

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**Баннх О.П.
Оборудование для нефтехимических
производств
Учебное пособие**

Часть I

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2014

Баннх О.П. Оборудование для нефтехимических производств. Часть I
Учебное пособие– СПб: Университет ИТМО, 2014. – 40 с.

Пособие адресовано для магистров, обучающихся по направлениям 223200 «Техническая физика», 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и содержит сведения об основных конструкциях массообменных колонн и теплообменного оборудования современного нефтеперерабатывающего производства. В пособии описаны режимы работы отдельных аппаратов и области их применения.

Рекомендовано к печати Ученым советом инженерно-физического факультета, протокол № 12 от 09.12.2014.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2014

© Баннх О.П., 2014

Оглавление

Введение	4
1. Конструкции массообменных устройств колонных аппаратов	4
1.1 Конструкции тарелок	4
1.2 Типы насадок	8
1.3 Гидродинамические режимы работы насадочных колонн	11
1.4 Конструкции колонных аппаратов	12
1.5 Колонные экстракторы	13
2. Технологические печи	16
3. Основные конструкции теплообменных аппаратов.....	21
3.1 Классификация теплообменных аппаратов.....	21
3.2 Аппараты с трубчатой поверхностью теплообмена	21
3.2.1 Кожухотрубчатые теплообменники	21
3.2.2 Теплообменники «Труба в трубе»	26
3.3 Аппараты с плоской поверхностью теплообмена.....	27
3.3.1 Пластинчатые теплообменники	27
3.3.2 Спиральный теплообменник	29
Литература	31
ПРИЛОЖЕНИЕ	32
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....	36

Введение

Технологическое оборудование современного нефтеперерабатывающего производства представляет собой комплекс аппаратов, машин и вспомогательных устройств различного назначения. В зависимости от проводимых процессов выделяют массообменные аппараты, теплообменники, технологические печи, химические реакторы. К вспомогательному оборудованию относятся: трубопроводы, насосы, тягодутьевые машины, ёмкости для хранения сырья, продуктов. В данном учебном пособии представлены конструкции основных из перечисленных устройств.

1. Конструкции массообменных устройств колонных аппаратов

Для обеспечения поверхности контакта фаз в процессах ректификации, абсорбции и экстракции применяются колонные аппараты с внутренними контактными устройствами.

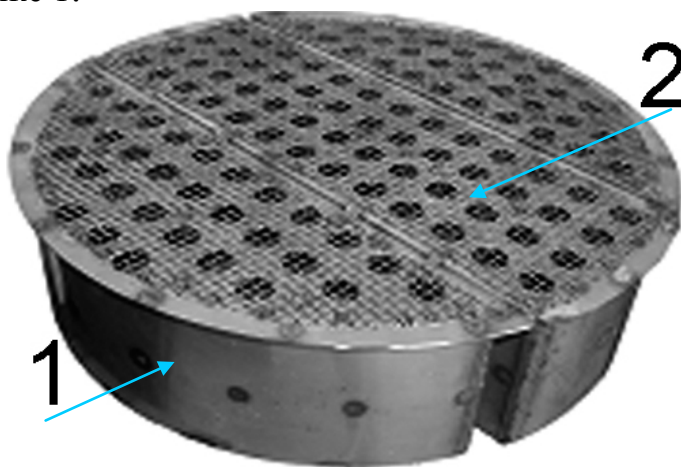
В данных методических указаниях в краткой форме представлен обзор основных конструкций массообменных устройств.

По типу внутренних контактных устройств различают тарельчатые и насадочные колонны. В тарельчатых аппаратах контакт между жидкой и газовой фазами происходит при прохождении газа через слой жидкости на тарелке. В насадочных колоннах контакт между фазами осуществляется на поверхности инертных тел – насадок. Области применения контактных устройств определяются свойствами веществ, участвующих в массообменном процессе, давлением в колонне, нагрузками по фазам и т.п.

1.1 Конструкции тарелок

По способу перемещения жидкости по колонне различают провальные тарелки и тарелки с переливными устройствами [1].

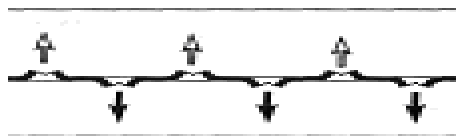
Распространённый вариант провальной тарелки – решетчатая тарелка представлен на рисунке 1.



1 – корпус тарелки, 2 – решетка;

Рисунок 1 - Решетчатая тарелка

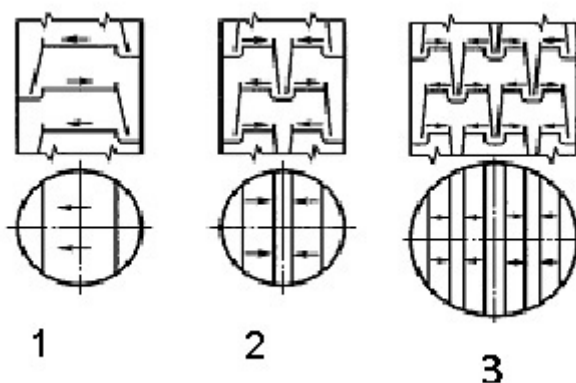
Контакт между жидкой и паровой фазой на решетчатой тарелке происходит в режиме противотока. Направления потоков показаны на рисунке 2.



⇨ направление движения пара, —→ направление движения жидкости;

Рисунок 2 - Направление потоков пара и жидкости на решетчатой тарелке

На тарелках с переливными устройствами жидкость перетекает с тарелки на тарелку по специальным каналам и контактирует с паром только на тарелке [1]. Переток жидкости может осуществляться одним, двумя или четырьмя потоками (рисунок 3).



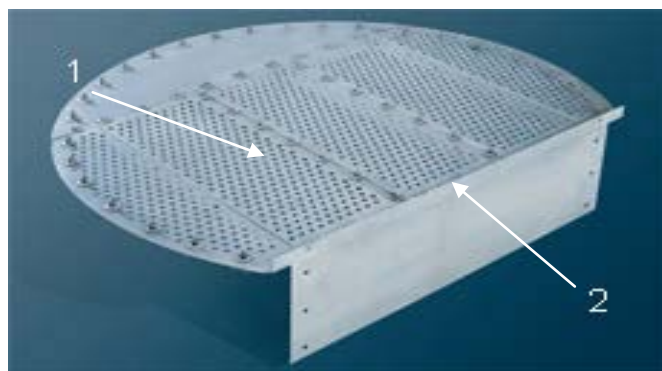
Направление движения жидкости на тарелке с переливом 1 - однопоточная тарелка, 2 - двухпоточная тарелка, 3 - четырехпоточная тарелка;

Рисунок 3 - Направление потоков пара и жидкости на тарелках с переливными устройства

Контакт между жидкой и паровой фазой на тарелке с переливом происходит в режиме перекрёстного тока.

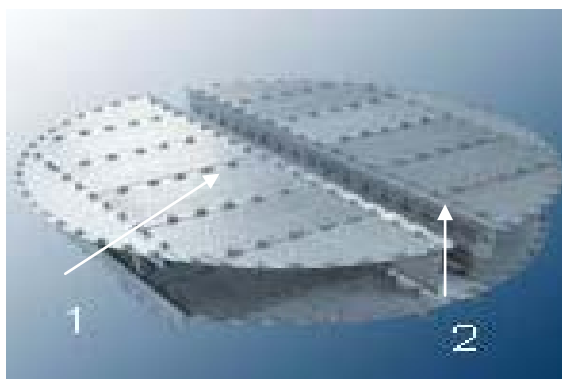
В настоящее время в промышленности применяется различные конструкции тарелок с переливом. Наиболее распространённые варианты: ситчатые тарелки, колпачковые и клапанные тарелки.

Конструкция однопоточной ситчатой тарелки изображена на рисунке 4, двухпоточной на рисунке 5. Пар поступает на тарелку через паровые отверстия 1, жидкость переливается через переливную планку 2. Скорость пара подбирается таким образом, чтобы жидкость не сливалась в паровые отверстия.



1 – перфорированный лист, 2 – переливная планка;

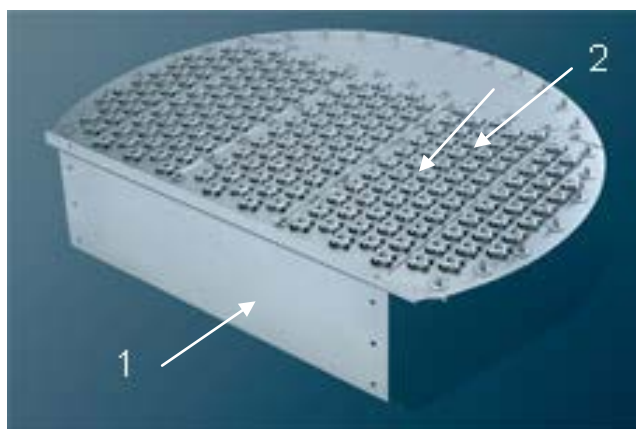
Рисунок 4 - Однопоточная ситчатая тарелка



1 – перфорированные листы, 2 – переливные планки;

Рисунок 5 - Двухпоточная ситчатая тарелка

Для предотвращения попадания жидкости в паровые отверстия применяют клапанные тарелки – рисунок 6. Пар попадает в слой жидкости, приподнимая клапан. На рисунке 7 показаны конструкции клапанов.



