

### **Задание:**

1. Составить конспект. При подготовке использовать:

<https://www.youtube.com/watch?v=E80Hec6WQ-4>

2. Выполнить тест согласно списку:

**Вариант 1:** Банкетов, Бузин, Волнухина, Ермиличев, Захарова;  
Краснощекова, Кузнецов, Медведева, Лынный; Мустафин;

**Вариант 2:** Неповиннова, Осипова, Пундикова, Санкевич, Сатин;  
Сердягин, Токторов, Ханвалиева, Хорошев, Щербаков

3. Ответы отправить на эл. почту [bandreeva68@mail.ru](mailto:bandreeva68@mail.ru) не позже 15.00 28.04.2020

### **Основное промышленное оборудование химических производств**

Промышленное оборудование, задействованное на химических производствах, можно разделить на следующие классы:

- аппараты - инженерные конструкции, которые обладают рабочим объемом и оснащены энергетическими и контрольно-измерительными средствами управления и мониторинга техпроцессом;
- машины - инженерные конструкции, в которых протекание технологического процесса сопряжено с вводом в рабочий объем механической энергии посредством рабочих органов оборудования;
- транспортные средства.

Технологическое оборудование делится еще на:

1. **Основное** – это машины, установки и аппараты, в которых протекают различные технологические операции и процессы (физико-химические, химические и так далее), в результате которых получают какой-либо конечный продукт (или продукты).

К основному промышленному оборудованию химических производств относятся следующие аппараты:

- реакционные – контактные устройства, реакторы, колонны синтеза и другие устройства;
- машины и аппараты для осуществления физико-химических операций и процессов – теплообменные и выпарные аппараты, сатурационные башни, экстракторы, абсорберы и так далее.

2. **Вспомогательное** – различные резервуары, емкости и хранилища. Вспомогательное оборудование предназначено для осуществления

дополнительных производственных процессов. Так, вспомогательное оборудование обеспечивает хранение и транспортировку следующих веществ:

- Жидкостей;
- Сжиженных газов;
- Паров;
- Сыпучих материалов.

Таким образом, к вспомогательному оборудованию относятся емкости, способные хранить и транспортировать различные типы веществ и материалов.

### **Классификация оборудования по типу процесса**

Оборудование каждого производственного предприятия можно разделить на специальное и общепромышленное. Специальные виды оборудования присущи конкретному производству и не могут быть использованы в других технологических процессах. Общепромышленное оборудование имеет универсальный характер – им оснащаются все предприятия вне зависимости от отраслевой принадлежности.

По типу процесса, который протекает благодаря работе технологического оборудования, последнее подразделяют на классы:

- оборудование, обеспечивающее механические процессы;
- оборудование, обеспечивающее гидромеханические процессы;
- оборудование, обеспечивающее тепловые процессы;
- оборудование, обеспечивающее массообменные процессы;
- оборудование, обеспечивающее химические процессы.

Технологическое оборудование химических производств является специальным и предназначено для реализации последовательной цепочки технологических процессов от подготовки первичного сырья до получения конечного продукта:

- Механическое оборудование для подготовки первичного сырья к переработке – дробильно-помольное (дробилки, мельницы), сортировочное (грохоты, сепараторы, сита, классификаторы), а также питатели, дозаторы.

- Гидромеханическое оборудование для очистки первичного сырья от примесей, использующее различия плотности его компонентов: центрифуги, сепараторы, отстойники, циклоны, гидроциклоны, фильтры, скрубберы;
- Оборудование для воздушной и электромеханической очистки – циклоны; скрубберы; фильтры прямого действия, электрические, каталитические и т. д.;
- Оборудование, обеспечивающее тепловые процессы: тепловые трубы и печи, регенеративные и контактные теплообменники, кристаллизационные и выпарные аппараты. Термическое (тепловое) оборудование – сушилки, регенерационные теплообменники, рекуператоры, регенераторы.
- Оборудование, обеспечивающее массообменные процессы: адсорберы, сушилки, оборудование для выщелачивания и растворения, ионообменные аппараты, ректификаторы, экстракторы, растворители, нейтрализаторы, мембранное оборудование и прочее.
- Оборудование, обеспечивающее химические процессы: печи для обеспечения химических процессов и химические реакторы.

