

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
**Муромский институт (филиал)**  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(МИ ВлГУ)**

Кафедра *ТБ*

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заместитель директора по УР  
\_\_\_\_\_ Д.Е. Андрианов  
\_\_\_\_\_ 25.05.2021

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

*Процессы и аппараты химической технологии*

**Направление подготовки**

*18.03.01 Химическая технология*

**Профиль подготовки**

*Химическая технология неорганических  
веществ*

| Семестр      | Трудоем-<br>кость,<br>час./зач.<br>ед. | Лек-<br>ции,<br>час. | Прак-<br>тические<br>занятия,<br>час. | Лабора-<br>торные<br>работы,<br>час. | Консультация,<br>час. | Конт-<br>роль,<br>час. | Всего<br>(контакт-<br>ная<br>работа),<br>час. | СРС,<br>час. | Форма<br>промежу-<br>точного<br>контроля<br>(экз., зач.,<br>зач. с оц.) |
|--------------|--|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|---|--------------|---|
| <b>4</b>     | <b>144 / 4</b>                         | <b>32</b>            | <b>16</b>                             |                                      | <b>5,2</b>            | <b>2,35</b>            | <b>55,55</b>                                  | <b>61,8</b>  | <b>Экз.(26,65)</b>  |
| <b>Итого</b> | <b>144 / 4</b>                         | <b>32</b>            | <b>16</b>                             |                                      | <b>5,2</b>            | <b>2,35</b>            | <b>55,55</b>                                  | <b>61,8</b>  | <b>26,65</b>  |

Муром, 2021 г.

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель дисциплины: Изучить физико-химические основы процессов и типы аппаратов, используемых в различных отраслях химической технологии

Задачи дисциплины:

изучить механические, гидромеханические, тепловые и массообменные процессы химической технологии;

изучить принципы устройства, принципы работы и методы расчета аппаратов, предназначенных для проведения различных химико-технологических процессов;

ознакомиться с методами выбора материала конструкции в зависимости от технологических условий;

способами защиты от коррозии;

рациональным конструированием аппаратов с учетом коррозионных процессов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Курс базируется на знаниях, полученных студентами в области естественно-научных дисциплин. Базовые дисциплины: общая и неорганическая химия, физическая химия, аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Знания, полученные студентами при изучении дисциплины, будут использоваться при написании ВКР.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции                                      |   | Наименование оценочного средства |
|---|---|---|----------------------------------|
|   | Индикатор достижения компетенции  | Результаты обучения по дисциплине   |                                  |
| ПК-3 Способен проектировать химико-технологические процессы   | ПК-3.2 Подбирает оборудование для производства неорганических веществ   | владеть навыками подбора оборудования для производства неорганических веществ (ПК-3.2)  | вопросы, тест                    |
| ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов | ОПК-1.3 Использует механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире                             | знать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире (ОПК-1.3)                                | вопросы, тест                    |
|   | ОПК-1.2 Изучает и анализирует физико-химические основы процессов, происходящих в основных технологических аппаратах и в природной среде | уметь анализировать физико-химические основы процессов, происходящих в основных технологических аппаратах и в природной среде (ОПК-1.2) |                                  |

## 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

### 4.1. Форма обучения: очная

Уровень базового образования: среднее общее.

Срок обучения 4г.

#### 4.1.1. Структура дисциплины

| №<br>п/п         | Раздел (тема) дисциплины                                  | Семестр | Контактная работа обучающихся с педагогическим работником |                      |                     |                    |         |              |          | Самостоятельная работа | Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации(по семестрам) |
|------------------|---|---------|---|----------------------|---------------------|--------------------|---------|--------------|----------|------------------------|--|
|                  |   |         | Лекции  | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | КП / КР | Консультация | Контроль |                        |  |
| 1                | Основные закономерности процессов химической технологии.  | 4       | 6   |                      |                     |                    |         |              |          |                        | устный опрос   |
| 2                | Механические процессы и аппараты                          | 4       | 8   | 4                    |                     |                    |         |              |          | 6                      | тестирование   |
| 3                | Гидромеханические процессы и аппараты. Основы гидравлики. | 4       | 8   | 4                    |                     |                    |         |              |          | 20                     | тестирование   |
| 4                | Теплообменные процессы и аппараты.                        | 4       | 4   | 4                    |                     |                    |         |              |          | 11                     | тестирование   |
| 5                | Массообменные процессы и аппараты.                        | 4       | 6   | 4                    |                     |                    |         |              |          | 24,8                   | тестирование   |
| Всего за семестр |   | 144     | 32  | 16                   |                     |                    | +       | 5,2          | 2,35     | 61,8                   | Экз.(26,65)  |
| Итого            |   | 144     | 32  | 16                   |                     |                    |         | 5,2          | 2,35     | 61,8                   | 26,65  |

#### 4.1.2. Содержание дисциплины

##### 4.1.2.1. Перечень лекций

##### Семестр 4

*Раздел 1. Основные закономерности процессов химической технологии.*

##### Лекция 1.

Введение. Возникновение и развитие курса ПАХТ (2 часа).