1 – переливная планка, 2 – тарелка с клапанами;

Рисунок 6 - Однопоточная клапанная тарелка

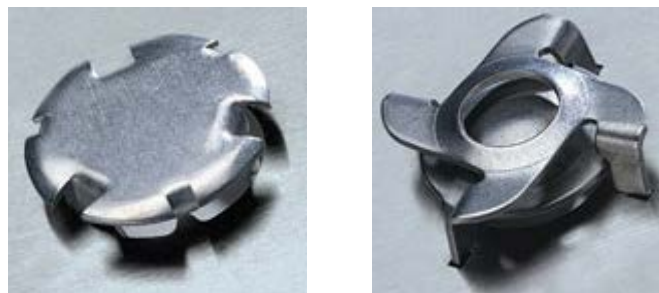
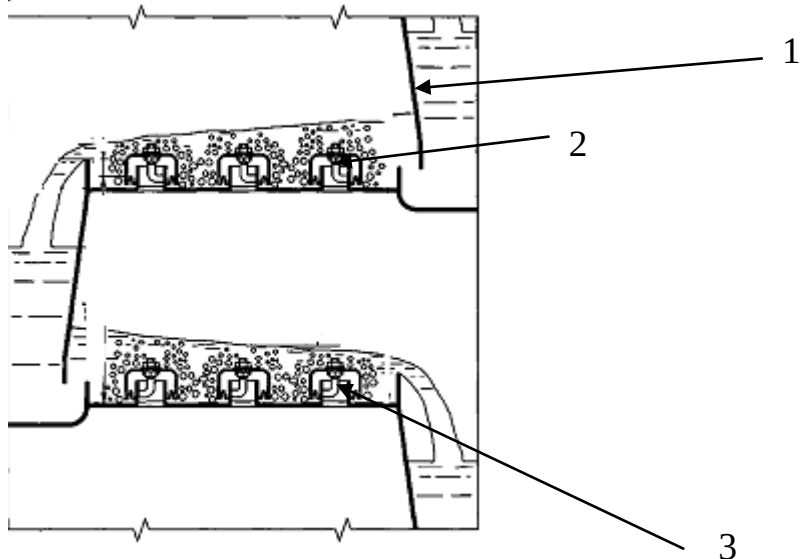


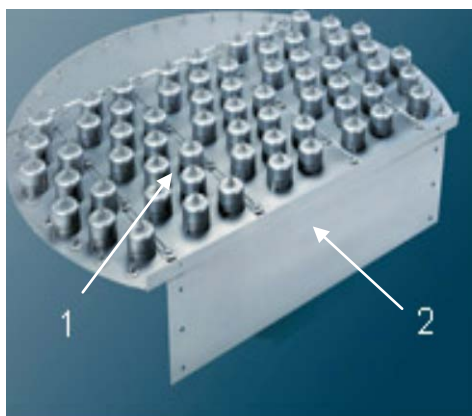
Рисунок 7 - Варианты исполнения клапанов

Конструкция тарелки с колпачками для диспергирования пара в толще жидкости изображена на рисунках 8 и 9.



1 – переливные планки, 2 – пузырьки пара, 3 – колпачки;

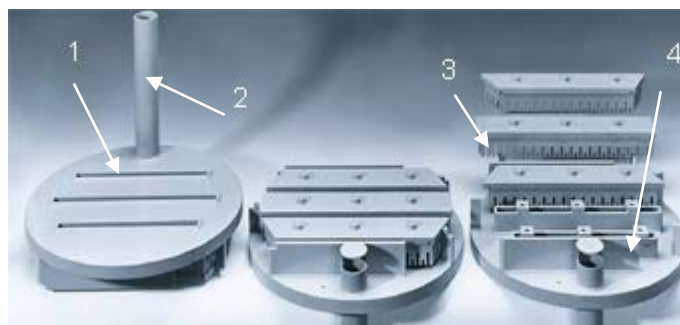
Рисунок 8 - Направления потоков пара и жидкости на колпачковой тарелке



1 – колпачки, 2 – переливная планка;

Рисунок 9 – Тарелка с круглыми колпачками

Колпачки могут иметь различную форму: квадратные, овальные и др. На рисунке 10 показана тарелка с туннельными колпачками и переливным устройством в виде переливной трубки (стакана).



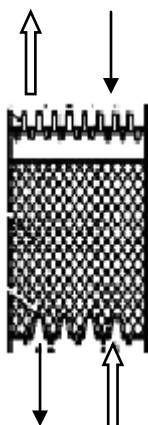
1 – вид на тарелку снизу, 2 – переливной стакан, 3 – колпачки, 4 –паровой патрубок.;

Рисунок 10 - Тарелка с туннельными колпачками

Материалом для изготовления тарелок, как правило, служит, подходящий по коррозионной стойкости, сорт конструкционной стали, однако в некоторых процессах, например абсорбции или экстракции можно применять тарелки из полимерных материалов.

1.2 Типы насадок

Насадка – инертные тела, помещаемые в массообменную колонну для создания развитой поверхности контакта фаз, бывает двух видов: насыпная (нерегулярная) и регулярная [1,2]. Направление движения потоков пара и жидкости в насыпной насадке и в некоторых видах регулярной это противоток (рисунок 11).



⇨ направление движения пара, → направление движения жидкости

Рисунок 11 – Направление потоков пара и жидкости в насадочной колонне

В противоточных насадочных колоннах насадка занимает всё поперечное сечение колонны, а пар и жидкость движутся навстречу друг другу.

Регулярная насадка изготавливается, в основном, из плетённой и вязанной металлической сетки, просечно-вытяжных листов [2], пластин и т. д. Примеры регулярных насадок приведены на рисунках 12 и 13.

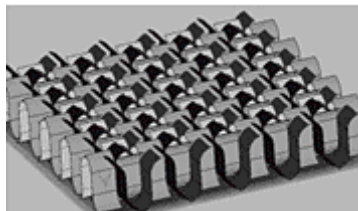


Рисунок 12 – Пакетная вихревая насадка

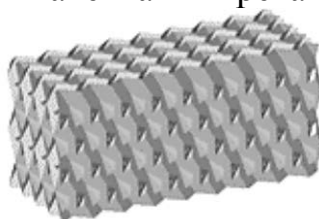
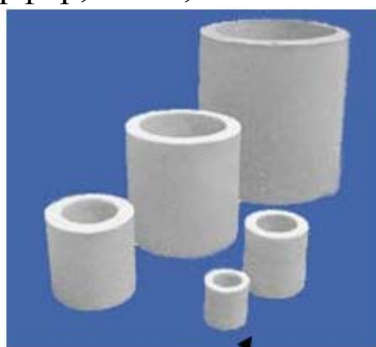
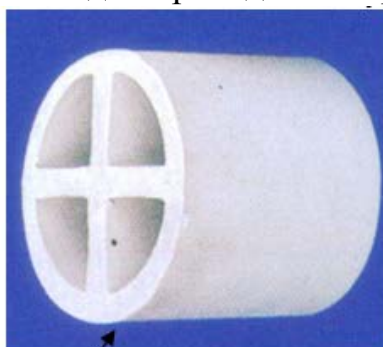


Рисунок 13 – Пластинчатая регулярная насадка

Материалом для насыпных насадочных тел чаще всего служит керамика, фарфор, сталь, пластик. Виды насадок приведены на рисунках 14 и 15.



1



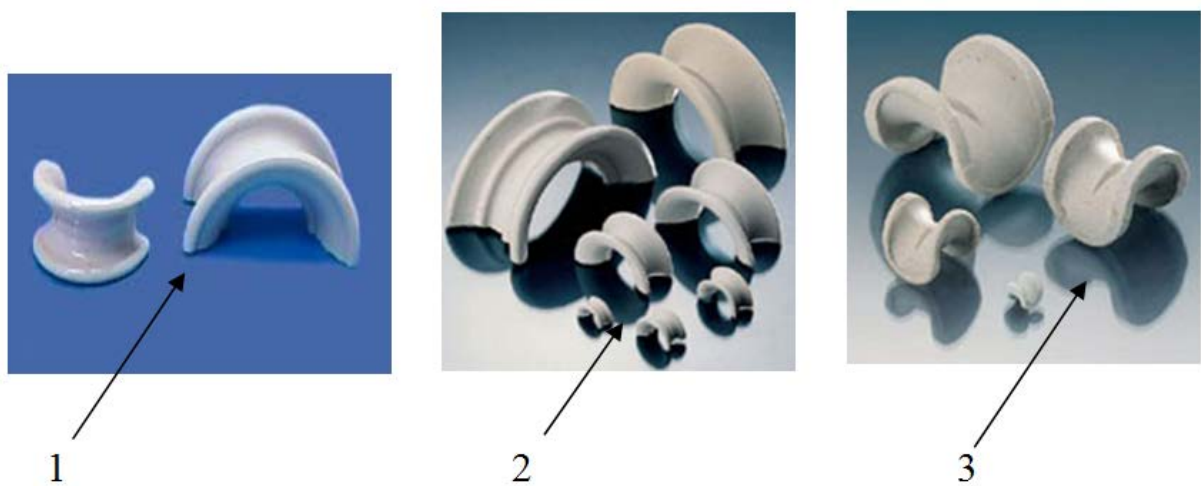
2



3

1 – кольца Рашига, 2 – кольцо Рашига с перегородками, 3 – кольца Палля.

Рисунок 14 – Кольца



1 – седла Инталокс, 2 – седла Инталкер, 3 – Седла Берля

Рисунок 15 – Седла

Насыпную насадку помещают на опорных решетках, которые обеспечивают равномерное распределение жидкости и газа. Конструкции опорно-распределительных решеток показаны на рисунке 16.

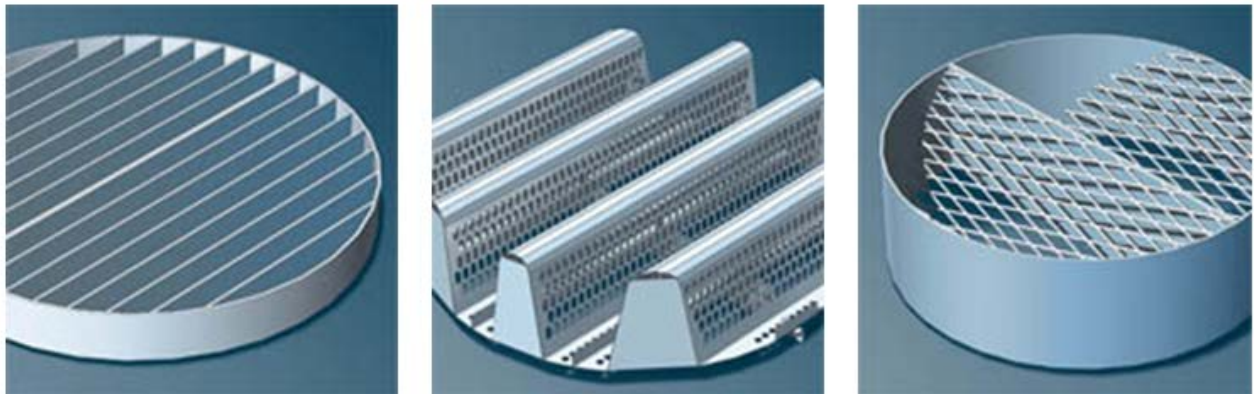
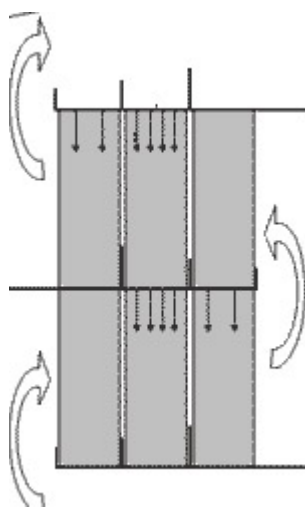


Рисунок 16 – Опорно-распределительные решетки

В колонне с насыпной насадкой, насадочные тела занимают всё сечение колонны, в аппарате с перекрестно-точной насадкой контактные элементы размещаются отдельными блоками (рисунок 17), жидкость стекает сверху вниз, а газ движется в горизонтальном направлении. Направления потоков в перекрестно-точной насадке изображены на рисунке 18. Колонны с такой насадкой устойчиво работают в более широком диапазоне соотношений расходов фаз, чем противоточные [2].