С помощью перечисленных групп оборудования происходит очистка первичного сырья от примесей, приведение его в однородное состояние по механическим, физическим и химическим свойствам для последующей переработки. Получение готового продукта происходит в группе технологического оборудования, имеющей обобщенное наименование «химический реактор».

### **Классификация теплообменного оборудования**

Теплообменными аппаратами называются устройства, предназначенные для обмена теплотой между греющей и обогреваемой рабочими средами. Последние принято называть теплоносителями.

**По назначению** теплообменные аппараты делятся на подогреватели, испарители, конденсаторы, холодильники и т. д.

**По принципу действия** теплообменные аппараты могут быть разделены на рекуперативные, регенеративные и смешительные.

#### **Виды и свойства теплоносителей**

В качестве теплоносителей в зависимости от назначения производственных процессов могут применяться: водяной пар, горячая вода, дымовые и топочные газы, высокотемпературные и низкотемпературные теплоносители.

**Водяной пар** как греющий теплоноситель получил большое распространение вследствие ряда своих достоинств:

1. Высокие коэффициенты теплоотдачи при конденсации водяного пара позволяют получать относительно небольшие поверхности теплообмена.
2. Большое изменение энтальпии при конденсации водяного пара позволяет расходовать малое его массовое количество для передачи сравнительно больших количеств теплоты.
3. Постоянная температура конденсации при заданном давлении дает возможность наиболее просто поддерживать постоянный режим и регулировать процесс в аппаратах.

Основным недостатком водяного пара является значительное повышение давления в зависимости от температуры насыщения.

**Горячая вода** получила большое распространение в качестве греющего теплоносителя, особенно в системах отопления и вентиляционных установках. Подогрев воды осуществляется в специальных водогрейных котлах или водонагревательных установках ТЭЦ и котельных. Достоинством воды как теплоносителя является сравнительно высокий коэффициент теплоотдачи.

**Дымовые и топочные газы** как греющая среда применяются обычно на месте их получения для непосредственного обогрева промышленных изделий и материалов, если физико-химические характеристики последних не изменяются при взаимодействии с сажей и золой.

К высокотемпературным теплоносителям относятся: минеральные масла, органические соединения, расплавленные металлы и соли. Низкотемпературные теплоносители — это вещества, кипящие при температурах ниже 0 °С. К ним относят: аммиак, двуокись углерода, сернистый ангидрид, фреоны.

### **Рекуперативные теплообменные аппараты**

Рекуперативными называются такие аппараты, в которых тепло от горячего теплоносителя к холодному передается через разделяющую их стенку. Рекуперативные теплообменные аппараты — это установки, работающие в периодическом или в стационарном тепловом режиме. Аппараты периодического действия обычно представляют собой сосуды большой вместимости, которые через определенные промежутки времени заполняют обрабатываемым материалом или одним из теплоносителей, нагревают или охлаждают его, а затем удаляют. В стационарном режиме

работают аппараты непрерывного действия. Конструкции современных рекуперативных теплообменных аппаратов предназначены для работы с теплоносителями типов жидкость-жидкость, пар-жидкость, газ-жидкость.

Значительно чаще используются теплообменные аппараты непрерывного действия, среди которых наибольшее распространение получили **кожухотрубчатые** теплообменники (рис. 1). Кожухотрубчатые теплообменники представляют собой аппараты, выполненные из пучков труб, скрепленных при помощи трубных решеток и ограниченных кожухами и крышками. Трубное и межтрубное пространства в аппарате разобщены, а каждое из них разделено перегородками на несколько ходов.