##### Лекция 2.

Основные закономерности процессов химической технологии (2 часа).

##### Лекция 3.

Теоретические основы процессов химической технологии (2 часа).

*Раздел 2. Механические процессы и аппараты*

##### Лекция 4.

Гидромеханические процессы и аппараты (2 часа).

##### Лекция 5.

Основы гидравлики. Основные свойства жидкостей (2 часа).

**Лекция 6.**

Гидростатика. Гидростатическое давление и его свойства (2 часа).

**Лекция 7.**

Прикладное практическое приложение основных законов гидростатики. Основное уравнение гидростатики (2 часа).

*Раздел 3. Гидромеханические процессы и аппараты. Основы гидравлики.*

**Лекция 8.**

Гидродинамика. Виды движения жидкостей (2 часа).

**Лекция 9.**

Транспортирование жидкостей и газов (2 часа).

**Лекция 10.**

Насосы: характеристика и свойства. Определение и классификация насосов, типовая схема насосной установки (2 часа).

**Лекция 11.**

Разделение неоднородных газовых систем. Устройство и принцип работы циклонов (2 часа).

*Раздел 4. Теплообменные процессы и аппараты.*

**Лекция 12.**

Теплообменные процессы. Тепловой баланс (2 часа).

**Лекция 13.**

Промышленные способы подвода и отвода теплоты в аппаратах химической технологии. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния (2 часа).

*Раздел 5. Массообменные процессы и аппараты.*

**Лекция 14.**

Выпаривание. Основные величины, характеризующие работу выпарного аппарата (2 часа).

**Лекция 15.**

Массообменные процессы. Классификация массообменных процессов (2 часа).

**Лекция 16.**

Кристаллизация. Мембранные процессы. Кинетика процесса кристаллизации (2 часа).

#### **4.1.2.2. Перечень практических занятий**

**Семестр 4**

*Раздел 2. Механические процессы и аппараты*

**Практическое занятие 1**

Устройства непрерывного транспорта для горизонтального перемещения (2 часа).

**Практическое занятие 2**

Измельчение твердых материалов. Виды дробилок (2 часа).

*Раздел 3. Гидромеханические процессы и аппараты. Основы гидравлики.*

**Практическое занятие 3**

Способы и средства перемешивания реакционных масс (2 часа).

**Практическое занятие 4**

Методы обогащения сырья. Флотация (2 часа).

*Раздел 4. Теплообменные процессы и аппараты.*

**Практическое занятие 5**

Методы разделения и очистки газовых смесей (2 часа).

**Практическое занятие 6**

Дистилляция и ректификация (2 часа).

*Раздел 5. Массообменные процессы и аппараты.*

**Практическое занятие 7**

Рациональное использование тепла продуктов реакции или отходящих газов (2 часа).

**Практическое занятие 8**

Абсорбция. Устройство и принцип действия абсорберов (2 часа).

### 4.1.2.3. Перечень лабораторных работ

Не планируется.

