

Баннх О.П.

**Оборудование для нефтехимических
производств**

Часть 2



**Санкт-Петербург
2015**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Банных О.П.

**Оборудование для нефтехимических
производств. Часть 2**

Учебное пособие



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2015

Баннх, О.П. Оборудование для нефтехимических производств. Часть 2: Учебное пособие – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 44 с.

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

Рекомендовано к печати Ученым советом инженерно-физического факультета, протокол № 3 от 10.03.2015.



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, 2015

© Баннх О.П., 2015

Оглавление

Введение	4
1 Машинное оборудование нефтехимических производств – общие сведения	4
2 Конструкции насосов	4
2.1 Классификация насосов	4
2.2 Конструкции объёмных насосов	4
2.3 Конструкции динамических насосов	12
3 Конструкции вентиляторов	18
4 Конструкции компрессоров и вакуум-насосов	20
5 Характеристики центробежных машин	23
6 Конструкции химических реакторов	25
6.1 Классификация химических реакторов	25
6.2 Конструкции реакторов для проведения гомогенных процессов	25
6.3 Конструкции реакторов для проведения газожидкостных процессов	27
6.4 Конструкции реакторов для проведения гетерогенно-каталитических процессов	29
7 Содержание коллоквиумов по рассматриваемым темам	36
Список использованных источников	37
О кафедре ИТТЭК Университета ИТМО	39

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, перекачивающая техника, ёмкости для хранения сырья, продуктов. В данном учебном пособии представлены основное машинное оборудование и химические реакторы.

1 Машинное оборудование нефтехимических производств – общие сведения

К машинному оборудованию нефтехимических производств относятся насосы, вентиляторы, компрессоры и вакуум-насосы [1].

Насос – машина для транспортировки жидкости.

Вентилятор – машина для транспортировки газа, создающая избыточное давление не выше 0.01 МПа.

Компрессор – машина для сжатия и транспортировки газа.

Вакуум-насос – машина для создания разряжения.

2 Конструкции насосов

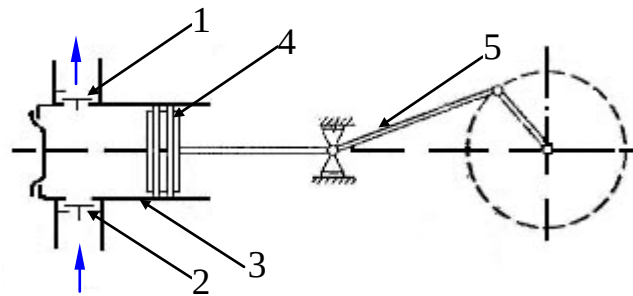
2.1 Классификация насосов

По принципу действия насосы подразделяются на объёмные и динамические. В объёмных насосах перемещение жидкости происходит в результате вытеснения порции жидкости из замкнутого объёма. В динамических - жидкость приводится в движение действием центробежных сил (центробежные и осевые насосы) или сил трения (вихревые и струйные насосы) [1,2].

2.2 Конструкции объёмных насосов

Распространённым типом объёмных насосов является поршневой насос [1]. На рисунке 1 приведена схема поршневого насоса простого действия. Поршень 4 совершает в рабочем цилиндре 3 возвратно-поступательное движение под действием кривошипно-шатунного механизма. При движении поршня вправо в рабочем объёме цилиндра создается разряжение, нагнетательный клапан 1 на нагнетательной линии закрывается, а клапан 2 на линии всасывания открывается, и жидкость засасывается в цилиндр. При движении поршня влево давление в цилиндре возрастает, клапан 1 открывается, и жидкость вытесняется из цилиндра в нагнетательный трубопровод, клапан 2 при этом закрывается. Насос простого действия производит пульсирующую

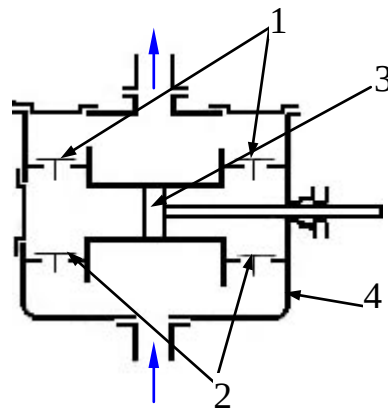
подачу, для сглаживания неравномерности подачи на нагнетательной линии (а иногда и на всасывающей) устанавливают воздушные колпаки (демпферы).



1 – нагнетательный клапан, 2 – всасывающий клапан, 3 – рабочий цилиндр, 4 – поршень, 5 – кривошипно-шатунный механизм, —→ направление движения жидкости

Рисунок 1 – Схема поршневого насоса простого действия

Более равномерную подачу имеет насос двойного действия (рисунок 2), имеющий две пары клапанов, благодаря чему подача жидкости происходит при движении поршня 3 как в лево, так и в право [1,4].



1 – нагнетательные клапаны, 2 – всасывающие клапаны, 3 – поршень, 4 – рабочий цилиндр, —→ направление движения жидкости

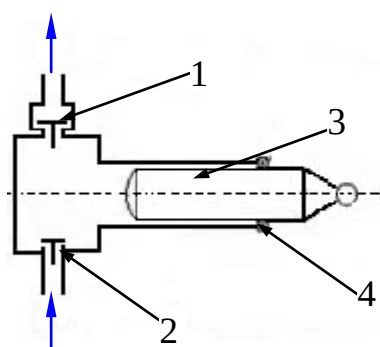
Рисунок 2 – Схема поршневого насоса двойного действия

На рисунке 3 [3] показан внешний вид поршней насоса с уплотнительными кольцами, изготовление которых требует высокой точности обработки, как и стенки рабочих цилиндров. Поэтому в химической промышленности часто применяются похожие по принципу действия плунжерные насосы (рисунок 4). Плунжер 3 перемещается в рабочей камере насоса, не касаясь стенок, уплотнение плунжера 4 закреплено неподвижно в корпусе.



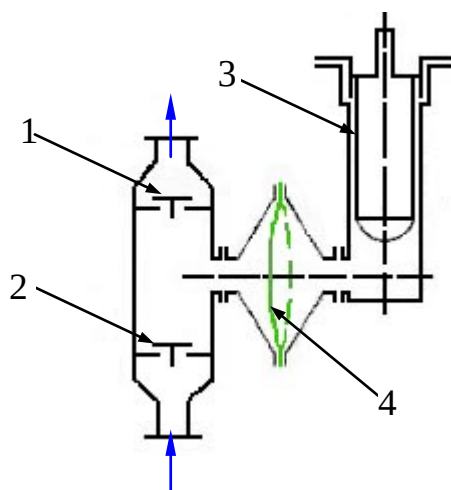
1- уплотнительное кольцо

Рисунок 3 – Поршни



1 – нагнетательный клапан, 2 – всасывающий клапан, 3 – плунжер, 4 – уплотнение плунжера, → направление движения жидкости

Рисунок 4 – Схема плунжерного насоса



1 – нагнетательный клапан, 2 – всасывающий клапан, 3 – плунжер, 4 – эластичная мембрана, → направление движения жидкости

Рисунок 5 – Схема мембранно-плунжерного насоса

Для перекачки агрессивных жидкостей, когда нежелателен их контакт между поверхностью плунжера или поршня и с уплотнениями используются мембранно-плунжерные (рисунок 5) и мембранно-поршневые насосы [1], в которых рабочее пространство отделено от плунжера (поршня) эластичной мембраной 4. На рисунке 6 изображен мембранно-плунжерный насос двойного действия в сборе с воздушными колпаками (демпферами).

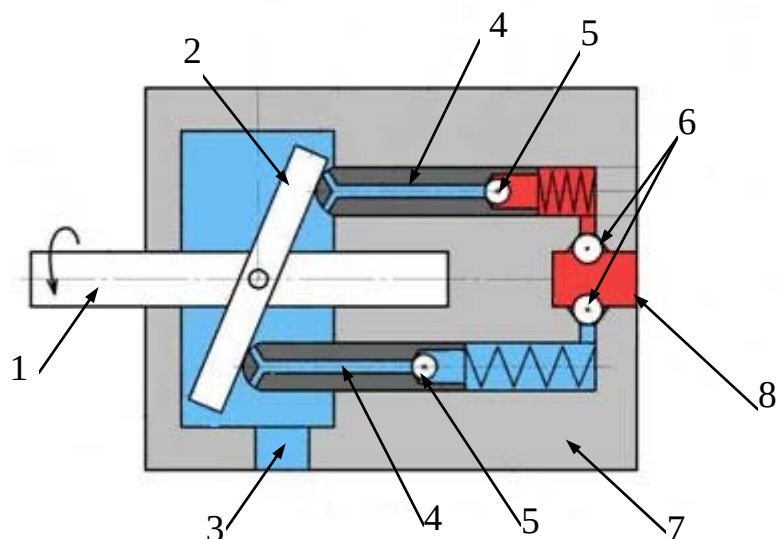


1 – воздушные колпаки (демпферы), 2 – рабочие цилиндры,
3 – электродвигатель, 4 – станина

Рисунок 6 –Мембранно-плунжерный насос двойного действия в сборе

Плунжерные и поршневые насосы имеют обычно производительность до десятков литров в минуту, но развивают высокие напоры до десятков МПа.