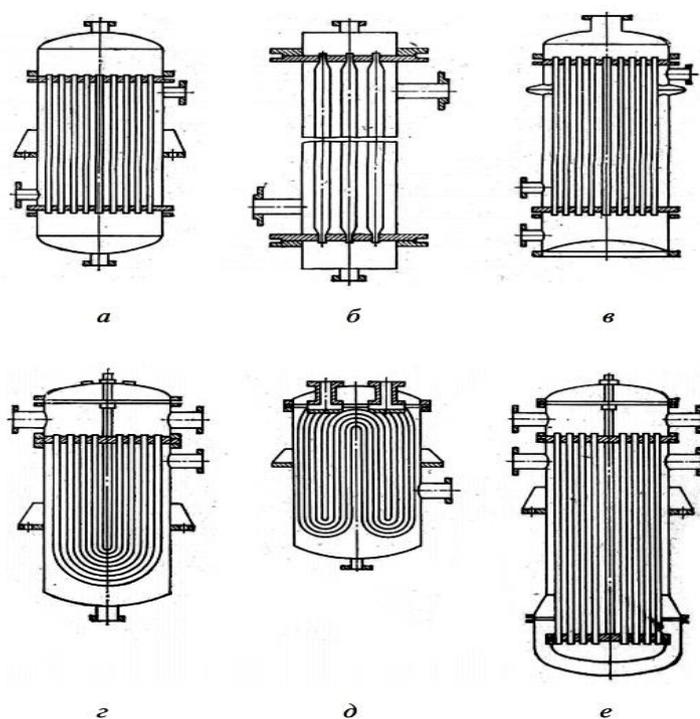


Рис. 1. Кожухотрубчатые рекуперативные теплообменные аппараты: а, б — с жестким креплением труб в трубных решетках; в — с линзовыми компенсатором; г, д — с U- и W-образными трубками; е — с нижней плавающей распределительной камерой

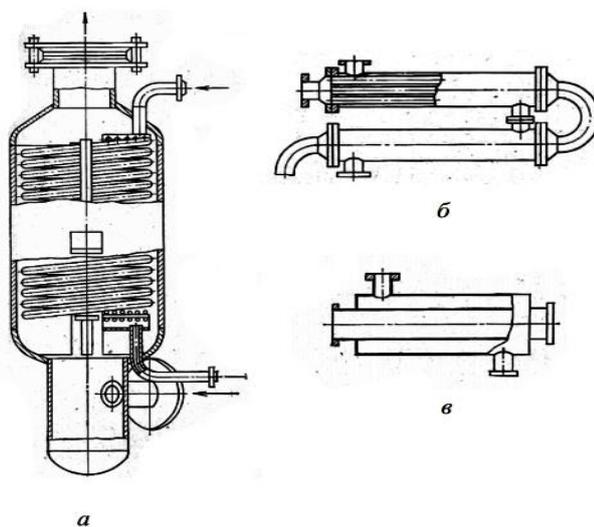


Рис. 2. Змеевиковые и секционные рекуперативные теплообменные аппараты: а — с витой трубчатой поверхностью нагрева (змеевиковый); б — секционный; в — «труба в трубе»

**Секционные** теплообменники (рис. 2, б) характеризуются меньшим, чем в кожухотрубчатых аппаратах, различием скоростей в межтрубном пространстве и в трубах при равных расходах теплоносителей. Из них удобно подбирать необходимую площадь поверхности нагрева и изменять ее в случае необходимости. В случае малых тепловых мощностей секции выполняют по типу теплообменников «труба в трубе», у которых в наружную трубу вставлена единственная внутренняя труба меньшего диаметра (рис. 2, в).

**Спиральные** теплообменники — аппараты, в которых каналы для теплоносителей образованы двумя свернутыми в спирали на специальном станке листами (рис. 3).