### 4.1.2.4. Перечень тем и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение:

1. Основы теории переноса количества движения (импульса), энергии (теплоты) и массы.
2. Силы, действующие в реальной жидкости. Основные характеристики потока.
3. Основное уравнение переноса субстанций.
4. Гидростатика. Гидростатическое давление. Физический смысл.
5. Размерность в системных и внесистемных единицах.
6. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
7. Основное уравнение гидростатики. Виды напора. Закон Паскаля и его практическое приложение.
8. Сила давления жидкости на плоские и криволинейные стенки. Приборы для измерения давлений.
9. Гидродинамические процессы. Скорость и расход жидкости.
10. Установившийся и неустановившийся потоки. Уравнение неразрывности.
11. Основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков.
12. Уравнение Бернулли для идеальной (невязкой) жидкости. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.
13. Гидродинамика зернистых материалов.
14. Гидравлическое сопротивление зернистого слоя (или насадочных колец).
15. Разделение жидких и газовых неоднородных систем.
16. Классификация неоднородных систем. Методы их разделения. Осаждение. Гравитационное осаждение.
17. Фильтрация. Описание процесса. Уравнение фильтрации.
18. Классификация, устройство и области применения фильтров.
19. Центрифугирование. Фактор разделения. Отстойные и фильтрующие центрифуги.
20. Сепараторы. Гидроциклоны. Классификация центрифуг; расчет производительности, расход энергии.
21. Классификация насосов, вентиляторов, компрессоров.
22. Параметры работы насосов. Поршневые насосы. Устройство.
23. Величина создаваемого напора, производительность, потребляемая мощность.
24. Центробежные насосы. Устройство и принцип действия. Рабочие характеристики.
25. Выпарные аппараты поверхностного типа, их принципиальные схемы.
26. Массообменные процессы и аппараты.
27. Общие сведения о массообменных процессах со свободной границей раздела фаз.
28. Направление массопередачи и движущая сила массообменных процессов.
29. Основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры.
30. Уравнение массопередачи. Массопередача с твердой фазой. Уравнение массопроводности.
31. Массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз.
32. Подобие процессов массопередачи с твердой фазой, определение поля концентраций.
33. Абсорбция. Область применения. Равновесие при абсорбции. Закон Генри.
34. Распыливающие абсорберы. Схемы абсорбционных установок. Десорбция.
35. Адсорбция и ионный обмен. Область применения. Адсорбенты. Равновесие при адсорбции. Уравнение Лэнгмюра.
36. Статическая и динамическая активность адсорбента. Время защитного действия слоя адсорбента.
37. Схемы адсорбционных установок. Ионообменные процессы.
38. Дистилляция и ректификация. Общие сведения.
39. Уравнение равновесия систем, подчиняющихся закону Рауля.
40. Графическое изображение линии равновесия. Виды перегонки.
41. Классификация бинарных жидких смесей. Простая перегонка. Фракционная перегонка.

42. Кристаллизация. Кристаллизация из растворов. Физические основы процесса.
43. Кинетика кристаллизации. Теории кристаллизации. Способы кристаллизации. Кристаллизаторы. Расчет кристаллизатора.
44. Кристаллизация из расплавов.
45. Мембранные процессы. Классификация мембранных процессов. Механизм мембранного процесса. Массоперенос через мембрану.

Для самостоятельной работы используются методические указания по освоению дисциплины и издания из списка приведенной ниже основной и дополнительной литературы.

#### **4.1.2.5. Перечень тем контрольных работ, рефератов, ТР, РГР, РПР**

Не планируется.

#### **4.1.2.6. Примерный перечень тем курсовых работ (проектов)**

1. Расчет многокорпусной выпарки сульфатных и сульфитных щелоков.
2. Расчет абсорбционной установки.
3. Расчет непрерывно-действующей ректификационной установки для разделения бинарных систем.
4. Расчет сушильной установки.
5. Устройство, принцип действия и расчет пенного аппарата.
6. Устройство принцип действия и расчет абсорбера.
7. Расчет теплообменного аппарата для нагревания органической жидкости насыщенным водяным паром.
8. Расчет и проектирование абсорбера.
9. Расчет и проектирование двухкорпусной выпарной установки.

### **5. Образовательные технологии**

Для реализации познавательной и творческой активности студента в учебном процессе используются современные образовательные технологии, дающие возможность повышать качество образования, более эффективно использовать учебное время. Применяются пассивные и интерактивные формы занятий. Студенты выполняют индивидуальные и групповые задания. Подробное объяснение теоретического материала на лекционных занятиях позволяет студентам применять свои знания при решении практических заданий.

### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Фонды оценочных материалов (средств) приведены в приложении.

### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

#### **7.1. Основная учебно-методическая литература по дисциплине**

1. Смаль, Д. В. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1 : учебное пособие / Д. В. Смаль, А. В. Черкасов, Ю. Н. Осипов. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2016. — 77 с. - <http://www.iprbookshop.ru/80521>
2. Власова, Г. В. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник / Г. В. Власова, Д. А. Чудиевич, Н. А. Пивоварова. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 188 с. - <https://www.iprbookshop.ru/124246>

## **7.2. Дополнительная учебно-методическая литература по дисциплине**

1. Разинов, А. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / А. И. Разинов, А. В. Клинов, Г. С. Дьяконов. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 860 с. - <http://www.iprbookshop.ru/75637>

2. Пикалов Е. С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учебное пособие, 2015 - <https://dspace.www1.vlsu.ru/handle/123456789/4205>

3. Гужель, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч.3. Массообменные процессы и аппараты : учебное пособие / Ю. А. Гужель. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2020. — 145 с. - <https://www.iprbookshop.ru/103908>

4. Гужель, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч.1. Гидромеханические процессы и аппараты : учебное пособие / Ю. А. Гужель. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2019. — 96 с. - <https://www.iprbookshop.ru/103906>