Рисунок 17 – Перекрестно-точная насадка фирмы Петон



⇨ направление движения пара, → направление движения жидкости;

Рисунок 18 – Направление потоков в колонне с перекрестно-точной насадкой

1.3 Гидродинамические режимы работы насадочных колонн

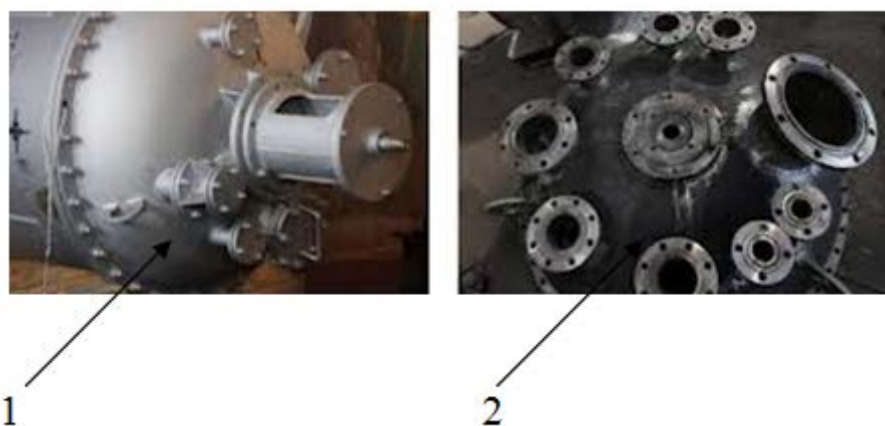
В насадочных колоннах с насыпной насадкой возможны следующие гидродинамические режимы работы [1]. При небольших скоростях газа жидкость стекает по насадке сплошной пленкой, газовая фаза занимает весь свободный объём колонны, реализуется так называемый плёночный режим. При увеличении скорости газового потока происходит торможение плёнки жидкости, её утолщение и турбулизация, такой режим называют режимом подвисяния. При дальнейшем увеличении скорости газа жидкость накапливается в свободном объёме между насадкой, образуется газожидкостная эмульсия – реализуется режим эмульгирования. Этому режиму соответствует наибольшая интенсивность массопередачи, однако он неустойчив и на практике насадочные колонны работают в плёночном режиме и в режиме подвисяния.

1.4 Конструкции колонных аппаратов

Колонные аппараты, как правило, состоят из вертикально цилиндрического корпуса и сферической или эллиптической крышки и днища (рисунок 19). На корпусах колонн, а также в крышке и днище предусматриваются штуцера для ввода исходных веществ и вывода продуктов (рисунок 19 и 20). Например в ректификационной колонне необходимо предусмотреть штуцера для ввода питания, флегмы, пара из кипятильника, вывода пара из верхней части колонны и вывода кубовой жидкости и нижнего продукта, также должны быть штуцера для измерительных приборов, отбора проб и др. [3].



Рисунок 19 – Колонный массообменный аппарат с цельносварным корпусом в сборе



1 – крышка колонны, 2 – днище колонны

Рисунок 20 – Крышка и днище ректификационной колонны с штуцерами

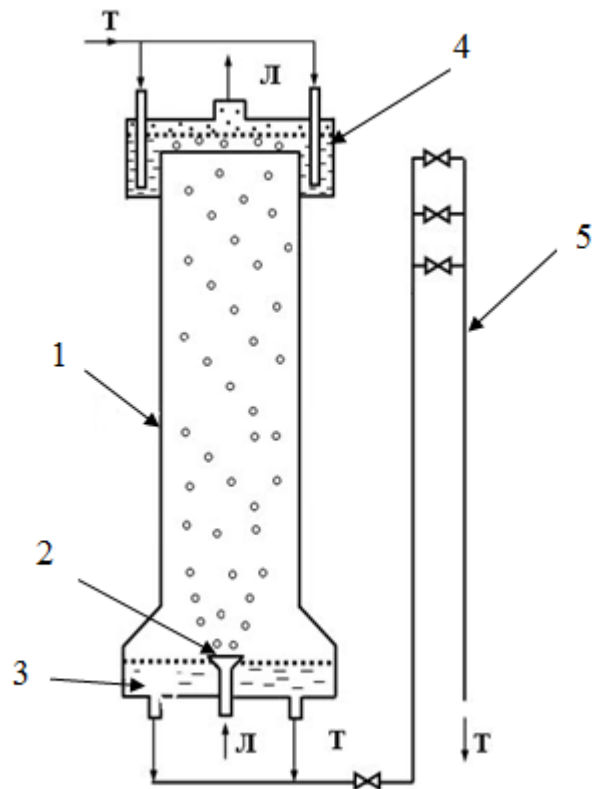
Корпуса колонн работающих при давлениях более 1.6 МПа, и (или) имеющих диаметр более 1200 мм выполняются цельносварными. Аппараты диаметром 400 – 1200 мм при небольших давлениях изготавливаются в царговом исполнении, если давление в них менее 1.6 МПа. Цельносварные аппараты снабжаются разборными тарелками, состоящими из отдельных секций, в царговых колоннах тарелки не разборные [3]. На рисунке 21 показан монтаж отдельных секций колонны большого диаметра.



Рисунок 21 – Сборка колонны из отдельных секций

1.5 Колонные экстракторы

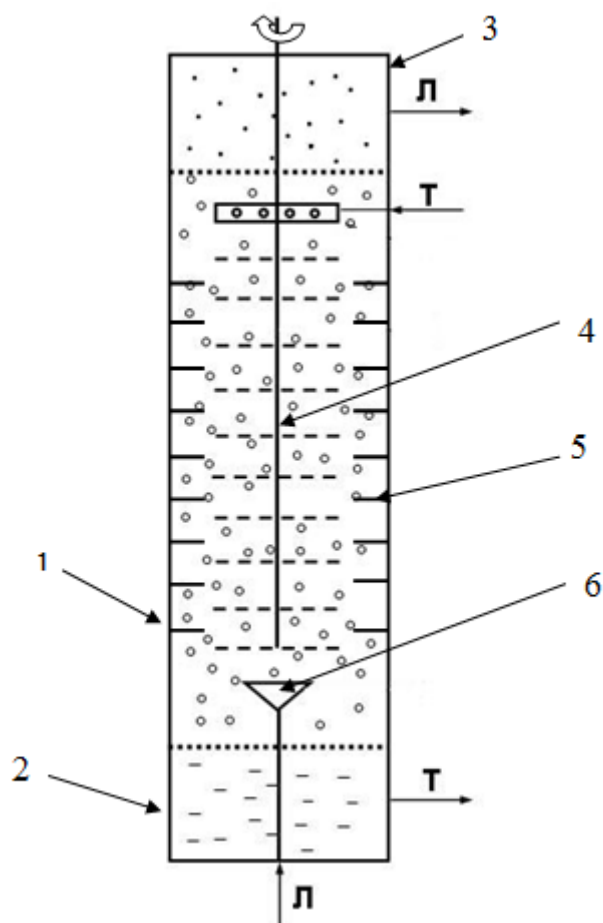
Процессы жидкостной экстракции – разделения жидких растворов специально подобранными растворителями проводятся как в тарельчатых и насадочных колоннах описанного типа, так и в аппаратах специфических конструкций с устройствами для перемешивания двух жидкостей [1]. На рисунке 22 представлен полый гравитационный экстрактор 1, в котором легкая жидкость диспергируется распределителем 2. Относительная скорость движения фаз определяется разностью плотностей жидкостей.



1 – корпус, 2 – распределитель, 3 – отстойная зона для выведения тяжелой жидкости, 4 – отстойная зона для выведения легкой жидкости, 5 – гидрозатвор,
Т – поток тяжелой жидкости, Л – поток легкой жидкости

Рисунок 22 – Полный гравитационный экстрактор

Более интенсивное перемешивание жидкостей достигается в роторно-дисковом экстракторе (рисунок 23)

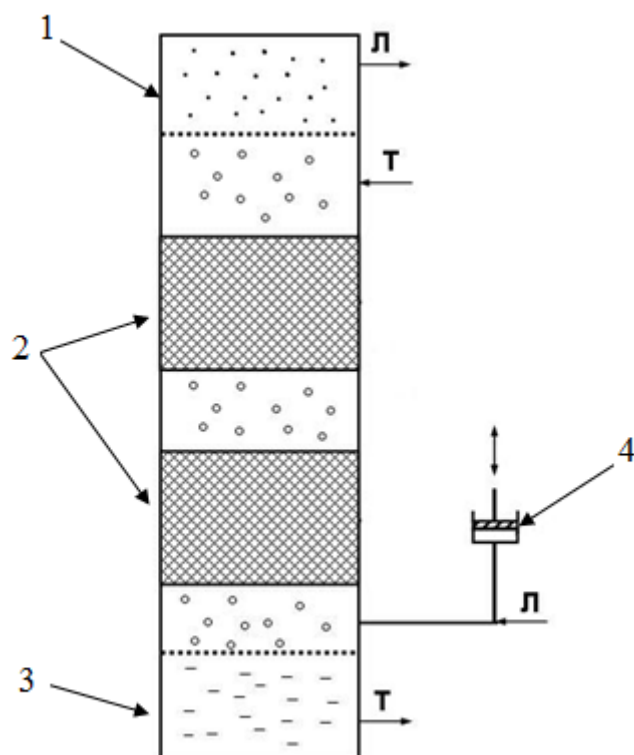


1 – корпус, 2 – отстойная зона для вывода тяжелой жидкости, 3 – отстойная зона для вывода легкой жидкости, 4 – ротор с дисками, 5 – неподвижные кольцевые перегородки, 6 – распределитель, Т – поток тяжелой жидкости, Л – поток легкой жидкости

Рисунок 23 – Роторно-дисковый экстрактор

В экстракторе этого типа на равном расстоянии друг от друга установлены неподвижные кольца 5, делящие пространство колонны на секции, внутри каждой секции вращается диск, закрепленный на роторе 4, жидкость совершает сложное движение, дробится на мелкие капли, что способствует улучшения массоотдачи.