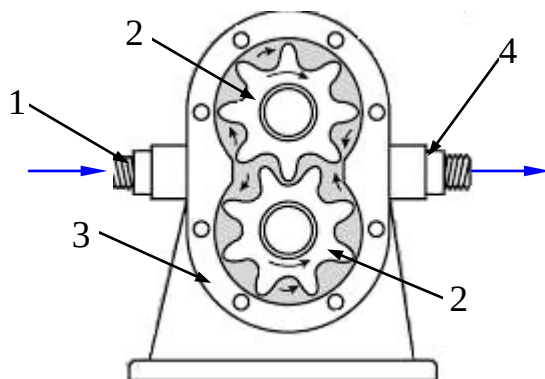
Разновидностью поршневых (плунжерных насосов) являются аксиально-поршневые (аксиально-плунжерные) насосы [4]. Конструкция аксиально-плунжерного насоса с неподвижным блоком цилиндров и приводом плунжеров, вращающимся наклонным диском приведена на рисунке 7. Ход плунжеров 4 определяется вращением наклонного диска 2, расположенного на валу 1. Система распределения жидкости работает следующим образом: выдвигаясь из цилиндра, плунжер создает разрежение в рабочей камере и через всасывающий клапан 5 камера наполняется из полости корпуса объединённой с всасыванием 3. При вхождении плунжера в цилиндр происходит вытеснение жидкости через нагнетательный клапан 6 в линию нагнетания 8. Насосы такого типа имеют скорость вращения вала до 4000 об/мин.



1 – вал, 2 – наклонный диск, 3 – линия всасывания, 4 – плунжер, 5 – всасывающий клапан, 6 – нагнетательный клапан, 7 – блок цилиндров, 8 – нагнетательная линия

Рисунок 7 – Схема аксиально-плунжерного насоса

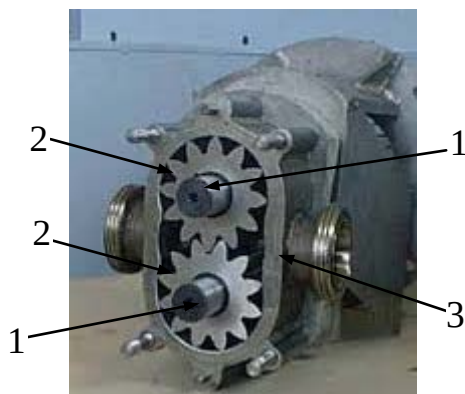
Для перекачки вязких жидкостей и создания высоких напоров применяются шестерёнчатые насосы (рисунки 8 и 9). Рабочие органы таких насосов выполнены в виде шестерен 2 с эвольвентным зацеплением, для которого характерен непрерывный контакт шестерен друг с другом [1,4].



1 – всасывающая линия, 2 – шестерни, 3 – корпус, 4 – нагнетательная линия, —→ направление движения жидкости, —→ направление вращения шестерен

Рисунок 8 – Схема шестеренчатого насоса

При вращении шестерен жидкость заполняет пространство между зубьями шестерни и перемещается вдоль корпуса к нагнетательной линии.

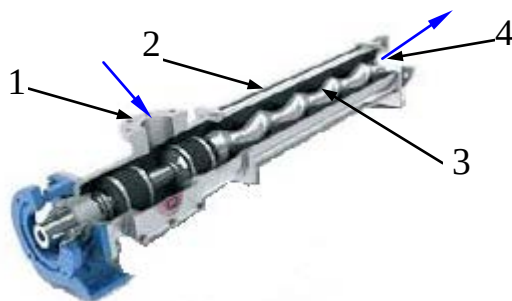


1 – валы шестерен , 2 – шестерни, 3 – корпус

Рисунок 9 –Вид шестеренчатого насоса со снятой крышкой

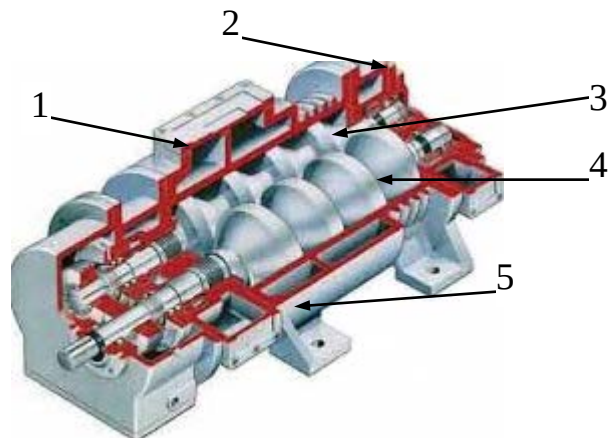
Шестеренчатые насосы просты, компактны, отличаются большой надежностью и обладают реверсивностью: при изменении направления вращения шестерен жидкость начинает перемещаться в обратном направлении.

Для перемещения загрязненных и вязких жидкостей применяются винтовые (шнековые) насосы (рисунки 10 и 11) [1,5]. При вращении винта 3 (винтов 3 и 4 на рисунке 11) происходит вытеснение жидкости из винтового зазора в направлении от всасывающей линии 1 к нагнетательной.



1 – всасывающая линия, 2 – корпус, 3 – винт (шnek), 4 – нагнетательная линия, —→ направление движения жидкости

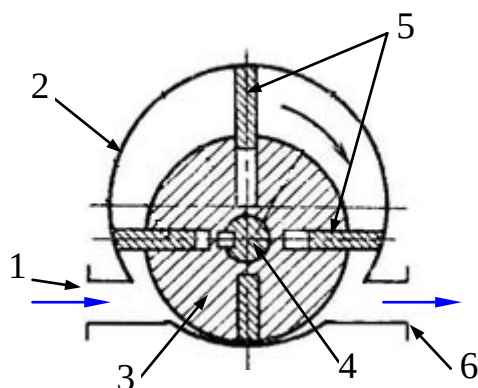
Рисунок 10 –Вид одновинтового насоса



1 – всасывающая линия, 2 – нагнетательная линия корпуса, 3 – ведомый винт, 4 – ведущий винт, 5 – корпус

Рисунок 11 – Вид двухвинтового насоса

В случаях, когда важна компактность и реверсивность насоса, используют пластинчатый насос (рисунки 12 и 13) [1,6].



1 – всасывающая линия, 2 – корпус, 3 – ротор, 4 – вал ротора, 5 – пластины, 6 – нагнетательная линия, → направление движения жидкости

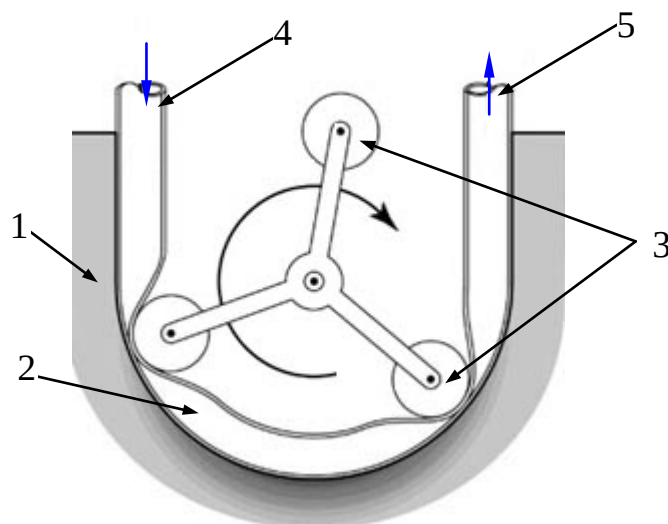
Рисунок 12 – Схема пластинчатого насоса

Ротор пластинчатого насоса 3 расположен эксцентрически, относительно корпуса 2. В роторе сделаны пазы, в которых свободно двигаются пластины 5. При вращении ротора пластины выдвигаются из пазов и прижимаются к внутренней поверхности корпуса под действием центробежной силы. Объем ограниченный пластинами всё время меняется, в левой части корпуса объем возрастает, что приводит к всасыванию жидкости. В правой части происходит уменьшение объема, давление возрастает и жидкость выталкивается в нагнетательную линию.



Рисунок 13 – Вид пластинчатого насоса со снятой крышкой

Перистальтический насос (рисунки 14 и 15), так же относящийся к классу объёмных насосов, позволяет избежать контакта перекачиваемой жидкости с движущимися частями устройства [3].



1 – корпус, 2 – эластичный шланг, 3 – ролики, 4 – всасывающая линия, 5 – нагнетательная линия, —→ направление движения жидкости, ↻ направление вращения вала с роликами

Рисунок 14 – Схема перистальтического насоса

Перемещаемая жидкость находится внутри эластичного шланга 2, вращающиеся ролики пережимают шланг, перегоняя порции жидкости от всасывания к нагнетанию. Перистальтические насосы имеют большую высоту всасывания (до 9.5 м) и могут работать, не разрушаясь, на сухом ходу, (то есть без жидкости).

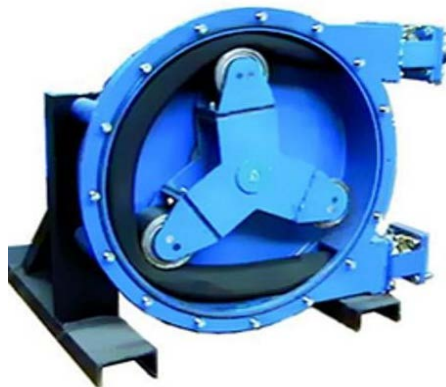
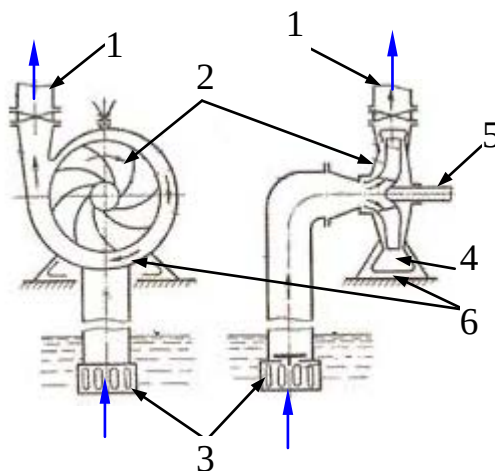


Рисунок 13 – Вид перистальтического насоса со снятой крышкой

Общим для всех рассмотренных объёмных насосов является то, что расход перекачиваемой жидкости практически не зависит от требуемого напора. Поэтому перекрытие нагнетательного трубопровода приводит к его разрыву или поломке самого насоса. В связи с этим, объёмные насосы должны комплектоваться предохранительными клапанами для сброса жидкости во всасывающий трубопровод.