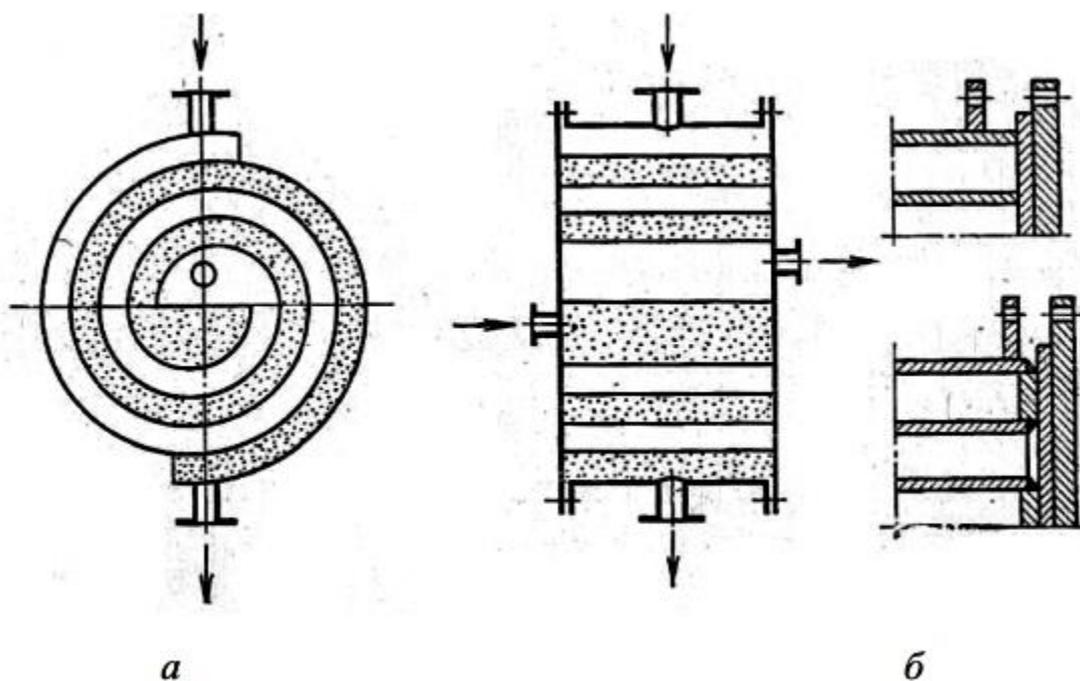


Рис. 3. Спиральный теплообменник: а — принципиальная схема спирального теплообменника; б — способы соединения спиралей с торцевыми крышками

**Пластинчатые** теплообменники (рис. 4, а, б) имеют щелевидные каналы, образованные параллельными пластинками. В простейшем случае пластины могут быть плоскими. Для интенсификации теплообмена и повышения компактности пластинам при изготовлении придают различные профили (рис. 4, в, г), а между плоскими пластинами помещают профилированные вставки.