Другим способом перемешивания является пульсационная подача одной из фаз, рисунок 24. Поршнем 4 создается пульсация легкой фазы в насадке 2.



1 – отстойная зона для выведения легкой жидкости, 2 – , 3 – отстойная зона для выведения тяжелой жидкости, 4 – поршень пульсатора, Т – поток тяжелой жидкости, Л – поток легкой жидкости

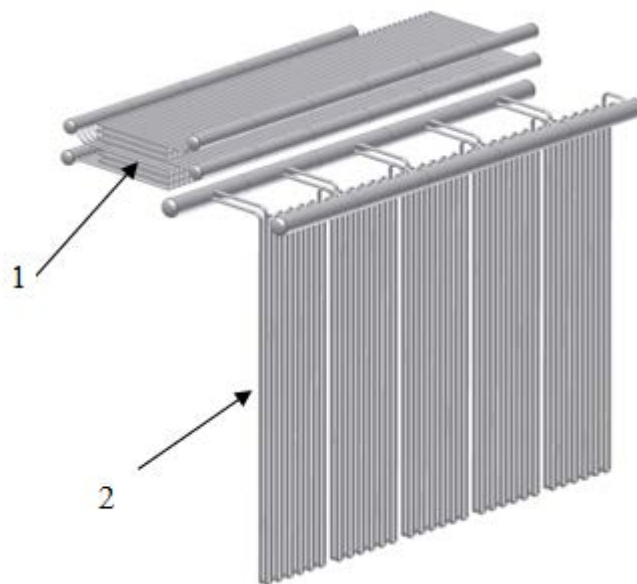
Рисунок 24 – Пульсационный экстрактор

2. Технологические печи

Трубчатые печи используются в нефтехимической промышленности для высокотемпературного нагрева углеводородного сырья, для проведения процессов пиролиза, крекинга и других термохимических процессов. В настоящее время существует большое многообразие конструкций печей, но основными элементами большинства из них являются рабочая камера, трубчатый змеевик, огнеупорная футеровка, оборудование для сжигания топлива (горелки), дымоход и дымовая труба.

Нагревание углеводородов в печи происходит следующим образом: газ или мазут сжигают в горелках радиационной (радиантной) камеры, поступают в камеру конвекционного нагрева, далее в дымоход и в дымовую трубу. Жидкие углеводороды подаются в змеевик конвективной камеры, затем в трубы экранов камеры радиации и выходят из печи нагретые до заданной температуры [2]. Теплообмен в радиационной секции (камере) печи осуществляется преимущественно излучением, температура продуктов сгорания выходящих из радиационной камеры как правило 700 - 900°C, и их тепло используется для подогрева жидкости в конвекционной камере, 60 – 80% тепла передается в радиационной камере.

Трубчатые змеевики (рисунки 25 и 26) изготавливаются из горячекатаных бесшовных печных труб из жаропрочных коррозионностойких сталей. Соединяются трубы в змеевики ретурбендами развальцовкой труб в гнёздах (ретурбенды – литые или кованые короба) или калачами на сварке [2].



1 – горизонтальный змеевик, 2 – вертикальный змеевик;

Рисунок 25 – Расположение змеевиков в печи



Рисунок 26 – Сварной змеевик

В качестве устройств для сжигания топлива в технологических печах чаще всего применяются комбинированные газомазутные горелки с объёмным (рисунок 27) или объёмно-настильным пламенем и газовые беспламенные панельные горелки.

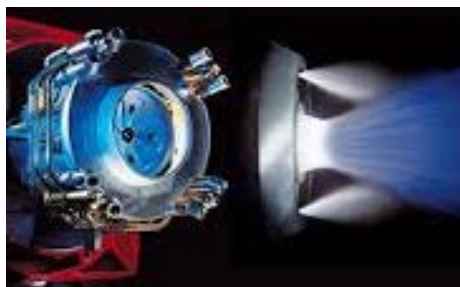
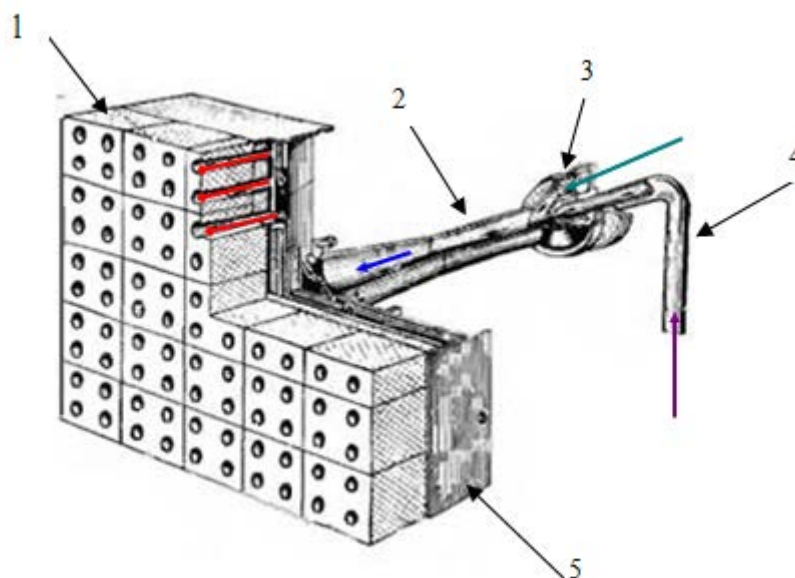


Рисунок 27 – Объёмный факел газомазутной горелки

В комбинированных горелках для распыления жидкого топлива применяется водяной пар или подогретый воздух, некоторые типы газомазутных устройств могут работать на обоих видах топлива одновременно. Такие горелки состоят обычно из трех основных узлов: жидкостного (для распыления мазута водяным паром или подогретым воздухом), газового (подачи газового топлива) и воздушного (для подачи воздуха).

Беспламенные панельные горелки обеспечивают равномерный нагрев и лучеиспускание на большой площади, что позволяет уменьшить размер печей и облегчает управление температурой в них [2]. На рисунке 28 показан принцип работы беспламенной горелки: газ подается по трубе 4 в сопло 3, где струя газа подсасывает необходимое количество воздуха, горючая смесь через инжектор 2 поступает в распределительную камеру 5, а оттуда в туннели керамических призм 1, где и происходит сгорание топлива.



1 керамические призмы, 2 – инжектор, 3 – сопло, 4 – труба,
5 – распределительная камера

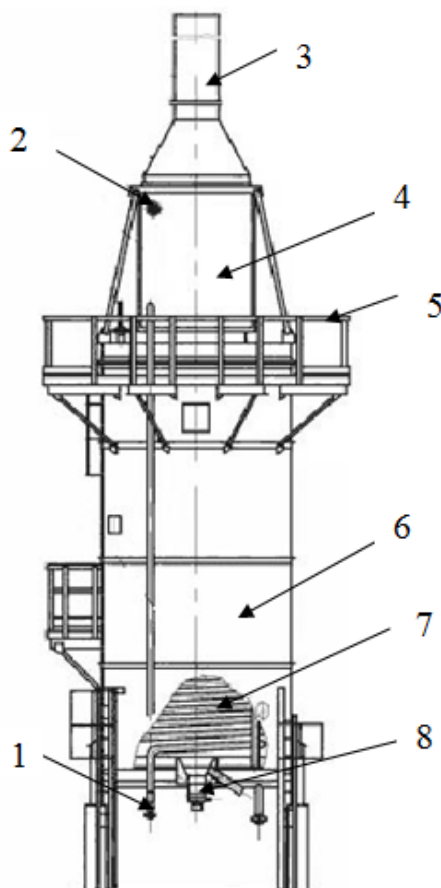
Рисунок 28 – Беспламенная панельная горелка

Огнеупорная футеровка современных печей имеет блочную конструкцию, блоки изготовлены из огнеупорного кирпича различной формы и размера. Отдельные блоки собраны на металлических балках крепящихся к каркасу печи.

Дымовые трубы и дымоходы обеспечивают необходимую для работы печи тягу. В зависимости от производительности печи трубы изготавливаются: кирпичными (рабочая температура до 800°C высота до 150 м), железобетонными (рабочая температура до 500°C высота до 200 м), металлические футерованные (рабочая температура до 800°C высота до 60 м).

В настоящее время на действующих нефтеперерабатывающих предприятиях эксплуатируются печи различных конструкций: шатровые, с боковым отводом дымовых газов, узкокамерные, с верхним отводом дымовых газов, многокамерные, цилиндрические.

На рисунках 29 и 30 представлена схема и внешний вид узкокамерной печи (тип ГС) с горелками вертикально-факельного типа, применяемой на установках АВТ [2]. Горелки 8 объёмно-факельного типа размещены в поду радиантной камеры 6, при этом образуется стена вертикальных факелов обогревающих змеевики 7 размещенные горизонтально у стен топки.



1 – вывод сырья, 2 – ввод сырья, 3 – дымовая труба, 4 – конвективная камера, 5 – площадка для обслуживания печи, 6 – радиантная камера, змеевик, 8 – горелка

Рисунок 29 – Схема узкокамерной печи типа ГС.