2.3 Конструкции динамических насосов

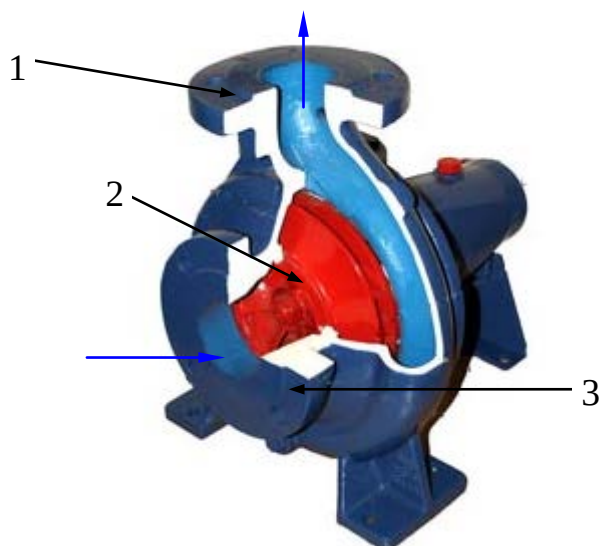
Наиболее распространёнными динамическими насосами является центробежные насосы (рисунки 16,17 и 18) [1,2,6,7].



1 – нагнетательная линия, 2 – рабочее колесо с лопатками, 3 – всасывающая линия, 4 – напорный коллектор, 5 – вал, 6 – корпус,  направление движения жидкости,  направление вращения рабочего колеса

Рисунок 16 – Схема центробежного насоса

Центробежный насос состоит из рабочего колеса с лопатками 2, установленного на валу 5 в корпусе 6. Жидкость входит в насос в осевом направлении под действием центробежной силы, возникающей из-за вращения рабочего колеса, затем жидкость отбрасывается к стенкам корпуса в напорный коллектор 4 и выталкивается в нагнетательную линию. В центре насоса создается разрежение, и жидкость поступает из всасывающей линии 3.

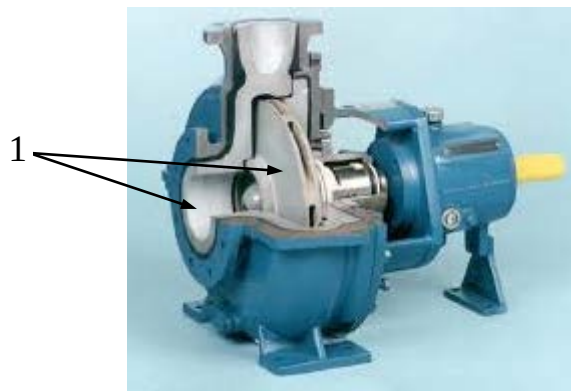


1 – нагнетательная линия, 2 – рабочее колесо с лопатками, 3 – всасывающая линия, —→ направление движения жидкости

Рисунок 17 –Центробежный насос в разрезе

Перед пуском центробежный насос должен быть заполнен жидкостью, поэтому на всасывающем трубопроводе обычно устанавливают обратный клапан. По сравнению с объёмными насосами центробежные более компактны и дешевы, чаще применяются для перекачки агрессивных сред в химической промышленности, у них отсутствуют пульсации при подаче жидкости, но в отличие от объёмных у центробежных насосов обеспечиваемый расход зависит от гидравлического сопротивления сети, на которую работает насос. Эта особенность обязательно должна учитываться при эксплуатации насоса в сети с изменяющейся характеристикой.

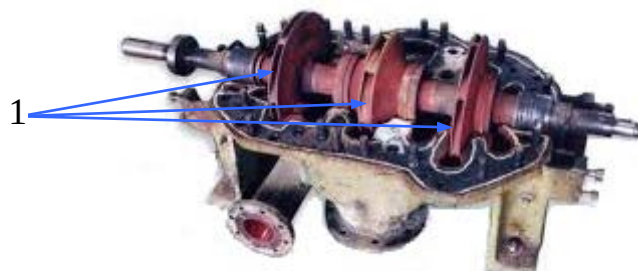
На рисунке 18 представлен химический насос в разрезе, для защиты от агрессивных жидкостей корпус и рабочее колесо покрыты слоем фторопласта 1 для предотвращения коррозии.



1 – фторопластовое покрытие

Рисунок 18 – Химический центробежный насос в разрезе

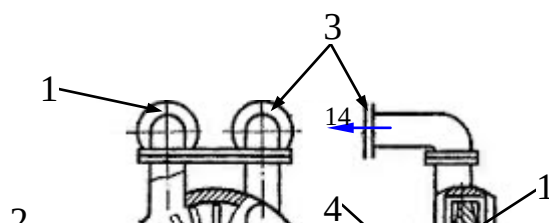
Центробежные насосы изготавливаются также с несколькими рабочими колесами – многоступенчатые насосы (рисунок 19), напор создаваемый таким насосом равен сумме напоров последовательно расположенных колес.



1 – рабочие колёса

Рисунок 19 – Многоступенчатый центробежный насос со снятой крышкой

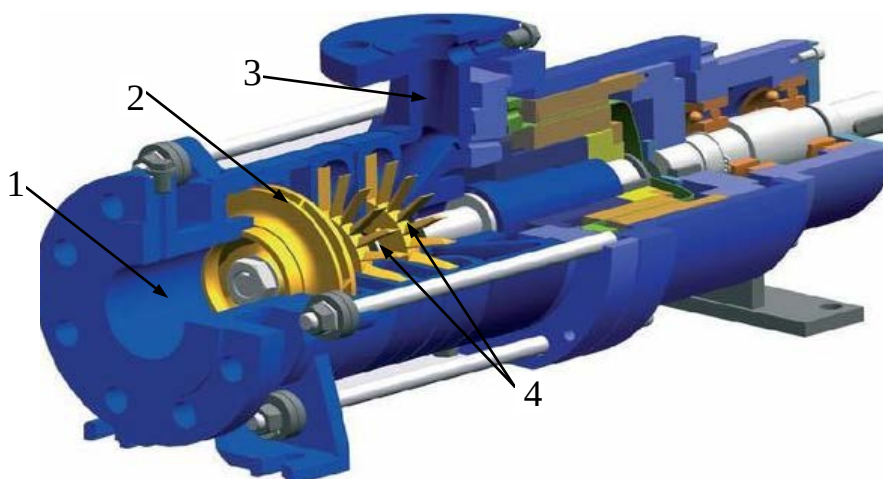
Другим типом динамических насосов с рабочим органом в виде вращающегося колеса с лопастями является вихревой насос (рисунки 20 и 21) [2,3]. Рабочее колесо **2** представляет собой плоский диск с небольшими прямыми лопастями. При вращении колеса жидкость закручивается, образуется «вихревая полость» в виде замкнутого кольца, всасывающая **1** и нагнетательная **3** линии такого насоса находятся в одной плоскости, поэтому габаритные размеры вихревых насосов меньше, чем центробежных такой же производительности и напора.



1 – всасывающая линия, 2 – рабочее колесо с лопатками, 3 – нагнетательная линия, 4 – вал, 5 – корпус, —→ направление движения жидкости

Рисунок 20 – Схема вихревого насоса

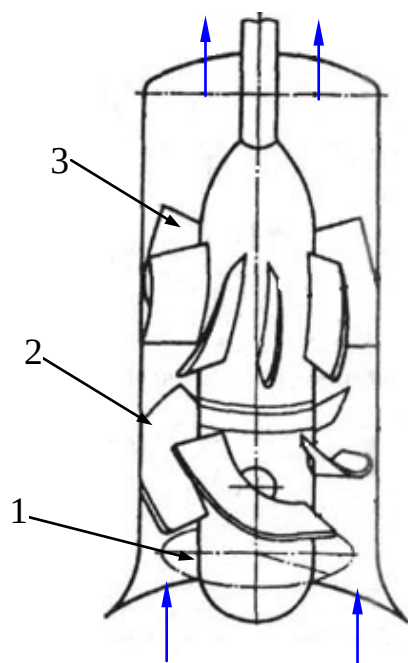
На рисунке 21 представлен многоступенчатый комбинированный насос, на валу которого расположены колёса разных конструкций: центробежное 2 и два вихревых 4.



1 – всасывающая линия, 2 – рабочее центробежное колесо, 3 – нагнетательная линия, 4 – вихревые колеса

Рисунок 21 – Схема многоступенчатого комбинированного насоса

Для обеспечения незначительных напоров жидкости и высоких расходов применяют осевые насосы (рисунок 22). Перемещение жидкости осуществляется лопастями 2 сидящими на валу 1. Для преобразования вращательного движения жидкости в осевом насосе служит направляющий аппарат 3 [1,8].

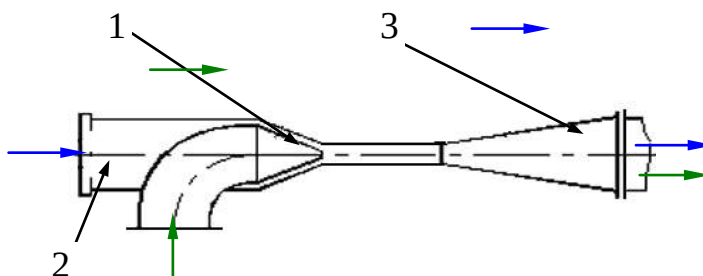


1 – вал, 2 – лопасти, 3 –направляющий аппарат,
 —→ направление движения жидкости

Рисунок 22 – Схема вихревого насоса

Так как зазор между корпусом и вращающимися лопатками достаточно велик, осевой насос можно использовать для перекачки загрязненных жидкостей.