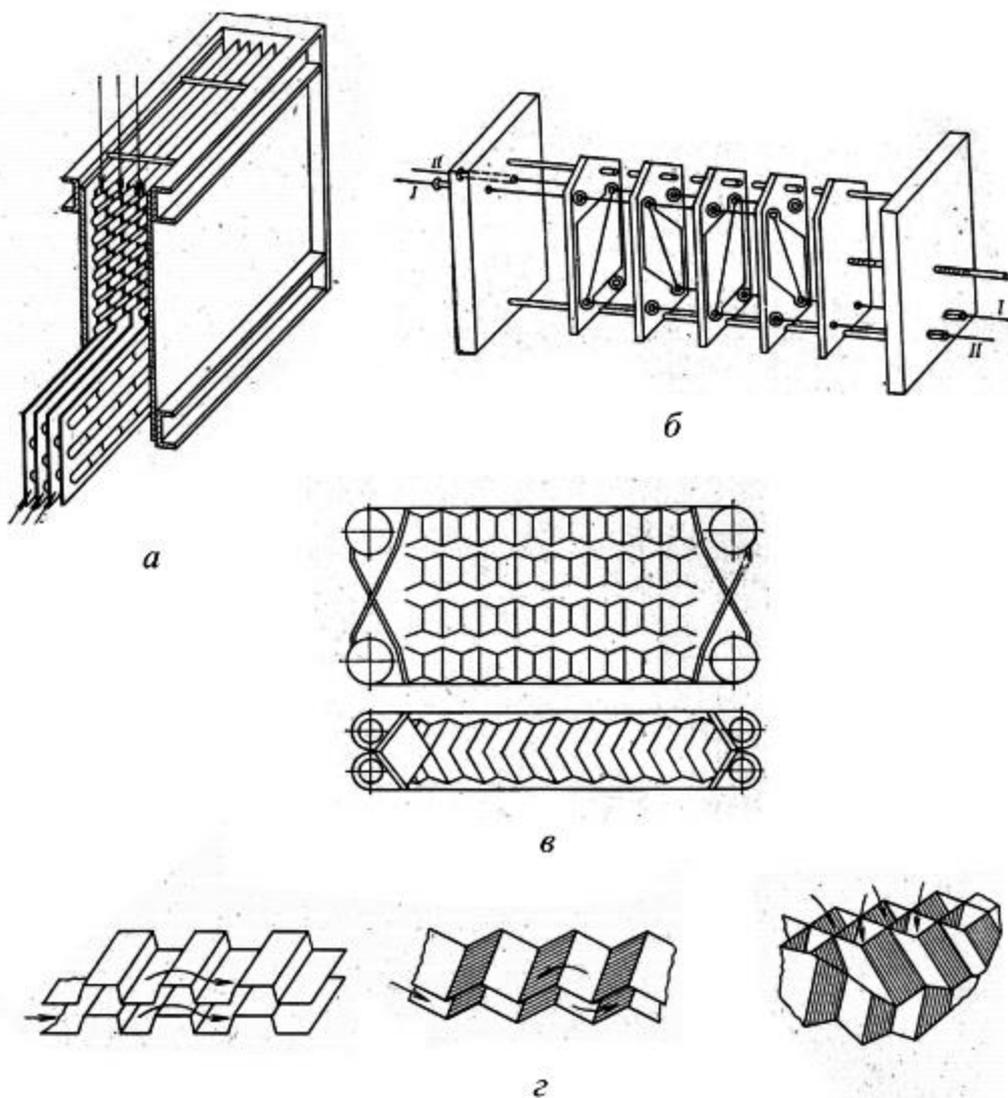


Рис. 4. Пластинчатые теплообменники: а — пластинчатый воздухоподогреватель; б — разборный пластинчатый теплообменник для тепловой обработки жидких сред; в — гофрированные пластины; г — профили каналов между пластинами; I, II — вход и выход теплоносителя

Теплообменники делают:

- а) разборными;
- б) неразборными.

В разборных аппаратах герметизацию каналов обеспечивают с помощью прокладок на основе синтетических каучуков. Их целесообразно применять при необходимости чистки поверхностей с обеих сторон. Пластинчатые теплообменные аппараты применяют для охлаждения и нагрева жидкостей, конденсации чистых паров и паров из парогазовых смесей, а также в качестве греющих камер выпарных аппаратов.

**Ребристые** теплообменники (рис. 5) применяются в тех случаях, когда коэффициент теплоотдачи для одного из теплоносителей значительно ниже, чем для второго. Поверхность теплообмена со стороны теплоносителя с низким коэффициентом теплоотдачи увеличивают по сравнению с поверхностью теплообмена со стороны другого теплоносителя.

