 МПа, сварные – до 4 Мпа).
- Проблема обслуживания сварных пластинчатых теплообменников – чистка и ремонт затруднены.

# Двухтрубный однопоточный теплообменник типа «труба в трубе»

- 1 – внутренняя труба;
- 2 – внешняя труба;
- 3 – соединительное колено (калач);
- 4 – соединительный патрубок





# Двухтрубный теплообменник

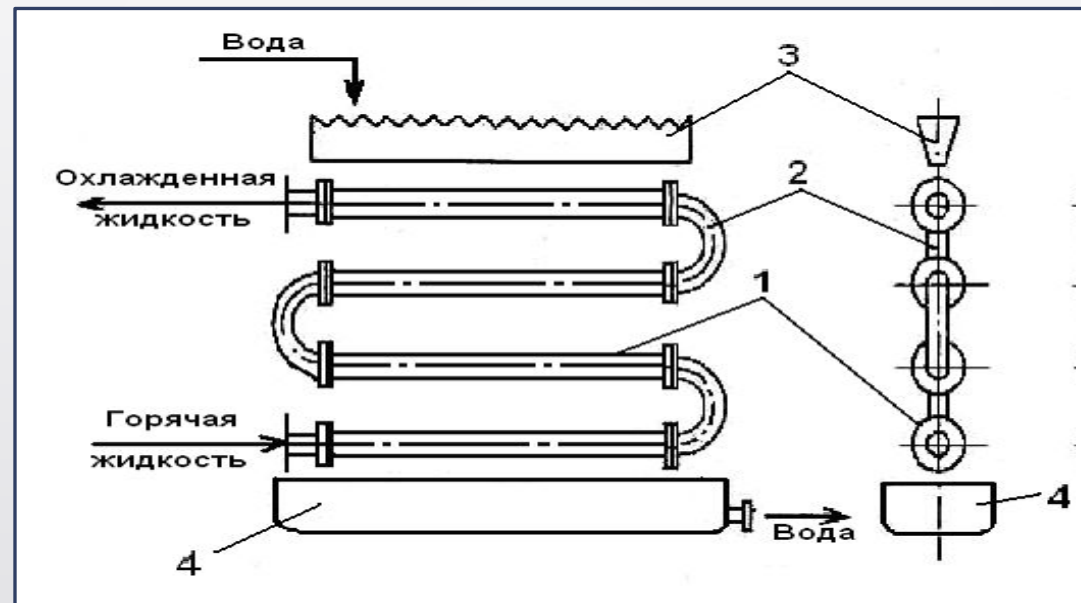
## Достоинства

- Высокие коэффициенты теплоотдачи благодаря высоким скоростям движения теплоносителей.
- Возможность работы при небольших расходах теплоносителей.
- Возможность работы при высоких давлениях.

## Недостатки

- Относительно небольшие площади поверхности теплопередачи при значительных габаритных размерах теплообменника.
- Большой расход материала на изготовление.
- В неразборных двухтрубчатых теплообменниках затруднена чистка.

# Оросительный теплообменник





# Оросительный теплообменник

## Достоинства

- Простота изготовления и низкая стоимость.
- Лёгкость чистки наружных стенок труб.
- Интенсификация теплообмена за счёт частичного испарения воды.
- Меньший расход охлаждающей воды.

## Недостатки

- Безвозвратная потеря испарившейся воды и увлажнение воздуха.
- Громоздкость оросительных теплообменников (особенно снабжённых кожухами для работы внутри помещений).
- Неравномерность смачивания труб (нижние ряды могут слабо смачиваться и практически не участвовать в теплообмене).