Струйные насосы не имеют движущихся частей (рисунок 23 и 24) [1,9], их принцип действия основан на уравнении Бернулли: в сопло 1 подается рабочая жидкость, в сужении сопла статическое давление уменьшается и в камеру смешения 2 засасывается транспортируемая жидкость, смесь жидкостей выходит в диффузор 3, в котором кинетическая энергия жидкости переходит в статическое давление.



1 –сопло, 2 – рабочая камера, 3 –диффузор, направление движения
 транспортируемой жидкости, —→ направление движения рабочей
 жидкости

Рисунок 23 – Схема струйного насоса

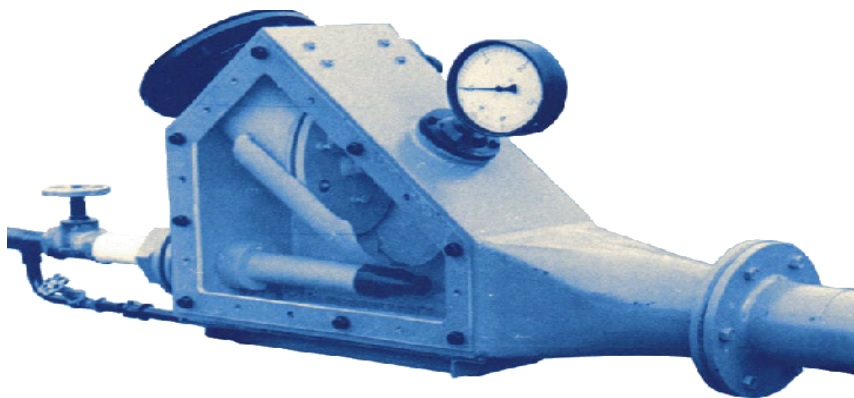


Рисунок 24 –Струйный насос в сборе

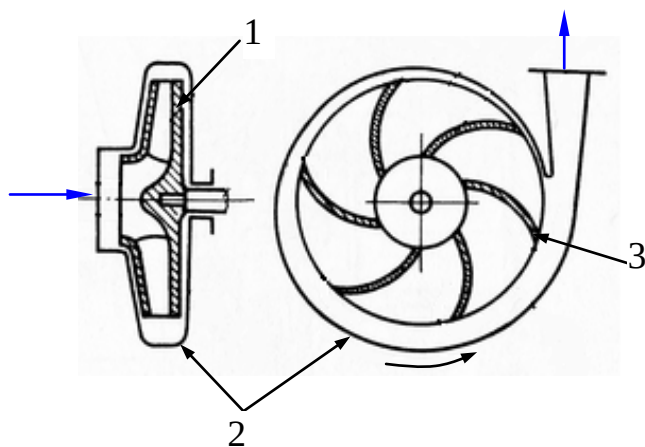
Контрольные вопросы к разделу 2.

1. Какие насосы называются объёмными?
2. Какие насосы называются динамическими?
3. Поясните принцип действия и устройство поршневого насоса?
4. В чем отличие плунжерного насоса и поршневого?
5. Поясните принцип действия и устройство насоса двойного действия?
6. Для чего служат воздушные колпаки?
7. Назначение мембраны в мембранно-плунжерном насосе?
8. Поясните принцип действия и устройство аксиально-плунжерного насоса?
9. Для перекачки каких жидкостей используются шестеренчатые насосы?
10. Поясните принцип действия и устройство шестеренчатого насоса?
11. Поясните принцип действия и устройство винтовых насосов?
12. Когда используются винтовые насосы?
13. Поясните принцип действия и устройство пластинчатого насоса?
14. В каких случаях применяют перистальтические насосы?
15. Поясните принцип действия и устройство перистальтического насоса?
16. Поясните принцип действия и устройство центробежного насоса?
17. Какие преимущества имеют центробежные насосы перед объёмными?
18. Какие особенности эксплуатации имеют центробежные насосы?
19. Поясните принцип действия и устройство многоступенчатого центробежного насоса?
20. Поясните принцип действия и устройство вихревого насоса?
21. Когда применяют осевые насосы?
22. Поясните принцип действия и устройство осевого насоса?
23. Поясните принцип действия и устройство струйного насоса?

3 Конструкции вентиляторов

Для транспортировки газов без значительного повышения давления (не более 0.01 МПа) применяют динамические машины называемые вентиляторами. Наиболее распространёнными являются центробежные и осевые вентиляторы [1,10].

На рисунках 25 и 26 приведена схема центробежного вентилятора, принцип действия которого не отличается принципа действия от центробежного насоса. Не большие отличия лишь в форме корпуса 2 и лопаток 3, зазор между корпусом 2 и рабочим колесом 1 обычно меньше, чем в насосе. Такие вентиляторы развивают напор до 0.01 МПа и называются вентиляторами высокого давления.



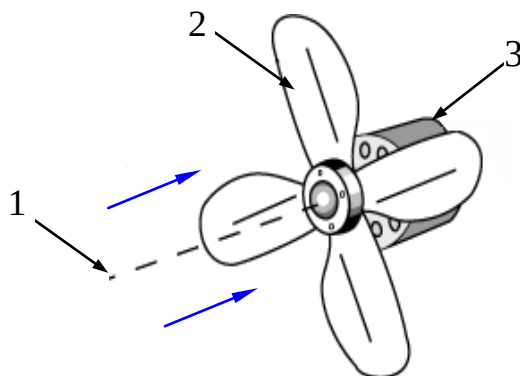
1 – рабочее колесо с лопатками, 2 – корпус, 3 – лопатки, —→ направление движения газа, —→ направление вращения рабочего колеса

Рисунок 25 – Схема центробежного вентилятора



Рисунок 26 –Центробежный вентилятор в сборе

Осевые вентиляторы (рисунки 27 и 28) представляют собой достаточно простые устройства, принцип действия которых такой же, как и у осевых насосов. Изогнутые в форме пропеллера лопасти **2** вращаются в корпусе **1** (рисунок 27) и перемещают газ вдоль оси вращения. Данные вентиляторы не создают больших напоров и называются вентиляторами низкого давления (до 0.001 МПа).



1 – ось вращения лопастей, 2 – лопасти, 3 – двигатель, —→ направление движения газа

Рисунок 27 – Схема осевого вентилятора



1 – корпус, 2 – лопасти, 3 – двигатель, —→ направление движения газа

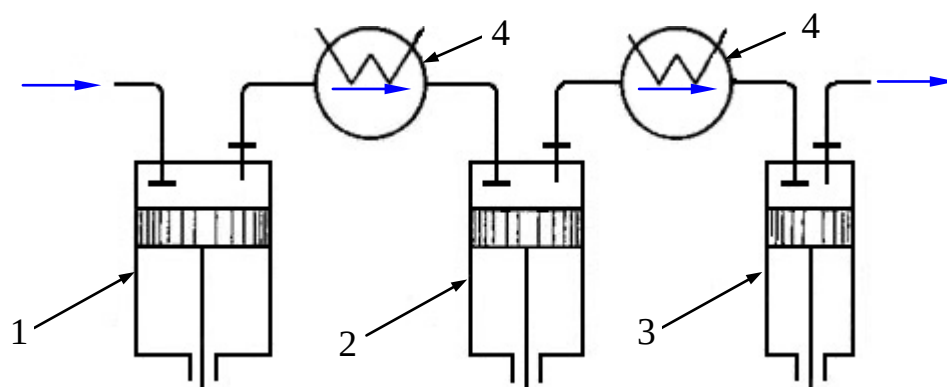
Рисунок 28 – Осевой вентилятор

Контрольные вопросы к разделу 3 Конструкции вентиляторов.

1. Какие машины называют вентиляторами?
2. Поясните принцип действия и устройство центробежного вентилятора?
3. Поясните принцип действия и устройство осевого вентилятора?

4 Конструкции компрессоров и вакуум-насосов

Сжатие газов, равно, как и создание вакуума, может производиться в объёмных и динамических машинах. Устройства для сжатия традиционно подразделяют на компрессоры (создаваемая разница давлений более 0.3 МПа) и газодувки (разность давлений от 0.1 до 0.3 МПа). Для получения высоких давлений применяют многоступенчатое сжатие с промежуточным охлаждением газа, что позволяет приблизить процесс компрессии к изотермическому, и сократить, таким образом, затраты энергии. На рисунке 29 представлена схема поршневого трехступенчатого компрессора с двумя промежуточными холодильниками 4 [1,10].



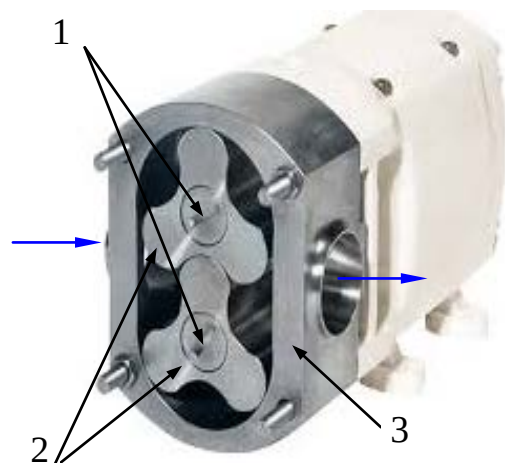
1 – первая ступень сжатия (первый рабочий цилиндр), 2 – вторая ступень сжатия (второй рабочий цилиндр), 3 – третья ступень сжатия (третий рабочий цилиндр), 4 – промежуточные холодильники, —→ направление движения газа

Рисунок 29 – Схема трехступенчатого поршневого компрессора

Центробежные компрессоры, часто называемые турбокомпрессорами, также изготавливаются многоступенчатыми, но промежуточное охлаждение газа в них, как правило, не делается.