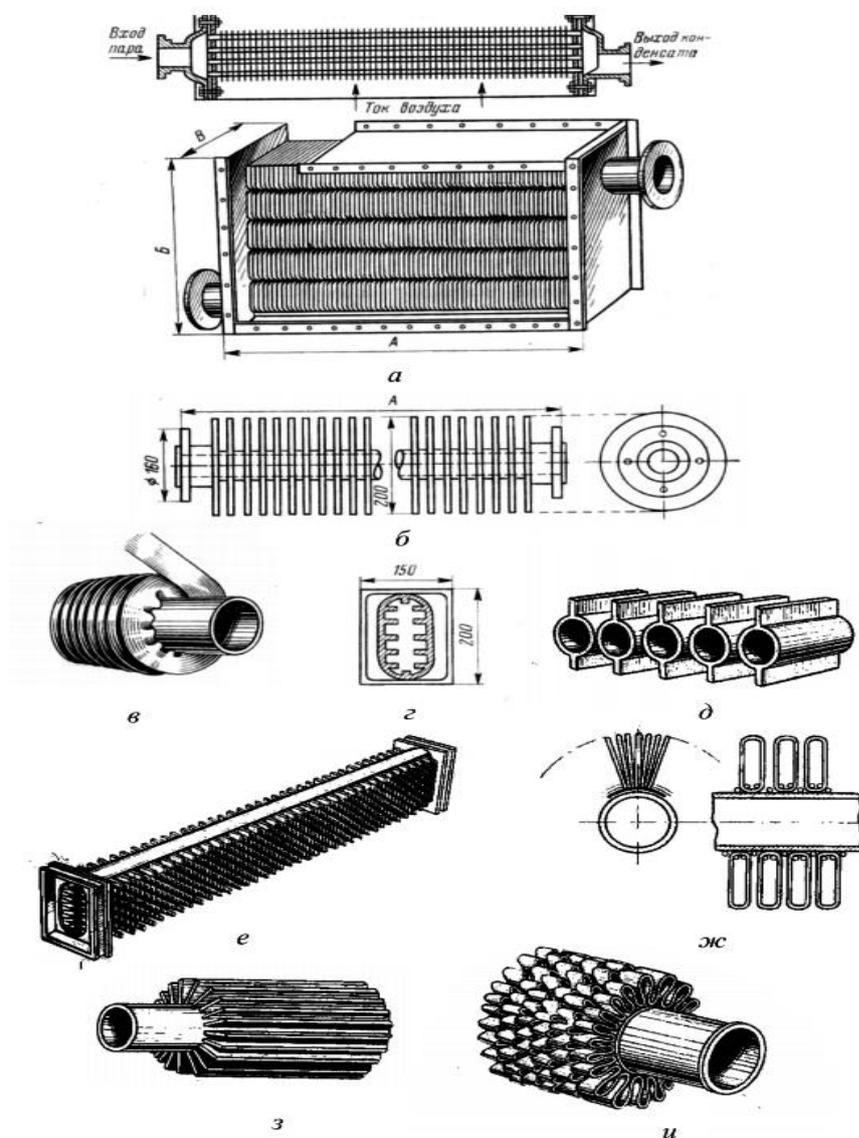


Рис. 5. Типы ребристых теплообменников: а — пластинчатый; б — чугунная трубка с круглыми ребрами; в — трубка со спиральным оребрением; г — чугунная трубка с внутренним оребрением; д — плавниковое оребрение трубок; е — чугунная трубка с двухсторонним игольчатым оребрением; ж —

проволочное (биспиральное) оребрение трубок; з — продольное оребрение трубок; и — многорребристая трубка

## Регенеративные теплообменные аппараты

Регенеративным теплообменным аппаратом называют устройство, в котором передача теплоты от одного теплоносителя к другому происходит с помощью теплоаккумулирующей массы, называемой насадкой. Насадка периодически омывается потоками горячего и холодного теплоносителей. В течение периода нагревания насадки через аппарат пропускают горячий теплоноситель, при этом отдаваемая им теплота расходуется на нагревание насадки. В течение периода охлаждения насадки через аппарат пропускают холодный теплоноситель, который нагревается за счет теплоты, аккумулированной насадкой. Периоды нагревания и охлаждения насадки продолжаются от нескольких минут до нескольких часов.