# Теплообменный аппарат с погружным змеевиком

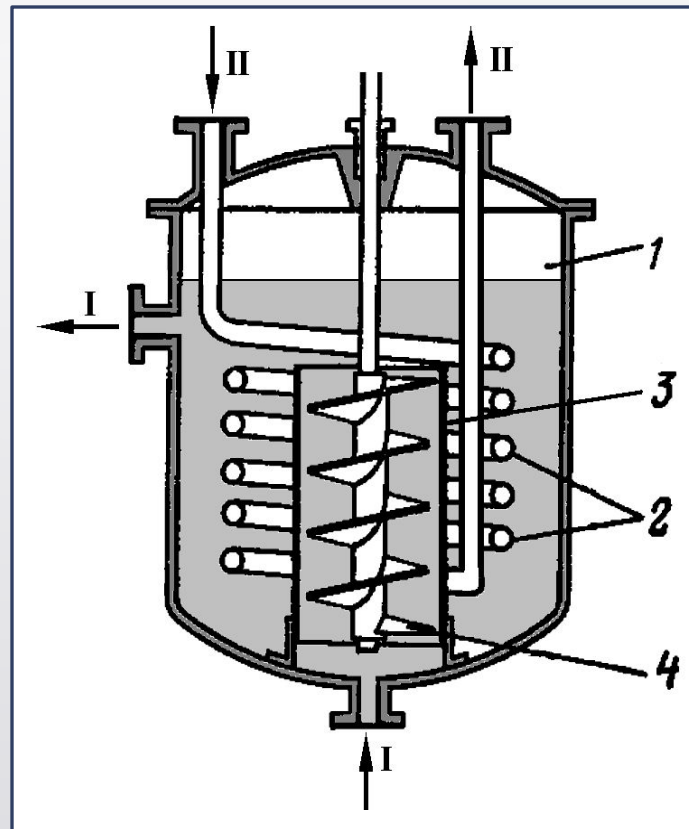
1 – сосуд аппарата;

2 – змеевик;

3 – стакан;

4 – мешалка;

I, II – теплоносители







# Погружной теплообменник

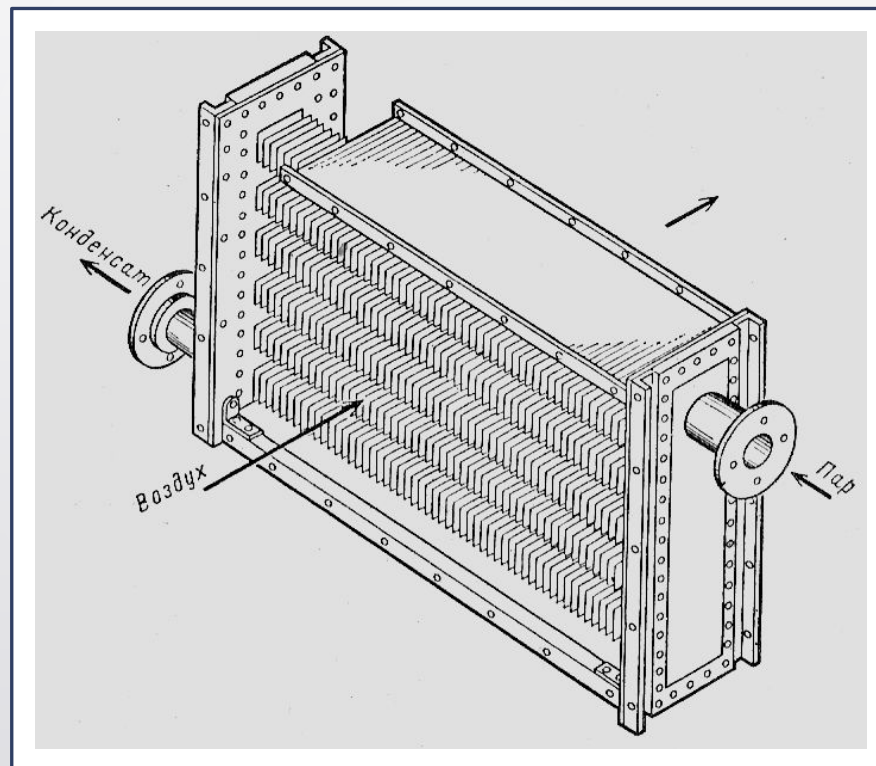
## Достоинства

- Простота устройства и низкая стоимость изготовления.
- Доступность наружной поверхности для чистки.
- Возможность работы при больших давлениях внутри змеевика.
- Высокий коэффициент теплоотдачи внутри змеевика за счёт высокой скорости теплоносителя в змеевике.

## Недостатки

- Небольшая поверхность теплопередачи (менее 15 м<sup>2</sup>).
- Недоступность внутренней поверхности змеевика для чистки.
- Низкий коэффициент теплоотдачи со стороны наружной поверхности змеевика.

Оребрѐнные теплообменники  
Пластинчатый калорифер для нагрева воздуха





# Оребрѐнный теплообменник

## Достоинства

- Возможность работы со сложными (с точки зрения теплообмена) теплоносителями – воздухом и высоковязкими жидкостями.
- Большая поверхность теплоотдачи со стороны сложного (с точки зрения теплообмена) теплоносителя при высокой компактности теплообменного аппарата.
- Возможность использования в качестве хладагента воздуха, что экономически выгодно, поскольку позволяет сэкономить на более дорогой, чем воздух, водооборотной воде.