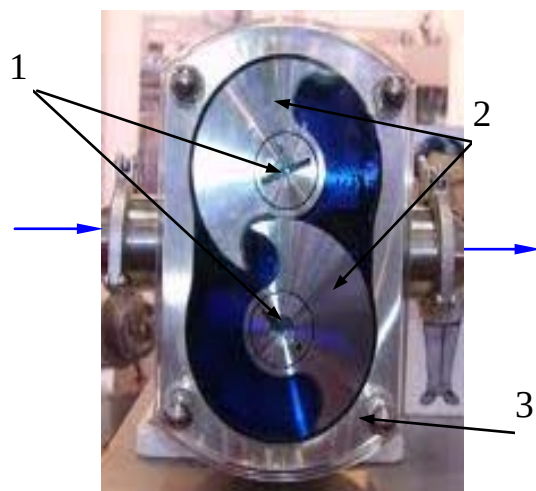
Для создания небольших перепадов давлений используются объёмные роторные (рисунок 30) и кулачковые газодувки (рисунок 31), принцип действия которых аналогичен принципу действия шестерёнчатого насоса [1,10].

Также часто применяются пластинчатые газодувки с разным количеством пластин на роторе.



1 – валы роторов, 2 – роторы, 3 – корпус, —→ направление движения газа

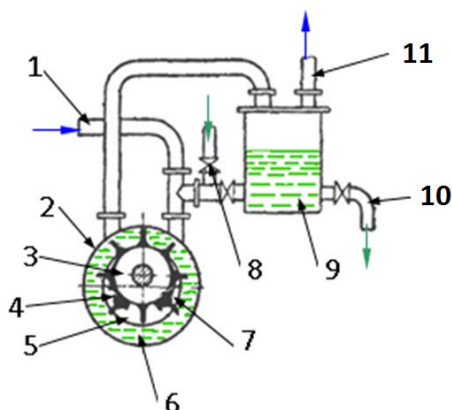
Рисунок 30 – Вид роторной газодувки со снятой крышкой



1 – валы кулачков, 2 – кулачки, 3 – корпус, —→ направление движения газа

Рисунок 31 – Вид кулачковой газодувки со снятой крышкой

Вакуум-насосы в большинстве своём имеют такое же устройство, как и компрессоры. Специфической конструкцией, применяемой чаще всего как вакуум-насос, является водокольцевой вакуум-насос (вакуум-насос с жидкостным поршнем) рисунок 32 [1,11]. Эти машины отличаются рядом преимуществ перед другими конструкциями, а именно, простотой, долговечностью, возможностью работать с агрессивными и влагосодержащими газами, газами не допускающими соприкосновения со смазочными маслами, легковоспламеняющимися газами и парами.



1 – всасывающий трубопровод, 2 – корпус, 3 – рабочее колесо с лопатками, 4 – выхлопное отверстие, 5 – рабочие камеры, 6 – жидкостное кольцо, 7 – всасывающее отверстие, 8 – регулирующий вентиль, 9 – бачок с жидкостью, 10 – сливной патрубок, 11 – нагнетательный трубопровод, → направление движения газа, → направление движения жидкости

Рисунок 32 – Схема вакуум-насоса с жидкостным поршнем

В неподвижном корпусе **2** вращается рабочее колесо **3**. Вакуум-насос заполняют до определённого уровня водой или другой жидкостью. При вращении рабочего колеса жидкость под действием центробежной силы отбрасывается к стенке, образуя жидкостное кольцо **6** и рабочая камера **5**. При отходе жидкостного кольца от втулки рабочего колеса образуется разрежение, вследствие чего газ засасывается через всасывающий трубопровод **1** и через всасывающее отверстие **7** поступает внутрь рабочей камеры **5**. При дальнейшем вращении колеса происходит сжатие, и газ выталкивается через выхлопное отверстие **4** в бачок **9**, где происходит отделение газа от жидкости. Газ выходит в нагнетательный трубопровод **11**, а жидкость возвращается в корпус или сливается через патрубок **10**. Регулирование уровня жидкости происходит вентилем **8**.

Контрольные вопросы к разделу 4 Конструкции компрессоров и вентиляторов.

1. Какие машины называют компрессорами?
2. Какие машины называют газодувками?
3. Для чего применяют многоступенчатое сжатие газов?
4. Поясните принцип действия и устройство трехступенчатого поршневого компрессора?
5. Поясните принцип действия и устройство роторной газодувки?
6. Преимущества водокольцевых вакуум-насосов?
7. Поясните принцип действия и устройство водокольцевого вакуум-насоса?

5 Характеристики центробежных машин

Характеристиками центробежного насоса (вентилятора) называются зависимости развиваемой машиной разности давлений (ΔP , Па) или пропорционального ей напора ($H = \frac{\Delta P}{\rho g}$, м), затрачиваемой мощности (N , Вт) и коэффициента полезного действия (КПД, η) от величины объёмного расхода среды ($\text{м}^3/\text{с}$).

$$\Delta P_c(V_c), N(V_c) \text{ и } \eta(V_c), \quad (1)$$

где $\eta = \frac{V_c \Delta P}{N}$ - КПД вентилятора (насоса), показывающий с какой эффективностью потребляемая извне мощность электродвигателя (N) передается потоку газа (жидкости) [1].

Явный вид зависимостей (1) получают опытным путём при постоянных значениях числа оборотов ($n, \frac{\text{об}}{\text{мин.}}$) рабочего колеса. На рисунке 33 представлены типичные характеристики (сплошные линии) центробежной машины при $n = \text{const}$. А – рабочая точка

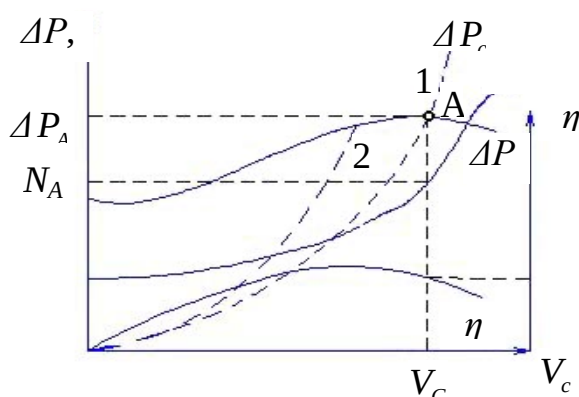


Рисунок 33 - Характеристики центробежной машины (сплошные кривые) и гидравлической сети (пунктирные кривые)

Разность давлений (ΔP , Па), создаваемая центробежным насосом или вентилятором, в свою очередь создаёт поток среды в гидравлических системах (сетях), то есть в трубопроводах, содержащих различного рода местные сопротивления (повороты, изменения сечения трубопровода), регулирующие расход устройства (вентили, задвижки) и возможно, - аппараты типа теплообменников и т.п. Такого рода гидравлические сети оказывают сопротивление проходящей по ним среде. Зависимость разности давлений на противоположных концах гидравлической сети $\Delta P_c(V_c)$ от секундного расхода среды ($V_c, \text{м}^3/\text{с}$), называют характеристикой сети. На рисунке 33 представлены

сравнительные характеристики двух сетей (пунктирные линии 1 и 2), из которых первая обладает большим значением гидравлического сопротивления потоку. Действительно, чем больше сопротивление сети, тем большее значение разности давлений необходимо создать на входе и выходе из такой сети для обеспечения одинаковых расходов среды.

Характеристики центробежных машин (приводятся в паспортных данных) и гидравлических сетей используются при подборе насоса (вентилятора) обеспечивающего заданный расход среды для конкретной гидравлической сети.

Характеристика сети обычно находится расчетным путём по известному соотношению (здесь без слагаемого с противодавлением):

$$\Delta P = \frac{\rho w^2}{2} + \rho g H + \lambda \frac{L}{d_{\text{э}}} \frac{\rho w^2}{2} + \sum_{i=1}^n \zeta_i \frac{\rho w^2}{2}, \quad (2)$$

где w - средняя по поперечному сечению трубопроводу скорость потока, м/с ,

ρ - плотность вещества потока, кг/м^3 ,

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения,

H - высота подъёма потока, м,

$L, d_{\text{э}}$ - длина и эквивалентный диаметр трубопровода, м,

ζ_i - коэффициент i - го местного сопротивления,

λ - коэффициент трения.

При расчетах характеристики гидравлической сети по формуле (2) вместо скорости w подставляется её выражение через объёмный расход ($V_{\text{н}}, \text{м}^3/\text{с}$):

$$w = \frac{V_{\text{с}}}{\frac{\pi}{4} d_{\text{э}}^2}$$

На характеристику сети накладываются характеристики вентилятора. Точка пересечения кривых $\Delta P_{\text{с}}(V_{\text{с}})$ и $\Delta P(V_{\text{с}})$ называется рабочей точкой (точка А на рисунке 33). По положению рабочей точки находятся значения $\Delta P_{\text{А}}$, $N_{\text{А}}$ и $\eta_{\text{А}}$ при работе данной машины на данную гидравлическую сеть.

Контрольные вопросы к разделу 5 Характеристики центробежных машин.

1. Что такое характеристики центробежного насоса (вентилятора)?
2. Как получают характеристики центробежного насоса (вентилятора)?
3. Что такое характеристика гидравлической сети?
4. Что такое рабочая точка?

6 Конструкции химических реакторов

6.1 Классификация химических реакторов

Конструкции современных химических реакторов очень разнообразны и определяются типом реакции, фазовым состоянием реагентов, характером протекания процесса во времени (периодический, непрерывный), режимом движения реагентов (проточный, полупроточный, с рециклом), тепловым режимом. Существует много вариантов классификации реакторов, при рассмотрении особенностей конструкций удобно использовать классификацию по фазовому состоянию реакционной смеси [2,12].

Реакторы для проведения гомогенных процессов (газофазных и жидкофазных).