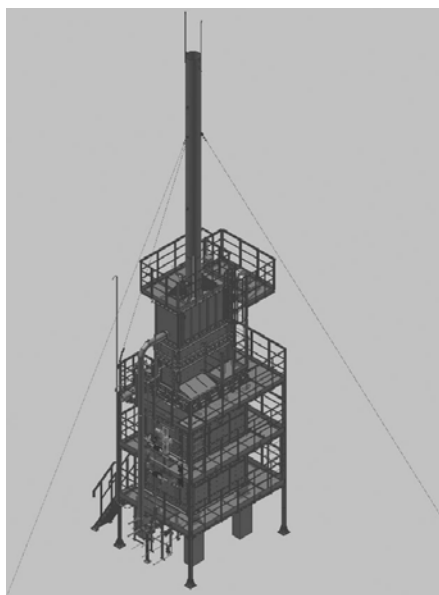
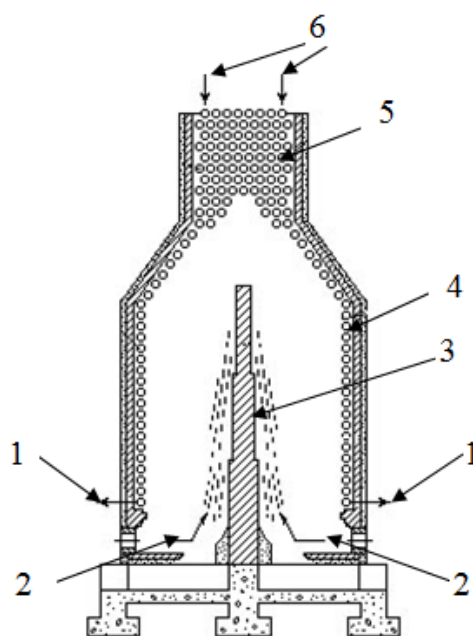


Рисунок 30 – Внешний вид узкокамерной печи типа ГС.

На рисунке 31 представлена схема узкокамерной печи типа ГН, в печах этого типа горелки 2 расположены под углом 45° . Настильная стена 3 делит радиантную камеру на две части, факел горелки направлен на эту стену и стелется по ней, что способствует равномерному излучению тепла на змеевики радиантной камеры 4, расположенные на стенах и своде. Печи этого типа используются при крекинге углеводородов, для нагрева продуктов с высокой точкой застывания.



1 – вывод сырья, 2 – горелка, 3 –настильная стенка, 4 – змеевики радиантной камеры, 5 –змеевики конвективной камеры, 6 – ввод сырья

Рисунок 31 – Схема узкокамерной печи типа ГН.

3. Основные конструкции теплообменных аппаратов

Теплообменная аппаратура составляет весьма значительную часть технологического оборудования в химической и смежных отраслях промышленности. Удельный вес теплообменного оборудования составляет на предприятиях химической промышленности в среднем 15-18%, в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности 50%. Это объясняется тем, что почти все основные процессы химической технологии (выпаривание, ректификация, сушка и др.) связаны с необходимостью подвода или отвода теплоты.

При проектировании и конструировании теплообменных аппаратов необходимо в максимально возможной степени удовлетворить многосторонние и часто противоречивые требования, предъявляемые к теплообменникам.

Основные из них: соблюдение условий протекания технологического процесса, возможно более высокий коэффициент теплопередачи, низкое гидравлическое сопротивление, устойчивость теплообменных поверхностей против коррозии, доступность поверхности теплопередачи для чистки, технологичность конструкции с точки зрения ее изготовления, экономное использование материалов.

3.1 Классификация теплообменных аппаратов

Теплообменные аппараты можно классифицировать по следующим признакам [1]:

- по назначению – холодильники, подогреватели, конденсаторы, испарители;
- по направлению движения теплоносителей – прямоточные, противоточные, смешанного тока, перекрестного тока;
- по принципу действия – поверхностные и смешительные.

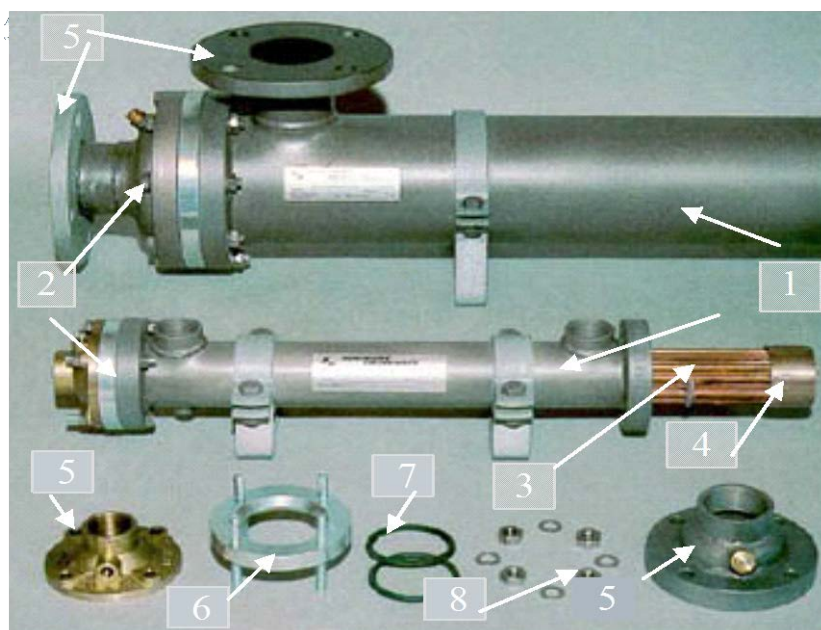
Рассмотрим более подробно классификацию теплообменных аппаратов по принципу действия [1,4]. В соответствии с этим классификационным признаком поверхностные аппараты можно подразделить на следующие типы в зависимости от вида поверхности теплообмена:

- аппараты с трубчатой поверхностью теплообмена (кожухотрубчатые теплообменники, теплообменники «труба в трубе»);
- аппараты с плоской поверхностью теплообмена (пластинчатые теплообменники, спиральные теплообменники).

3.2 Аппараты с трубчатой поверхностью теплообмена

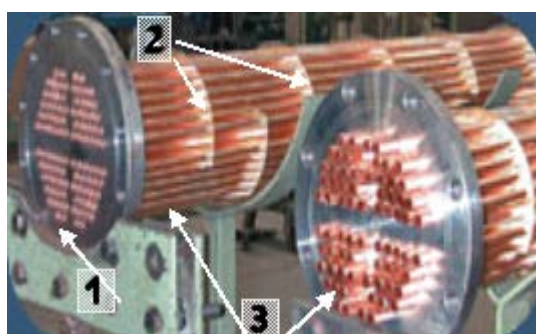
3.2.1 Кожухотрубчатые теплообменники

Кожухотрубчатые теплообменники различных конструкций - наиболее распространённый тип теплообменных аппаратов [1,4]. Их устройство показано на рисунках 32 и 33.



1 - кожух, 2 - крышки, 3 - теплообменные трубки, 4 - трубная решетка, 5 – фланцы, 6 – соединительное кольцо с шпильками, 7 – прокладка, 8 - крепёж.

Рисунок 32 - Кожухотрубчатый теплообменник



1 - трубная решетка с развальцованными трубами, 2 - перегородки в трубном пространстве, 3 - теплообменные трубки.

Рисунок 33 - Трубные пучки кожухотрубчатых теплообменников

В кожухе 1 помещается пучок теплообменных труб 3, трубы развальцованы, запаяны или вварены в трубную решетку 4, кожух закрыт крышками 2, теплоносители вводятся в трубное и межтрубное пространство через штуцера 5. В межтрубном пространстве очень часто устанавливаются поперечные перегородки (рисунок 33), закреплённые стяжками.

При малом расходе теплоносителя, подаваемого в трубное пространство, в крышках устанавливают перегородки 1 (рисунок 34) при этом теплоноситель проходит сначала по одной части труб потом по другой. На рисунке 34 изображен четырёхходовой теплообменник. Изготавливаются также двух и шестиходовые кожухотрубчатые теплообменники. На рисунке 35 представлен

такой теплообменник в сборе: 1- распределительная камера с перегородками, 2 – кожух с трубным пучком.

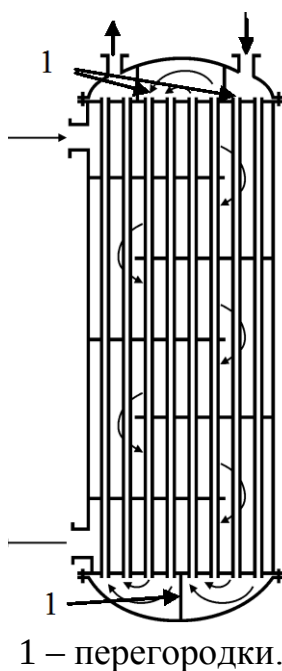


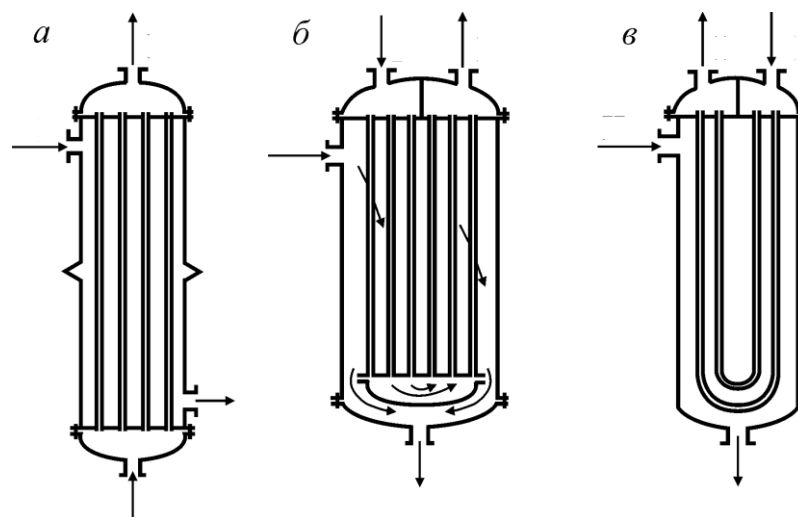
Рисунок 34 - Четырёхходовой теплообменник



1 - распределительная камера с перегородками; 2 - кожух с трубным пучком.

Рисунок 35 - шестиходовой теплообменник в сборе

Если разность температур теплоносителей в кожухотрубчатом теплообменнике более 50 К, то используют аппараты с компенсацией температурных напряжений, возникающих из-за того, что кожух и трубки претерпевают разные температурные деформации.



а - одноходовой теплообменник с линзовым компенсатором; б - теплообменник с плавающей головкой; в - теплообменник с U - образными трубкам.

Рисунок 36 - Теплообменники с компенсаторами

На рисунке 36 представлены кожухотрубчатые аппараты с компенсаторами: рисунок (а) - одноходовой теплообменник с линзовым компенсатором (гибким элементом), сваренным между двумя частями кожуха; рисунок (б) теплообменник с плавающей головкой (одна из трубных решеток имеет возможность свободно перемещаться в кожухе); рисунок (в) теплообменник с U – образными трубками имеющими возможность изменять свою длину.

С целью увеличения коэффициента теплоотдачи в межтрубном пространстве теплообменные трубы делают с ребрами на наружной поверхности (рисунок 37).