## Недостатки

- Для изготовления пластин-оребрений требуется материал с высокой теплопроводностью (сталь подходит не всегда, зачастую используется алюминий или медь).
- Теплообменники воздушного охлаждения всё же существенно более громоздки, чем теплообменники для охлаждения водой.

# Спиральный теплообменник

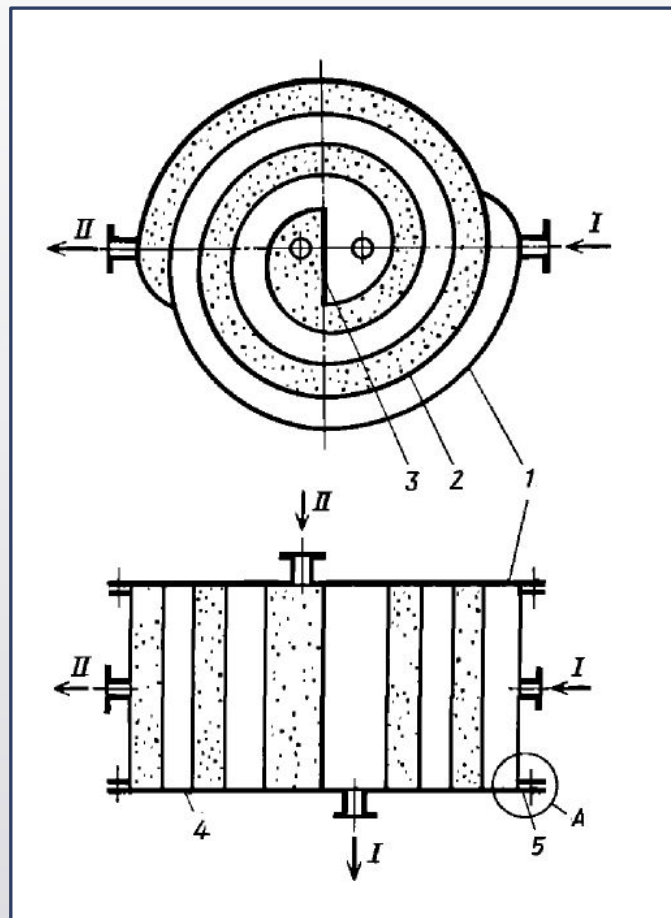
1, 2 – металлические листы;

3 – пластина-перегородка;

4 – крышки;

5 – фланцы;

I, II – теплоносители





# Спиральный теплообменник

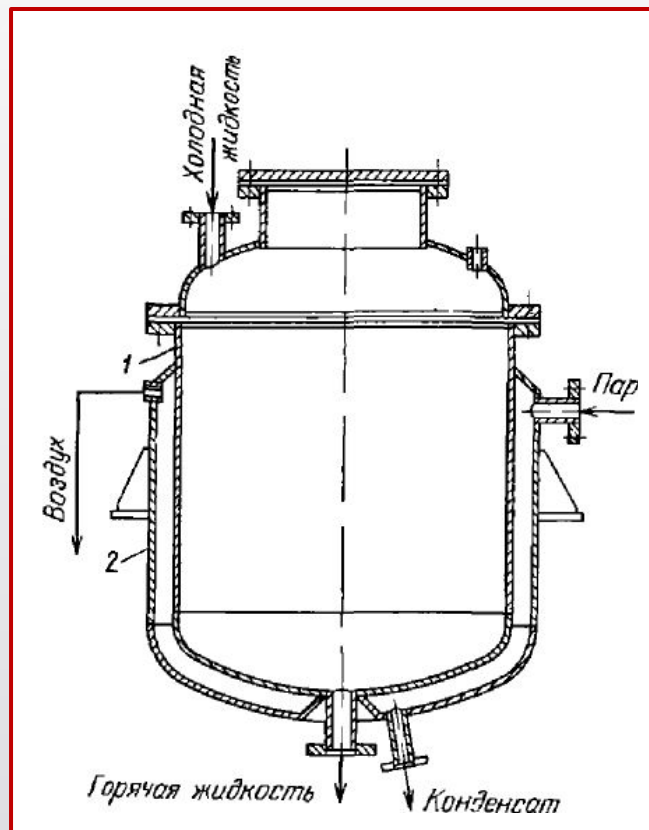
## Достоинства

- Спиральные теплообменники компактны, обеспечивают большую площадь поверхности теплоотдачи (до 100 м<sup>2</sup>) при относительно небольших габаритных размерах.
- Спиральные теплообменники обеспечивают высокий коэффициент теплопередачи, благодаря высокой скорости теплоносителей в каналах (1-2 м/с), при сравнительно невысоких для таких скоростей гидравлических сопротивлениях.