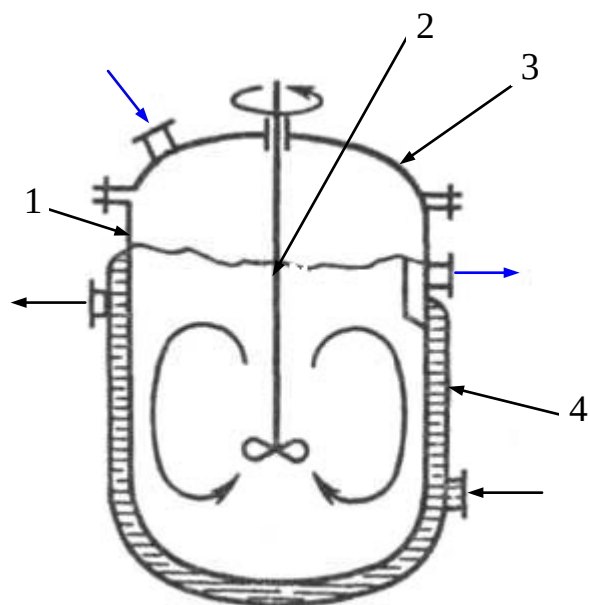
Реакторы для проведения двухфазных процессов (газожидкостные реакторы)

Реакторы для проведения гетерогенно-каталитических процессов (газ – твердый катализатор, жидкость – твердый катализатор и трехфазные реакторы: газ – жидкость – твердый катализатор).

6.2 Конструкции реакторов для проведения гомогенных процессов

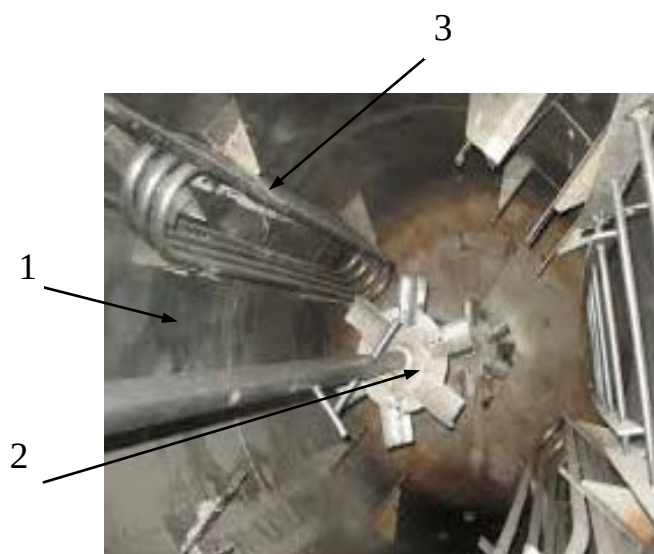
Для проведения газофазных реакций (пиролиза, крекинга) в нефтехимической промышленности применяются трубчатые печи, рассмотренные в первой части данных методических указаний.

Жидкофазные реакции часто проводят в аппаратах с различными типами механических мешалок и теплообменных устройств. На рисунках 34 и 35 показан один из вариантов реактора такого типа. Реакционная смесь подается через штуцер в крышке аппарата 3, перемешивается мешалкой два, продукты реакции выводятся из штуцера на корпусе, в приварную рубашку 4 подается теплоноситель для поддержания температурного режима реакционного процесса. Теплообменные устройства могут быть также выполнены в виде внутренних (рисунок 35) или наружных змеевиков [2,13].



1 – корпус, 2 – мешалка, 3 – крышка, 4 – рубашка, —→ направление подачи реагентов и выхода продуктов реакции, —→ направление движения теплоносителя

Рисунок 34 – Схема реактора с мешалкой



1 – корпус, 2 – мешалка, 3 – теплообменный змеевик

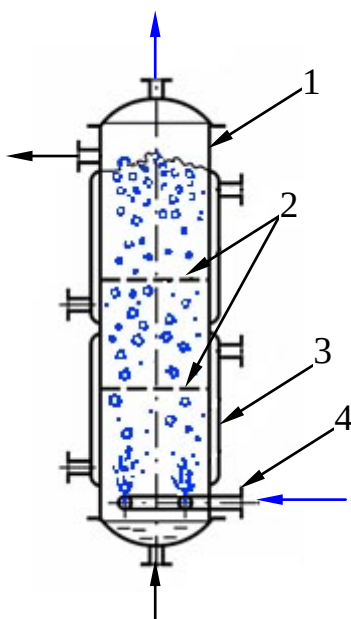
Рисунок 35 – Реактор с мешалкой со снятой крышкой

6.3 Конструкции реакторов для проведения газожидкостных процессов

Основным параметром, характеризующим эффективность газожидкостных реакторов, является поверхность контакта фаз [14]. В зависимости от способа образования межфазной поверхности данные реактора разделяют на три основные группы:

1. барботажные реакторы, в которых поверхность раздела фаз образуется при введении газа в слой жидкости через газораспределительные устройства различной конструкции;
2. реакторы с механическим диспергированием газа, где вводимый в аппарат газ распределяется в жидкости механическими устройствами, мешалками и т.п.;
3. Пленочные реакторы, в которых контакт газ контактирует с жидкостью, движущейся в аппарате в виде тонкой пленки.

На рисунке 36 изображен барботажный колонный реактор. Жидкий реагент вводится в колонну **1** снизу, газовый - через барботер (газораспределительное устройство) **4**, внутри колонны размещаются дополнительные газораспределительные решетки **2**, температурный режим реакции поддерживается подачей теплоносителя в рубашку **3** или установкой внутренних теплообменных змеевиков.

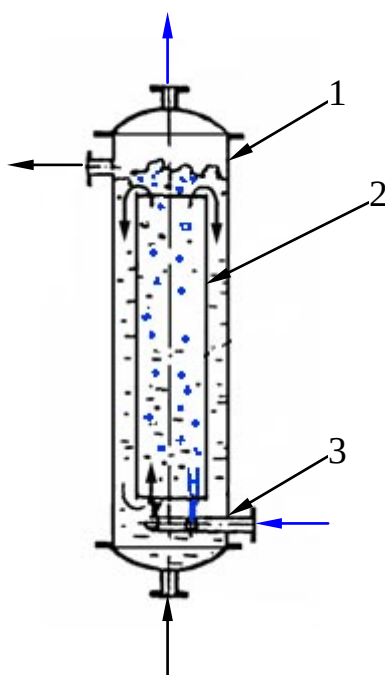


1 – корпус, 2 – газораспределительные решетки, 3 – рубашка, 4 – барботер, —→ направление подачи жидких реагентов и выхода жидких продуктов реакции, —→ направление движения газовой фазы

Рисунок 36 – Схема барботажного колонного реактора

Барботажные колонны имеют простую конструкцию, имеют большой объём, часто используются как реактора периодического действия. Использовать такие аппараты не целесообразно использовать для проведения реакций с большим тепловым эффектом, так как удельная поверхность теплопередачи в них мала (особенно в реакторах с рубашками).

На рисунке 37 представлен газлифтный реактор, в котором скорость движения газожидкостной смеси значительно больше, чем в барботажных колоннах, что позволяет увеличить нагрузку таких аппаратов по газу, улучшить теплообмен между реагентами и встроенными теплообменными элементами или наружными рубашками, позволяет проводить реакции между газовой фазой и эмульсиями жидкостей с существенно - разными плотностями. Внутри корпуса 1 установлена барботажная труба 2, в которую вводится газовый реагент через барботер 3, жидкие реагенты подаются в нижнюю часть колонны, жидкие продукты реакции выводятся сверху. При подаче газа в барботажной трубе образуется газожидкостная смесь, плотность которой меньше плотности однородной жидкости в циркуляционной зоне аппарата, поэтому барботажная труба работает как газлифт, и реагенты интенсивно циркулируют в аппарате.



1 – корпус, 2 – барботажная труба, 3 – барботер, —→ направление подачи жидких реагентов и выхода жидких продуктов реакции,
 —→ направление движения газовой фазы

Рисунок 37 – Схема газлифтного реактора

Реакторы с механическим диспергированием газа конструктивно похожи на реактор с мешалкой изображенный на рисунке 34. Газ подается в аппарат

через барботер под мешалку. Аппараты с пленочным течением жидкости предпочтительны в случаях быстрых реакций, когда доля реагента в газовой фазе мала. В большинстве случаев такой реактор представляет собой кожухотрубчатый аппарат, в трубах которого происходит химическая реакция, в межтрубное пространство подается теплоноситель. Жидкость стекает пленкой по стенкам трубок, газ поднимается по центру. Существуют так же аппараты с восходящей пленкой жидкости.

6.4 Конструкции реакторов для проведения гетерогенно-каталитических процессов

Реакторы для проведения каталитических реакций на твердом катализаторе подразделяются на: аппараты с неподвижным (стационарным) слоем катализатора, аппараты с взвешенным (псевдоожиженным) слоем катализатора и на аппараты с движущимся слоем [2,15].

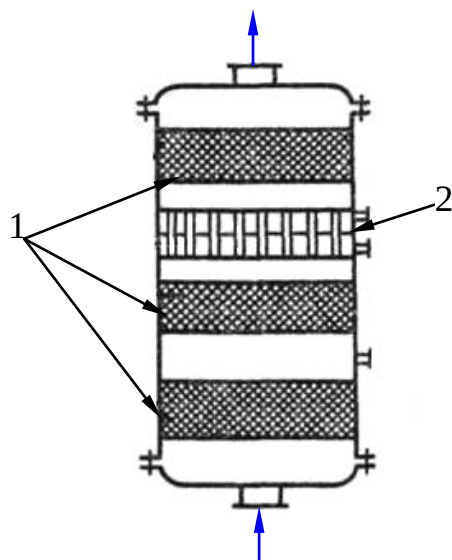
Реакторы с неподвижным зернистым слоем в конструктивном отношении довольно просты и представляют собой колонные аппараты, в которых на специальных перфорированных решетках, пропускающих поток сплошной среды, размещается гранулированный катализатор (рисунок 38).