Рисунок 37 - Оребрённая теплообменная труба

Также теплообменные трубки изготавливают витыми, что увеличивает турбулизацию потока (рисунок 38 и рисунок 39) На рисунке 38 стрелками показано направление течения теплоносителя в межтрубном пространстве.

На рисунке 39 стрелкой показано течение теплоносителя по теплообменной трубе.

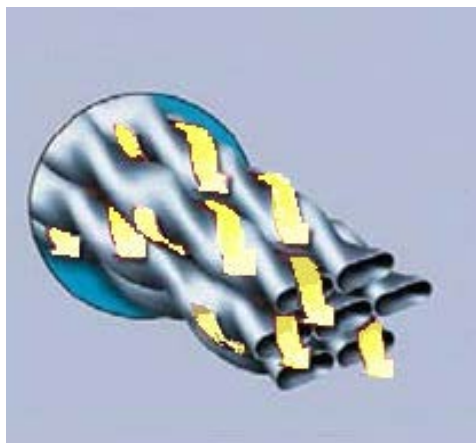


Рисунок 38 - Элемент межтрубного пространства теплообменника с витыми трубками.

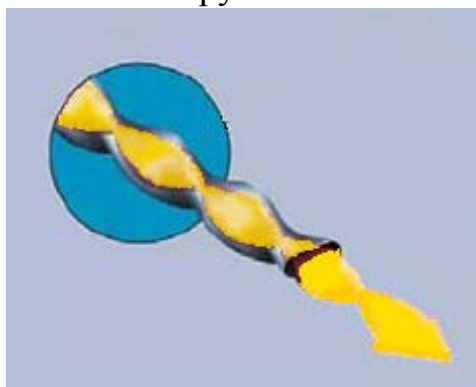


Рисунок 39 - Элемент трубного пространства теплообменника с витыми трубками.

Кожухотрубчатые теплообменники изготавливают с площадью теплообмена от 1 м^2 до 5000 м^2 , с диаметром кожуха от 159мм до 3000мм, с длиной труб от 1000мм до 9000мм и диаметром теплообменных трубок 20х2мм или 25х2мм.

Основные преимущества кожухотрубчатых аппаратов:

- универсальность по назначению (холодильники, подогреватели жидкости или газа, а также как конденсаторы и кипятильники);
- простота конструкции;
- надежность;
- широкий диапазон давлений и температур рабочих сред.

Недостатком кожухотрубчатых теплообменников является низкий коэффициент унификации (отношение числа узлов и деталей, одинаковых для всего размерного ряда, к общему числу узлов и деталей в аппарате), который составляет всего 0.13. Поэтому кожухотрубчатые теплообменники малотехнологичны в условиях производства широкого ряда типоразмеров.

3.2.2 Теплообменники «Труба в трубе»

Теплообменники «труба в трубе» или двухтрубные теплообменники [1,4] (рисунки 40,41,42) применяются при небольших расходах теплоносителей.

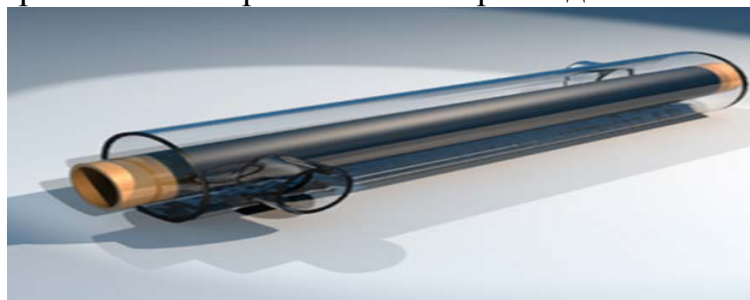
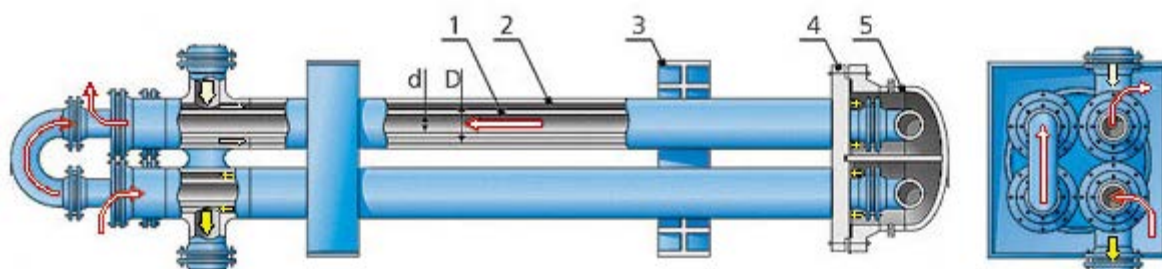


Рисунок 40 - Элемент теплообменника «труба в трубе»

Такие теплообменники представляют собой набор последовательно соединённых друг с другом элементов состоящих из двух труб: труба меньшего диаметра вставлена в трубу большего диаметра (рисунок 40). Поверхности теплопередачи таких теплообменников как правило не более 20 м^2 . Проходные сечения данных теплообменников обеспечивают высокие скорости течения теплоносителей, следовательно, высокие коэффициенты теплопередачи.



1 - внутренняя (теплообменная) труба, 2 - наружная (кожуховая труба), 3 - кронштейн, 4 - фланец, 5 - распределительная камера.

Рисунок 41 - Разборный теплообменник «труба в трубе»

Теплообменники «труба в трубе» могут быть изготовлены как разборными, так и неразборными. Неразборные теплообменники являются конструкцией жесткого типа, поэтому при разности температур теплоносителей больше 70 градусов их не используют. Разборный теплообменник (Рисунок 41) состоит из внутренней (теплообменной) трубы 1, наружной (кожуховой) трубы 2, кронштейна 3, фланца 4 и распределительной камеры 5. Направление движения теплоносителя по теплообменной трубе показано красной стрелкой, в кольцевом пространстве белой и желтой.



Рисунок 42 - Теплообменник типа «труба в трубе» в сборе

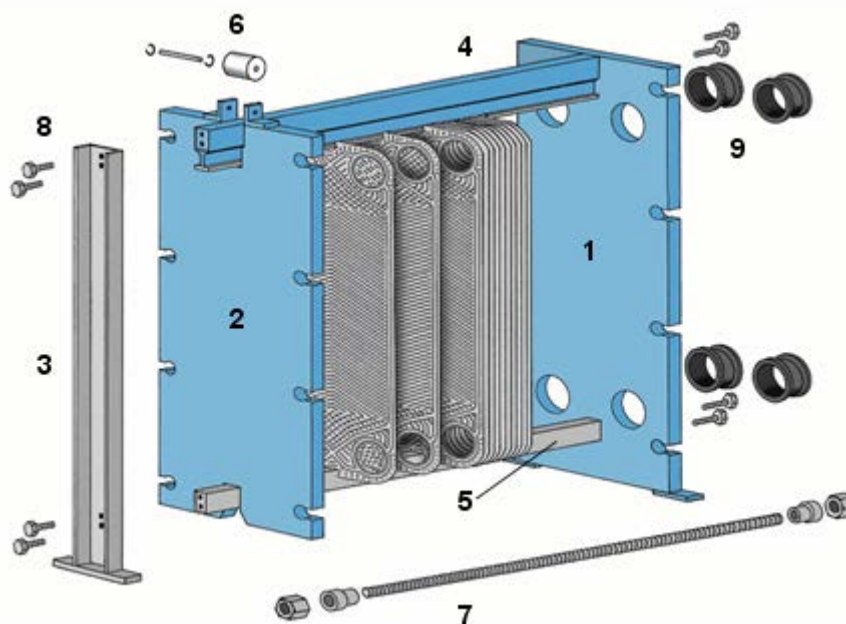
Стандартные диаметры теплообменной и кожуховой трубы $d=25\div 157\text{мм}$ и $D=38\div 220\text{мм}$ соответственно.

Секции теплообменника «труба в трубе» обычно соединяют друг с другом в единую конструкцию (Рисунок 42). Пространственная компоновка такой конструкции может быть любой, «трубу в трубе» иногда размещают вдоль стены помещения и т.п. Теплообменники «труба в трубе» используют в основном для охлаждения или нагрева в системе жидкость-жидкость, когда расходы теплоносителей невелики и оно не изменяют своего агрегатного состояния. Иногда такие аппараты применяют при высоком давлении для жидких и газообразных сред, например, в качестве конденсаторов в производстве метанола, аммиака и др. По сравнению с кожухотрубчатыми теплообменниками аппараты «труба в трубе» имеют меньшее гидравлическое сопротивление, и следовательно, допускают более высокие скорости движения теплоносителей. Однако они менее компактны и более металлоемки.

3.3 Аппараты с плоской поверхностью теплообмена

3.3.1 Пластинчатые теплообменники

Пластинчатые теплообменники представляют собой аппараты, теплообменная поверхность которых образована набором тонких гофрированных металлических пластин [1,4]. Изготавливают такие аппараты разборными и неразборными. Устройство разборного теплообменника представлено на рисунке 43. Аппарат состоит из теплообменных пластин разделённых прокладками, которые зажимаются между неподвижной плитой 1 и подвижной 2, 3 – вертикальная стойка, к которой крепятся болтами 8 горизонтальные штанги 4 и 5, 6 - крепёжный винт подвижной плиты, 7 – стяжной винт, 9 – штуцера для ввода – вывода теплоносителей. На рисунке 44 изображен аппарат в сборе.



1 - неподвижная плита, 2 - подвижная плита, 3 – вертикальная стойка, 4 – верхняя горизонтальная штанга, 5 – нижняя горизонтальная штанга, 6 – крепёжный винт, 7 – стяжной винт, 8 – болт, 9 – штуцер.

Рисунок 43 - Устройство разборного пластинчатого теплообменника



Рисунок 44 - Пластинчатый теплообменник в сборе

Теплообменная поверхность разборных пластинчатых теплообменников легко доступна для очистки, монтаж и демонтаж таких аппаратов осуществляется весьма быстро. Такие теплообменники применяются как холодильники и конденсаторы. Направления движения теплоносителей в пластинчатом конденсаторе показано на рисунке 45.

Изготавливают пластинчатые аппараты с поверхностью теплообмена до 800 м². Допустимые температуры теплоносителей от –30° до 180°С, давление до 1.6 МПа. Данный рабочий диапазон уже, чем у кожухотрубчатых

теплообменников, это связано со свойствами прокладочных материалов для уплотнения пластин.