## Недостатки

- Невозможность работы при высоких давлениях (не более 1 МПа) из-за недостаточной герметичности прокладок.
- Сложны в изготовлении.

Аппарат с греющей рубашкой (двойными стенками)





# Аппарат с греющей рубашкой

## Достоинства

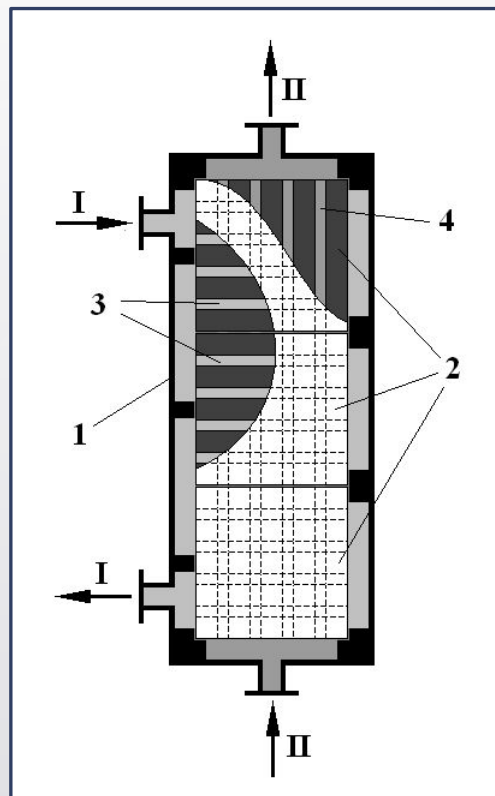
- Удобство доступа к внутренней поверхности аппарата для её очистки.
- Простота устройства.
- Высокий коэффициент теплоотдачи при использовании пара в качестве теплоносителя.

## Недостатки

- Небольшая поверхность теплопередачи (менее 15 м<sup>2</sup>).
- Ограниченность давления в рубашке (до 1 МПа, т.к. стенка рубашки может деформироваться под действием высоких давлений).
- Низкий коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны корпуса аппарата, для повышения которого используется перемешивание с помощью мешалок или барботажем сжатого воздуха или пара.
- Невысокий коэффициент теплоотдачи в рубашке при использовании жидкого теплоносителя из-за его низких скоростей течения.

# Блочный теплообменник

- 1 – корпус аппарата;
- 2 – блоки;
- 3 – горизонтальные каналы;
- 4 – вертикальные каналы;
- I, II - теплоносители







# Блочный теплообменник

## Достоинства

- Химическая стойкость материала теплообменника (чаще всего графита) позволяет использовать теплообменник для нагрева или охлаждения химически агрессивных жидкостей, когда использование теплообменников из других материалов невозможно.
- Высокая теплопроводность графита ( $92\div 116 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ), благодаря которой значительная толщина стенок между каналами не ухудшает теплопередачу.