Рисунок 38 – Гранулированные катализаторы гидроочистки

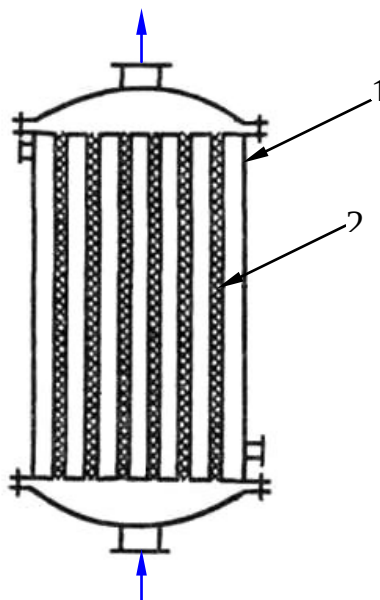
На рисунке 39 представлена схема многослойного каталитического реактора с промежуточными теплообменными элементами. Газовая реакционная смесь подается в реактор снизу, проходит через слои катализатора 1 и теплообменник 2, продукты реакции выходят через верхний штуцер.

Если реакция сопровождается значительным тепловым эффектом и для отвода тепла требуется большая поверхность теплообмена, то катализатор размещают в трубах кожухотрубчатого реактора (рисунок 40). Реакционная смесь проходит по трубкам 1, в межтрубное пространство подается теплоноситель для снятия тепла, выделяющегося в ходе реакции.



1 – слои катализатора, 2 – теплообменник, — направление подачи реагентов и выхода продуктов реакции

Рисунок 39 – Схема многослойного каталитического реактора

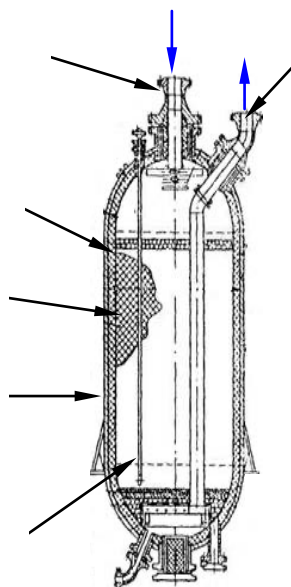


1 – корпус, 2 – трубы с катализатором, — направление подачи реагентов и выхода продуктов реакции

Рисунок 40 – Схема кожухотрубчатого каталитического реактора

При нефтепереработке реакторы с неподвижным слоем катализатора применяются в процессе риформинга. Используется два типа аппаратов различающихся направлением ввода сырья в слой катализатора: реактора с аксиальным и радиальным вводом [13].

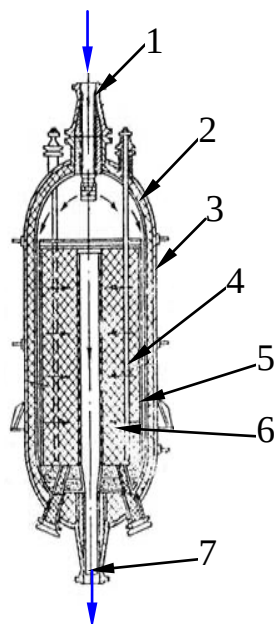
На рисунке 41 приведен реактор с аксиальным вводом. Сырьё вводится в реактор через штуцер 1, пройдя через слой катализатора 3, продукты удаляются через трубу 6. Для контроля температуры в реакторе размещается многозонная термопара 5.



1 – штуцер для ввода сырья, 2 – футеровка, 3 – катализатор, 4 – корпус,
5 – многозонная термopа, 6 – труба для вывода продуктов реакции,
— направление подачи реагентов и выхода продуктов реакции

Рисунок 41 – Схема реактора с аксиальным вводом сырья

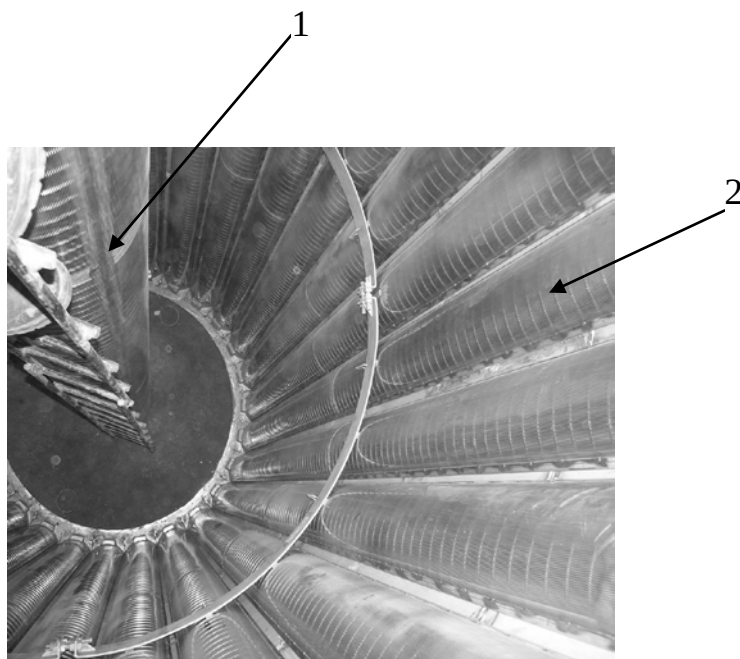
Реактор с радиальным вводом сырья и внутренней футеровкой изображен на рисунках 42 и 43. Сырьевая смесь проходит через катализатор в радиальном направлении, при этом снижается гидравлическое сопротивление реактора, и катализатор не засоряется продуктами коррозии.



1 – штуцер для ввода сырья, 2 – футеровка, 3 – корпус, 4 – многозонная термopа, 5 – скалопы, 6 – катализатор, 7 – труба для вывода продуктов реакции, — направление подачи реагентов и выхода продуктов реакции

Рисунок 42 – Схема реактора с радиальным вводом сырья

Сырьё вводится в реактор через верхнее распределительное устройство **1**, через скаллопы **5** (устройства для распределения газожидкостной смеси по объёму реактора, (**2** – на рисунке 43) проходит в слой катализатора **6**, продукты реакции выводятся через центральную перфорированную трубу **7** (**1** – на рисунке 43).

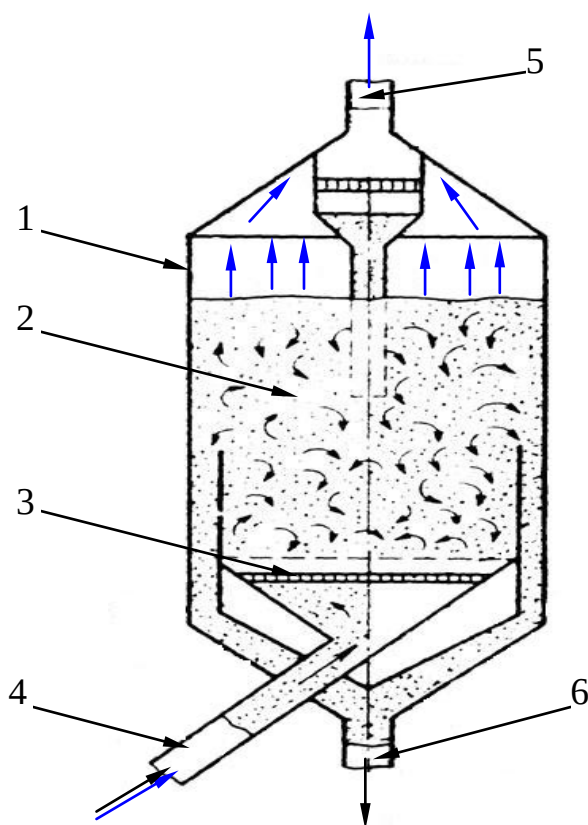


1 –центральная перфорированная труба, 2 –скаллопы

Рисунок 43 –Реактор с радиальным вводом сырья – вид сверху, без катализатора

Реактора с радиальным вводом сырья изготавливаются также без футеровки с монометаллическим корпусом (рисунок 45). Корпус аппарата и штуцеры для ввода и вывода сырья изготовлены из стали 1Х2М1.

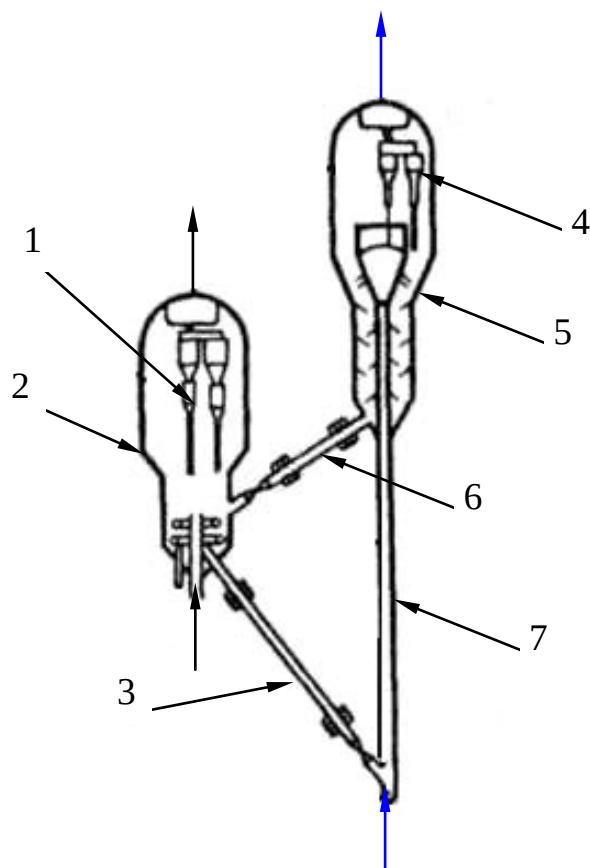
При проведении высокотемпературных каталитических процессов очень важно обеспечить равномерный тепло- и массообмен по во всём реакционном пространстве. Однако в неподвижном слое катализатора сложно избежать местных перегревов и застойных зон, в которых время пребывания реагентов много больше требуемого. Этих недостатков в значительной мере лишены процессы, проводимые во взвешенном или псевдооживленном слое катализатора. Частицы катализатора переходят во взвешенное состояние, когда силовое воздействие среды превосходит вес частицы, слой взвешенных частиц ведет себя подобно жидкости, его легко перемещать из одного аппарата в другой, что особенно необходимо, если требуется непрерывная циркуляция катализатора между реактором и аппаратом для его регенерации (допустим для выжигания кокса из катализатора крекинга). На рисунке 44 показан реактор взвешенного слоя. По патрубку **4** в аппарат через распределительную решетку **3** поступает регенерированный катализатор и сырьё. Продукты реакции выходят из верхней части аппарата, из патрубка **6** на дне аппарата катализатор подается в регенератор.