Для осуществления непрерывного процесса теплопередачи от одного теплоносителя к другому необходимы два регенератора: в то время, когда в одном из них происходит охлаждение горячего теплоносителя, в другом нагревается холодный теплоноситель. Затем аппараты переключаются, после чего в каждом из них процесс теплопередачи протекает в обратном направлении. Схема соединения и переключения пары регенераторов приведена на рис. 6.

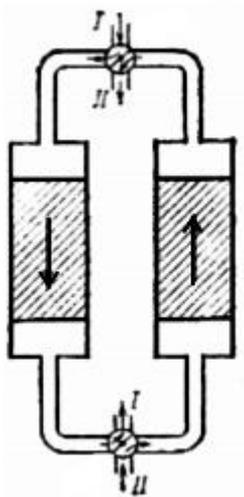


Рис. 6. Схема регенератора с неподвижной насадкой: I — холодный теплоноситель, II — горячий теплоноситель

Переключение производится поворотом клапанов (шиберов) 1 и 2. Направление движения теплоносителей показано стрелками. Обычно переключение регенераторов производится автоматически через определенные промежутки времени.

## Смесительные теплообменные аппараты

В тепломассообменных аппаратах и установках контактного (смесительного) типа процессы тепло- и массообмена протекают при непосредственном соприкосновении двух и более теплоносителей.

Тепловая производительность контактных аппаратов определяется поверхностью соприкосновения теплоносителей. Поэтому в конструкции аппарата предусматривается разделение потока жидкости на мелкие капли, струи, пленки, а газового потока — на мелкие пузырьки.

Контактные теплообменники нашли широкое применение для конденсации паров, охлаждения газов водой, нагревания воды газами, охлаждения воды воздухом, мокрой очистки газов и т. п.

### Вариант 1

1. Аппарат, в котором передача теплоты от одного теплоносителя к другому происходит, с помощью теплоаккумулирующей насадки называется
А) рекуперативным    Б) контактным    В) регенеративным Г) барботажным    Д) смесительным
2. Вещество, отдающее теплоту другому веществу, называется
А) теплоносителем    Б) теплопроводчиком    В) температуропроводчиком Г) теплопроводчиком    Д) теплоносителем
3. В межтрубном пространстве кожухотрубчатых теплообменных аппаратов устанавливают перегородки
А) для задержания теплоносителя внутри аппарата Б) для компенсации температурных удлинений В) для контроля за расходом теплоносителя Г) для удобства эксплуатации Д) с целью увеличения скорости теплоносителя
4. Инженерные конструкции, которые обладают рабочим объемом и оснащены энергетическими и контрольно-измерительными средствами управления и мониторинга техпроцессом, называются
А) аппаратами;    Б) машинами;    В) транспортными средствами.
5. Регенерационные теплообменники, рекуператоры относятся к оборудованию, обеспечивающему
А) химические процессы;    Б) механические процессы;    В) тепловые процессы

## Вариант 2

1. Насадка создает
А) Увеличенную поверхность для контакта фаз; Б) Молекулярную диффузию; В) Спокойное течение жидкости; Г) Режим подвисяния.
2. Инженерные конструкции, в которых протекание технологического процесса сопряжено с вводом в рабочий объем механической энергии посредством рабочих органов оборудования, называются
А) машинами; Б) транспортными средствами; В) аппаратами.
3. В кожухотрубчатых теплообменных аппаратах трубки чаще всего выполняются прямыми
А) для задержания теплоносителя внутри аппарата Б) для получения большой поверхности нагрева в небольшом объеме В) для увеличения скорости теплоносителя Г) для удобства чистки и замены Д) для компенсации температурных удлинений
4. Аппарат, в котором тепло от горячего теплоносителя к холодному передается через разделяющую их стенку, называется
А) рекуперативным Б) контактным В) регенеративным Г) барботажным Д) смесительным
5. Химические реакторы относятся к оборудованию, обеспечивающему
А) тепловые процессы; Б) механические процессы; В) химические процессы