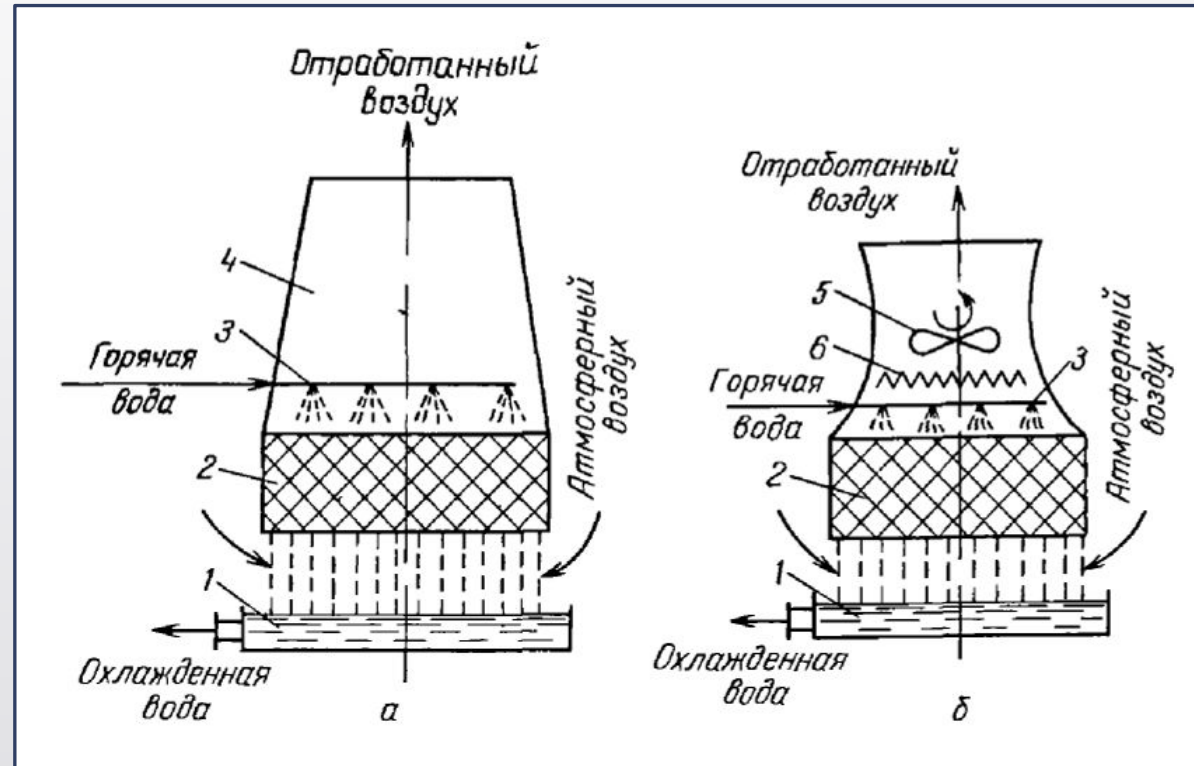
## Недостатки

- Блочные теплообменники более громоздки, чем сравнимые по площади поверхности теплопередачи кожухотрубчатые и пластинчатые.
- Более высокая стоимость блочного теплообменника ограничивает его использование (блочные теплообменники целесообразно использовать только в том случае, если использование других теплообменных аппаратов невозможно из-за химической агрессивности теплоносителей).

# Градирни

Градирни с естественной (а) и принудительной (б) тягой:

- 1 – поддоны;
- 2 – слои насадки;
- 3 – распределители охлаждающей воды;
- 4 – полая часть градирни для обеспечения естественной тяги;
- 5 – осевой вентилятор;
- 6 – брызгоотбойник





# Градирни

## Достоинства

- Низкая стоимость процесса охлаждения (благодаря тому, что в качестве хладагента выступает воздух).
- Простота конструкции.
- Относительно невысокая стоимость обслуживания.
- Большая производительность по охлаждаемой воде.

## Недостатки

- Громоздкость конструкции (особенно у градирен с естественной тягой).
- Невосполнимые потери воды вследствие испарения.
- Небольшая глубина охлаждения (в градирне вода охлаждается не более чем на 15–20 градусов от своей первоначальной температуры).

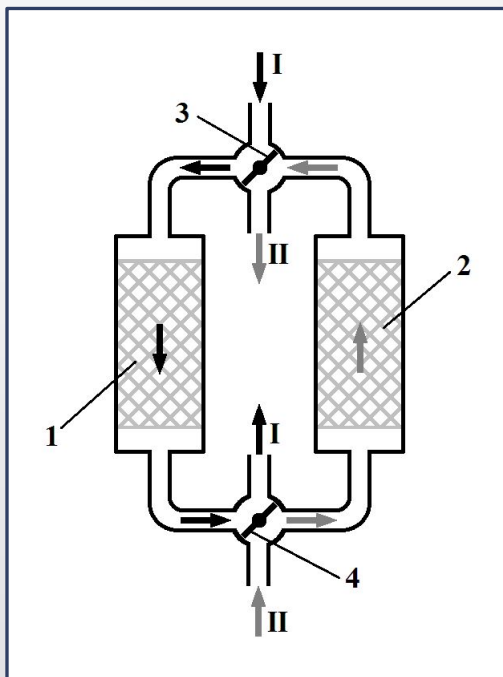
# Регенеративный теплообменник


Регенеративные теплообменники с неподвижной насадкой.

1, 2 – регенеративные теплообменники с насадкой;

3,4 – клапаны;

I, II – теплоносители





# Регенеративный теплообменник

## Достоинства

- Простота устройства.
- Возможность работы со значительными количествами теплоносителей.
- Относительно невысокая стоимость обслуживания.
- Возможность работы при высоких температурах (например, с дымовыми газами доменных печей).

## Недостатки

- Громоздкость конструкции.
- Необходима значительная разница температур теплоносителей, чтобы движущая сила процесса теплопередачи была достаточной на обеих стадиях процесса.