1 – корпус, 2 – катализатор, 3 – распределительная решетка, 4 – патрубок для подачи регенерированного катализатора и сырья, 5 – патрубок для вывода продуктов реакции, 6 – патрубок для подачи катализатора на регенерацию,
 ————— направление подачи реагентов и выхода продуктов реакции,
 ————— направление подачи и выхода катализатора

Рисунок 44 – Схема реактора с взвешенным слоем катализатора

В случае, если время пребывания катализатора и реагентов в зоне реакции должно быть небольшим, порядка 5 – 7 секунд, используются лифтреакторы [2,16]. Например: в каталитическом крекинге углеводородов на цеолитсодержащем катализаторе. Лифтреактор представляет собой вертикальную трубу, в которой транспорт катализатора потоком паров сырья сочетается с протеканием химических реакций. На рисунке 45 изображен реакторно-регенераторный блок крекинга включающий в себя лифтреактор 7. Сырье подается в реактор снизу, увлекает с собой регенерированный катализатор, в сепараторе 5 происходит отделение продуктов от отработанного катализатора, катализатор сыпается в регенератор 2, а газообразные продукты реакции выходят сверху. В регенераторе 2 происходит выжигание кокса в потоке подаваемого воздуха. Для лучшего отделения катализатора в регенераторе и сепараторе установлены циклоны 1,4.



1 – циклоны регенератора, 2 – регенератор, 3 – труба транспорта регенерированного катализатора, 4 – циклоны сепаратора, 5 – сепаратор, 6 – труба транспорта отработанного катализатора, —→ направление подачи реагентов и выхода продуктов реакции, —→ направление подачи газа на регенерацию и выхода газов регенерации

Рисунок 45 – Схема реакторно–регенераторного блока лифтреактора крекинга.

Для проведения реакции с очень малым временем контакта реагента и катализатора (около 0.5 –1.5 секунд) применяются реактора системы MSCC, рисунок 46 [17,18]. В этом типе реактора зерна катализатора под некоторым углом пересекают поток парообразного сырья, время пролета катализатора и определяет время реакции. Большая часть катализатора опускается под собственным весом в нижнюю, отпарную зону реактора, продукты реакции увлекают с собой только незначительную часть катализатора, который отделяется от газового потока под действием центробежных сил сначала в системе вихревого разделения расположенной внутри реактора, потом во внешнем циклоне.

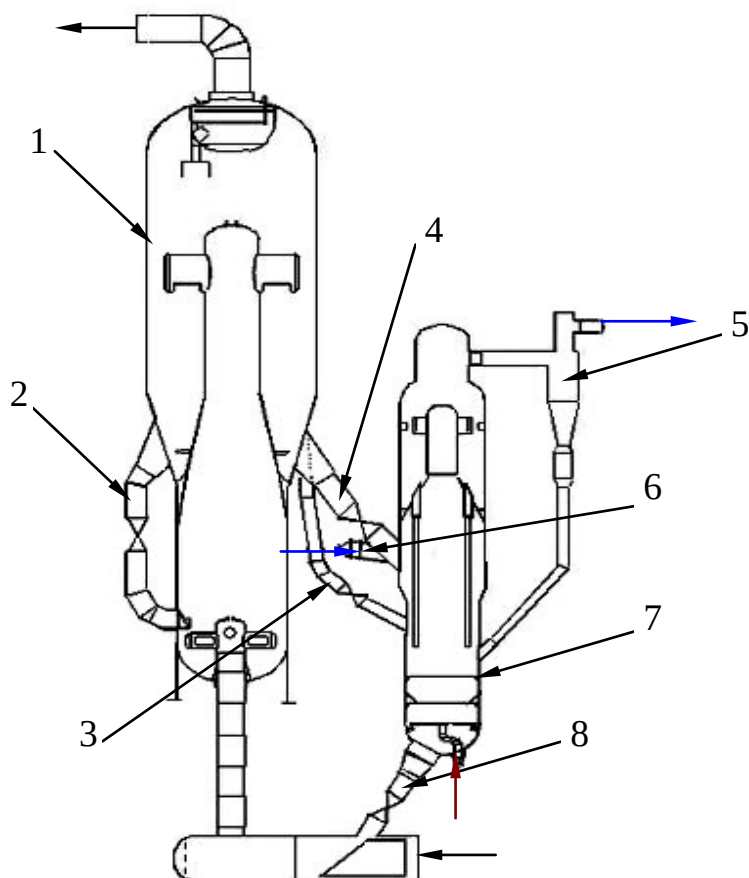


Рисунок 46 – Схема реакторно–регенераторного блока реактора крекинга системы MSCC. 1 – регенератор, 2 – труба циркулирующего катализатора, 3 – труба транспорта горячего катализатора в отпарную зону, 4 – труба транспорта регенерированного катализатора, 5 – циклон, 6 – труба подачи реагентов, 7 – реактор, 7 – труба транспорта отработанного катализатора,
→ направление подачи реагентов и выхода продуктов реакции,
→ направление подачи газа на регенерацию и выхода газов регенерации,
→ направление подачи водяного пара

Контрольные вопросы к разделу 6 Конструкции химических реакторов

1. Какие реакторы применяют для проведения жидкофазных реакций?
2. Назовите основные элементы конструкции реактора с мешалкой?
3. Какие реакторы применяют для проведения газожидкостных реакций?
4. Назовите основные элементы конструкции барботажного реактора?
5. Назовите основные элементы конструкции газлифтного реактора?
6. Какие реакторы применяют для проведения гетерогенно-каталитических процессов?
7. Поясните устройство многослойного каталитического реактора?
8. Поясните устройство кожухотрубчатого каталитического реактора?

9. Поясните устройство реактора с аксиальным вводом сырья?
10. Поясните устройство реактора с радиальным вводом сырья?
11. В каких случаях целесообразно применять реактора со взвешенным слоем катализатора?
12. Поясните устройство реактора с взвешенным слоем катализатора?
13. В каких случаях целесообразно применять лифтреактора?
14. Поясните устройство реакторно–регенераторного блока лифтреактора крекинга?
15. Поясните устройство реакторно–регенераторного блока реактора крекинга системы MSCC?

7 Содержание коллоквиумов по рассматриваемым темам

1. Коллоквиум «Перекачивающая техника»

Опрос производится по рисункам: 1, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 16, 19, 20, 23, 25, 27, 29, 32, 33.

2. Коллоквиум «Конструкции реакторов»

Опрос производится по рисункам: 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46.

Список использованных источников

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. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: <http://landscape-project.com/tech/vodyanye-nasosy-dlya-dachi-i-doma.html>, свободный.
4. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: <http://kon-mash.ru/?p=395>, свободный.
5. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: http://pump-tech.ru/novosti/mirovye_nasosnye_tehnologii/reinzhiniring_vintovyh_nasosov/, свободный.
6. Абиев Р.Ш. Насосы [Электронный ресурс] Р.Ш. Абиев / Новый справочник химика и технолога. – 2009. - Режим доступа: http://chemanalytica.com/book/novyj_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/09_protsessy_i_apparaty_khimicheskikh_tekhnologiy_chast_I/5152, свободный. – Загл. с экрана.
7. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: http://www.ence-pumps.ru/centrobezhnye_nasosy.php#mnogostup_goriz_API610_BB3, свободный.
8. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/polytechnic/6096/%D0%9E%D0%A1%D0%95%D0%92%D0%9E%D0%99>, свободный.
9. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: http://stroydash.net/struyniy_nasos, свободный.
10. Абиев Р.Ш. Компрессорные машины [Электронный ресурс] Р.Ш. Абиев / Новый справочник химика и технолога. – 2009. - Режим доступа: http://chemanalytica.com/book/novyj_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/09_protsessy_i_apparaty_khimicheskikh_tekhnologiy_chast_I/5153, свободный. – Загл. с экрана.
11. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: <http://zenova.ru/category/vodokolcevyje-vakuumnyje-nasosy>, свободный.
12. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: <http://nuru.ru/chem/oht/11.htm>, свободный.
13. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: <http://www.reefing.ru>, свободный.
14. Соколов В.Н. Газожидкостные реакторы / В.Н. Соколов, И.В. Доманский. Л.:Машиностроение, 1976. – 216 с.
15. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: http://www.alhimikov.net/priclsdnaya_chimiya/2.html, свободный.
16. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: http://www.chemport.ru/data/chemipedia/article_1596.html, свободный.

17. Хорошко С. И. MSCC Учебное пособие. / С.М. Ткачев, С.И. Хорошко, А.Ф. Корж, С.В. Покровская, А.А. Ермак. Новополоцк.: ПГУ, Мозырский НПЗ, 2002. – 173 с.
18. [Электронный ресурс] – 2015. - Режим доступа: <http://enciklopediya-tehniki.ru/tehnologiya-dobychi-gaza-i-nefti/kataliticheskiy-kreking.html>, свободный.

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.

Банных Ольга Петровна

Оборудование для нефтехимических производств
Часть 2.

Учебное пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 100

Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49