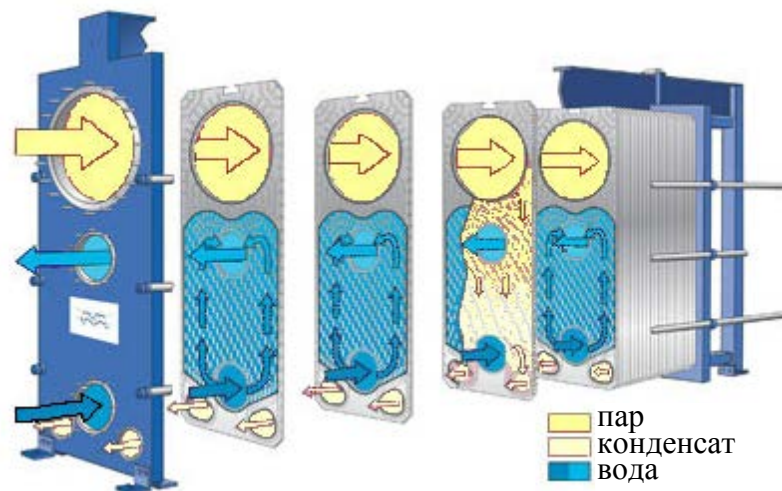


Рисунок 45 - Направления движения теплоносителей в пластинчатом конденсаторе

3.3.2 Спиральный теплообменник

В спиральном теплообменнике поверхность теплообмена образована двумя стальными лентами (рисунок 46 и рисунок 47) свёрнутыми в спираль [1,4]. При этом образуются каналы прямоугольного сечения, по которым, как правило, противотоком движутся теплоносители. На рисунке 46 показаны направления движения теплоносителей: одно из веществ поступает в теплообменник по центру и выводится через штуцер на боковой поверхности теплообменника, другое вещество подается через боковой штуцер, а выводится через центральный. Спиральные теплообменники изготавливаются с поверхностью теплообмена 100 м^2 , используются при температурах $20^\circ - 200^\circ\text{C}$ и давлении до 1Мпа. Такие теплообменники просты в изготовлении и весьма компактны.

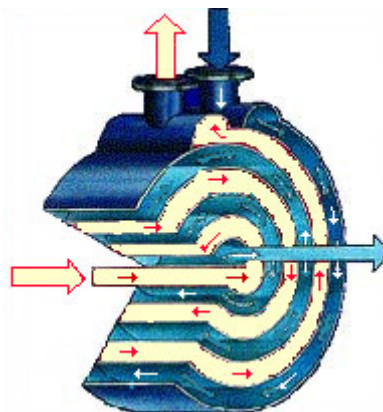


Рисунок 46 - Направление движения теплоносителей в спиральном теплообменнике

Теплообменники со съёмной крышкой легко отчищаются от грязи и могут использоваться для теплоносителей с твёрдыми включениями (рисунок 47).



Рисунок 47 - Спиральный теплообменник со съёмной крышкой

Литература

1. Фролов В. Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» / В. Ф. Фролов. СПб.: Химиздат, 2003. – 608 с.
2. Ахметов С.А. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа. Учебное пособие / С.А. Ахметов, Т.Б. Сериков, И.Р. Кузеев, М.И. Баязитов. СПб.: Недра, 2006. – 868 с.
3. Чернобыльский И.И. Машины и аппараты химических производств. Изд. 3-е, перераб. и доп. / И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский, С. А. Городинская, Р. Я. Ладиев, Ю. М. Тананайко, В. Т. Миргородский. М.: «Машиностроение», 2008. – 456 с.
4. Фролов, В. Ф. Конструкции и выбор теплообменных аппаратов [Электронный ресурс] В. Ф. Фролов, Р.Ш. Абиев / Новый справочник химика и технолога. – 2009. - Режим доступа:
http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/10_protse_ssy_i_apparaty_khimicheskikh_tekhnologiy, свободный. – Загл. с экрана.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Содержание коллоквиумов по рассматриваемым темам

1. Коллоквиум «Конструкции массообменных устройств колонных аппаратов»

Опрос производится по рисункам 1,3, 4 – 6, 8 – 10, 12 – 15, 17, 22 – 24.

2. Коллоквиум «Технологические печи»

Вопросы к коллоквиуму «Технологические печи»

1. Назначение трубчатых печей.
2. Основные элементы печей.
3. Принцип работы трубчатой печи.
4. Типы горелок.

Также опрос производится по рисункам 24, 25, 27, 28, 30.

3. Коллоквиум

Изображения теплообменников, используемые на коллоквиуме «Конструкции теплообменников»

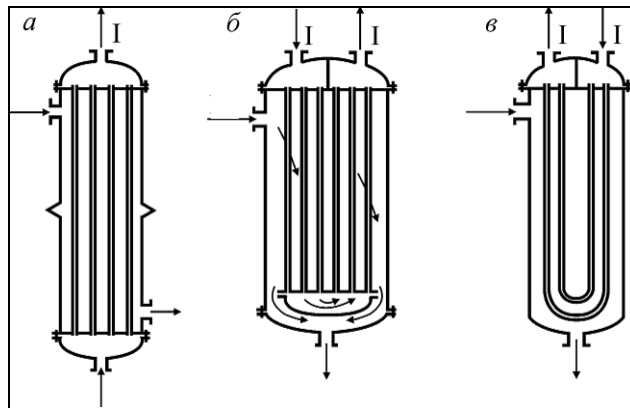


Рисунок 48 - Кожухотрубчатые теплообменники с компенсирующими устройствами.

а – теплообменник с линзовым компенсатором, б – теплообменник с плавающей и головкой, в – теплообменник с U – образными трубками

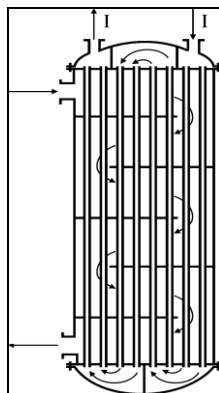


Рисунок 49 - Четырёхходовой кожухотрубчатый теплообменник с перегородками в трубном пространстве.

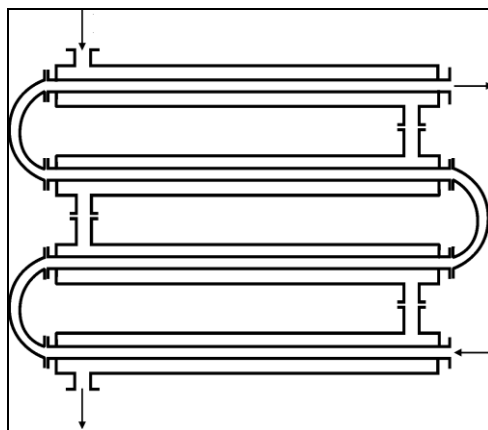


Рисунок 50 - Теплообменник «труба в трубе».

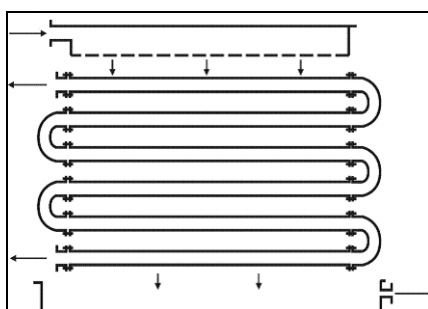


Рисунок 51 - Оросительный теплообменник.

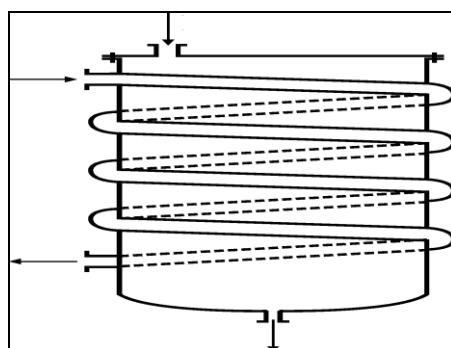


Рисунок 52 - Аппарат с наружным змеевиком.

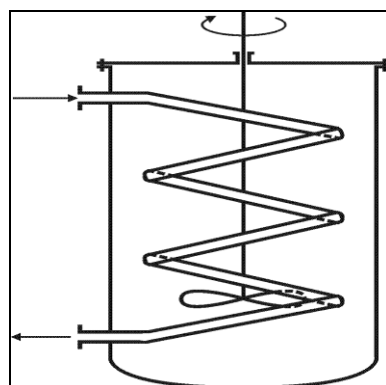


Рисунок 53 - Аппарат с внутренним змеевиком.

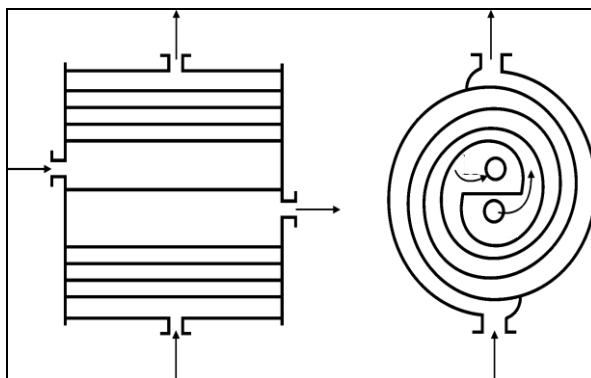


Рисунок 54 - Спиральный теплообменник.

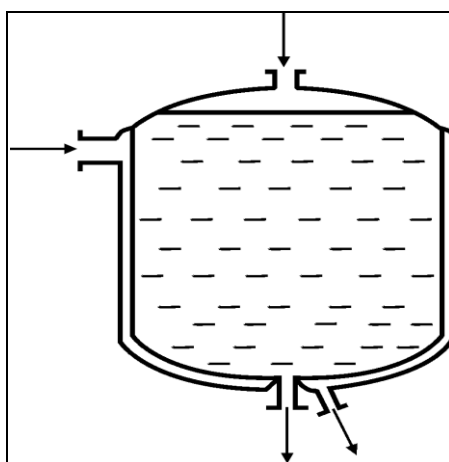


Рисунок 55 - Аппарат с рубашкой

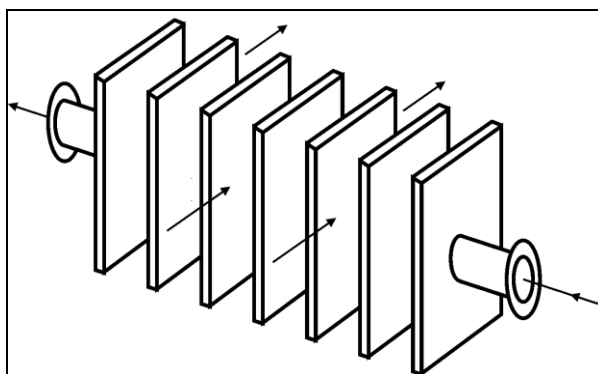


Рисунок 56 - Калорифер

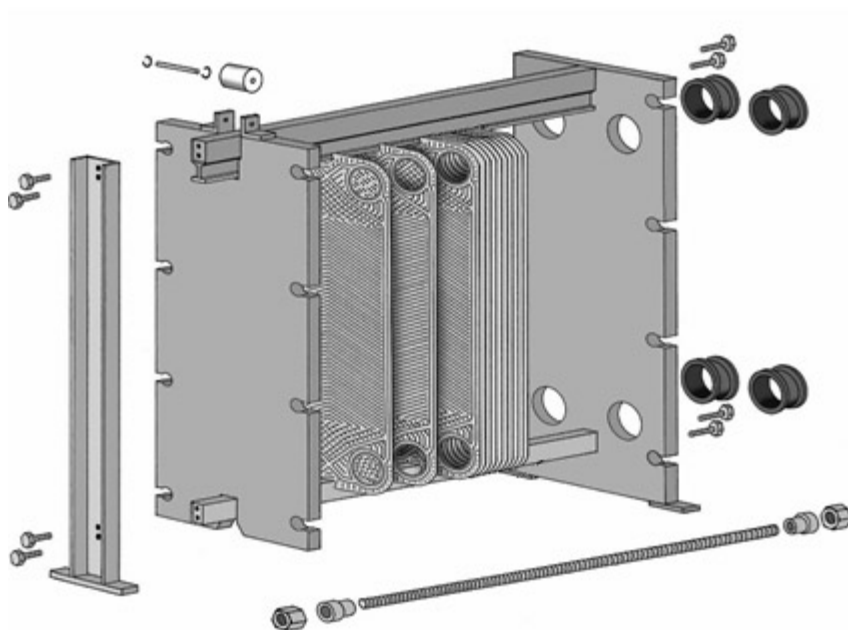


Рисунок 57 - Пластинчатый теплообменник.

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Кафедра химии входила в состав первых 14 кафедр ЛИТМО, сформированных в 1930 году. В 1930–1960 годах кафедра работала в рамках факультета Точной механики; в период деятельности Инженерно-физического факультета (ИФФ) с 1946 года по 1954 год кафедра входила в состав ИФФ. С 1933 года – кафедрой возглавлял известный специалист в области оптического стекла профессор В.Г. Воано, позже – известный русский ученый-химик профессор С.А. Щукарев. С 1954 по 1972 год кафедрой возглавлял доцент Г.С. Кошурников.

С момента второго рождения инженерно-физического факультета в 1976 г. кафедра химии вошла в его состав. В это время на кафедре стали развиваться, в основном, три научно-технологических направления: создание новых композиционных оптических материалов; разработка химических сенсоров; технология оптического волокна.

В последующие годы сотрудники кафедры, прежде всего, профессора Новиков А.Ф. и Успенская М.В., существенно переработали методику преподавания курса химии, адаптировав ее к активно внедрявшейся тогда в Университете системе дистанционного обучения. В результате, преподавание курса химии в Университете ИТМО вышло на новый более высокий уровень.

В дальнейшем на кафедре под руководством профессора М.В. Успенской активно развивалось научно-техническое направление в области химии и физики сорбирующих полимерных материалов и нанокompозитов. В частности, на основе акриловых супервлагоабсорбентов разработан ряд новых материалов многофункционального назначения: сенсоры, жидкие линзы, раневые повязки, искусственные почвы для сельского хозяйства, огнестойкие конструкционные элементы и др.

В связи с этим в 2011 году данная кафедра (исторически – кафедра химии) позиционировала себя как отдельное структурное подразделение Национального исследовательского университета ИТМО в качестве кафедры “Информационных технологий топливно-энергетического комплекса”.

С переходом отечественных предприятий на международные стандарты продукции, повышением требований к охране окружающей среды и

внедрением сложных аналитических автоматизированных систем контроля качества и мониторинга, с 2008 года в рамках направления «Техническая физика» кафедра проводит подготовку магистров и бакалавров по профилю «Физико-технические аспекты аналитического приборостроения».

Подготовка включает в себя следующие разделы:

- Компьютерные комплексы для автоматизированного контроля физических, химических, механических, термических, реологических и некоторых других свойств нефтяного сырья и продуктов нефтепереработки;
- Встроенные микропроцессорные комплексы для управления технологическими процессами и измерением широкого круга параметров энергетических установок и систем энергоснабжения;
- Физико-математическое моделирование технологических процессов нефтепереработки и топливно-энергетического комплекса;
- Информационно-аналитические системы и комплексы различного профиля, адаптированные под специфические условия работы на предприятиях ТЭК.

Уникальная программа обучения сочетает фундаментальную подготовку в области информационных систем, физической оптики, молекулярной спектроскопии, аналитической и физической химии, компьютерной метрологии, общехимической технологии и автоматики.

В рамках специальных дисциплин изучаются приборы и методы контроля качества продукции и принципы построения автоматизированных анализаторных систем для предприятий ТЭК, нефтяной и химической промышленности.

Такие системы как основа информационных технологий контроля качества и мониторинга безопасности могут успешно применяться практически на всех предприятиях и лабораториях химического и нефтехимического профиля, а также в металлургической, пищевой и фармацевтической промышленности.

Выпускники кафедры имеют широкие перспективы трудоустройства в современных крупных компаниях ТЭК, таких как Роснефть, ПТК, Газпром, Киришинефтеоргсинтез, Лукойл, ТНК-ВР, а также на предприятиях и лабораториях пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности.

Практика эксплуатации предприятий ТЭК подтверждает необходимость создания и применения эффективных систем контроля за безопасностью и систем экологического мониторинга.

В связи с этим с 2011 года были разработаны и открыты бакалаврская и магистерская программы по направлению подготовки 241000 " Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии ". Основной целью образовательной магистерской программы "Информационные ресурсосберегающие технологии и экологические аспекты на предприятиях ТЭК" является подготовка высококвалифицированных специалистов, соответствующих современным требованиям к выпускникам

вуза, с учетом потребностей рынка труда Санкт-Петербурга и регионов России. Будущие магистры будут способны использовать информационные технологии и математическое моделирование для описания различных физических и физико-химических процессов, для контроля качества продукции нефтепереработки, работать на современном оборудовании в научных, научно-производственных и производственных лабораториях по исследованию выпускаемой продукции и т.д.

Основными направлениями научной деятельности в рамках магистерской программы являются:

- Создание приборов и датчиков физических величин и физико-химических параметров углеводородного сырья и продуктов (в том числе на основе нанотехнологий);
- Разработка приборов для измерения параметров качества нефтепродуктов и пищевых продуктов на основе компьютерных технологий;
- Создание эффективных информационных систем контроля качества продукции и коммерческого учета на предприятиях ТЭК на основе приборов и устройств различного назначения;
- Создание эффективных информационных систем мониторинга безопасности эксплуатации объектов ТЭК.

Подготовка магистров ведется с участием ряда промышленных предприятий, научно-производственных объединений, научно-исследовательских институтов и вузов Санкт-Петербурга, что дает возможность получить отличные знания и неоценимый опыт в различных сферах деятельности: производственной, научно-исследовательской, административной и т.д.

Биотехнология и биоинженерия являются приоритетными направлениями современной науки и промышленного производства. Продукты биотехнологии и биоинженерии востребованы в медицине, фармации, биологии, и других высокотехнологичных отраслях народного хозяйства. Разработка новых источников энергии, создание биосовместимых материалов и синтез биологически активных веществ – главные составляющие этих двух наук и отраслей производства. В частности, интенсивно развиваются производство и применение ферментов в переработке различных видов сырья и в получении биопрепаратов. Ферментные технологии имеют преимущества с экономической, технологической и экологической точек зрения, поэтому годовой оборот ферментных препаратов составляет десятки миллионов долларов США и он непрерывно растёт. По объёму производства ферментные препараты занимают третье место после аминокислот и антибиотиков. Ферментативные процессы, применяемые в технологиях, аналогичны природным, но они более безопасны и для здоровья человека и для окружающей среды.

Развитие этих отраслей сдерживается недостатком специалистов высшего уровня, подготовленных в области информационного обеспечения и средств измерения живых систем и биологических структур.

Для решения проблемы подготовки магистров на стыке информационных технологий, биологии и инженерии объединены усилия двух кафедр: Кафедра химии и молекулярной биологии ИХиБТ и кафедра ИТТЭК, имеющих опыт подготовки специалистов бакалавров и магистров в информационных технологиях и биотехнологии.

В учебный план предлагаемой программы включены, наряду с общеобразовательными, дисциплины по информационной, биологической, химической, технологической подготовке и ряду других отраслей знаний, необходимых в подготовке специалистов заявленного уровня.

В настоящее время на каф. ИТТЭК под руководством проф. Успенской М.В., ведутся работы по направлениям, связанных с созданием материалов для фармакологии и регенеративной медицины, предметов санитарно-гигиенического назначения, а также биосовместимых и биodeградируемых материалов.

Также на кафедре под руководством проф. Неелова И.М. активно развивается моделирование полимеров и биополимеров, начиная от структуры веществ и физико-химических процессов, протекающих в живых организмах до физико-механических и эксплуатационных характеристик материалов и биосистем.

Профессорско-преподавательский состав на кафедре насчитывает 18 человек, из них 6 профессоров и докторов наук.

В настоящее время на базе кафедр НИУ ИТМО создан Международный научно-исследовательский институт биоинженерии, возглавляемый проф. М.В. Успенской, что значительно расширяет экспериментальную базу и научный потенциал кафедр и способствует повышению уровня подготовки кадров высшей категории.

В настоящее время на кафедре трудятся 18 преподавателей, шестеро из них являются докторами наук, профессорами, признанными на международном уровне, членами ученых советов в России и за рубежом.

2014

Баннх О.П.

Оборудование для нефтехимических производств

Учебное пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати 30.01.15

Заказ № 3245

Тираж 100

Отпечатано на ризографе