5. Гужель, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч.2. Тепловые процессы и аппараты : учебное пособие / Ю. А. Гужель. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2020. — 65 с. - <https://www.iprbookshop.ru/103907>

## **7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

В образовательном процессе используются информационные технологии, реализованные на основе информационно-образовательного портала института ([www.mivlgu.ru/iop](http://www.mivlgu.ru/iop)), и инфокоммуникационной сети института:

- предоставление учебно-методических материалов в электронном виде;
- взаимодействие участников образовательного процесса через локальную сеть института и Интернет;
- предоставление сведений о результатах учебной деятельности в электронном личном кабинете обучающегося.

Информационные справочные системы:

Chemport.ru - Химический портал. Новости химии, работа для химиков, форум и др. материалы.

Chemister.da.ru - Химия. Методики синтеза групп веществ, библиотека по химии, база данных, форум.

Программное обеспечение:

LibreOffice (Mozilla Public License v2.0)

## **7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

[iprbookshop.ru](http://iprbookshop.ru)

[e.lib.vlsu.ru:80](http://e.lib.vlsu.ru:80)

[mivlgu.ru/iop](http://mivlgu.ru/iop)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционная аудитория

проектор NEC Projector MP40G: ноутбук Acer 5720G-302G16Mi.

Лаборатория водоотведения и водоподготовки

Стенд «Определение гидравлических характеристик водопроводной сети»; комплекс лабораторный «Исследование параметров работы насосов»; макет «Насос»; комплект учебно-наглядных пособий.

## **9. Методические указания по освоению дисциплины**

Глубокому освоению теоретического материала способствует предварительная подготовка, включающая чтение предыдущей лекции, работу с учебными пособиями и научными материалами. Для успешного освоения теоретического материала студент знакомится со списком рекомендуемой основной и дополнительной литературы; уточняет у преподавателя, каким дополнительным пособиям следует отдать предпочтение; ведет конспект лекций и прорабатывает лекционный материал, пользуясь как конспектом, так и учебными пособиями. Чтобы содержательная информация по дисциплине запоминалась, целесообразно изучать ее поэтапно – по темам и в строгой последовательности, поскольку последующие темы опираются на предыдущие.

При подготовке к практическим занятиям целесообразно повторить основные понятия по теме занятия, изучить примеры, внимательно прочесть нужную тему, разобраться со всеми теоретическими положениями. Для более глубокого усвоения материала крайне важно обратиться за помощью к основной и дополнительной учебной, справочной литературе, журналам или к преподавателю за консультацией. На практических занятиях пройденный теоретический материал подкрепляется решением задач по основным темам дисциплины. Решая задачу, студент должен предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать и наметить план решения. В конце занятия обучающиеся демонстрируют полученные результаты преподавателю и при необходимости делают работу над ошибками.

Самостоятельная работа оказывает важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется обучающимся самостоятельно. Каждый обучающийся самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием дисциплины. Он выполняет внеаудиторную работу и изучение разделов, выносимых на самостоятельную работу, по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий. Важной частью работы студента является знакомство с рекомендуемой и дополнительной литературой, поскольку лекционный материал, при всей его важности для процесса изучения дисциплины, содержит лишь минимум необходимых теоретических сведений. Высшее образование предполагает более глубокое знание предмета. Кроме того, оно предполагает не только усвоение информации, но и формирование навыков исследовательской работы. Для этого необходимо изучать и самостоятельно анализировать статьи периодических изданий и Интернет-ресурсы.

Курсовая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями на курсовую работу. Обучающийся выбирает одну из указанных в перечне тем курсовых работ, исходя из своих интересов, наличия соответствующих литературных и иных источников. В ходе выполнения курсовой работы преподаватель проводит консультации обучающегося. На заключительном этапе обучающийся оформляет пояснительную записку к курсовой работе и выполняет ее защиту в присутствии комиссии из преподавателей кафедры.

Форма заключительного контроля при промежуточной аттестации – экзамен. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине разработаны фонд оценочных средств и балльно-рейтинговая система оценки учебной деятельности студентов. Оценка по дисциплине выставляется в информационной системе и носит интегрированный характер, учитывающий результаты оценивания участия студентов в аудиторных занятиях, качества и своевременности выполнения заданий в ходе изучения дисциплины и промежуточной аттестации.



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению  
*18.03.01 Химическая технология* и профилю подготовки *Химическая технология  
неорганических веществ*  
Рабочую программу составил к.х.н., доцент Ермолаева В.А. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры *ТБ*

протокол № 16 от 25.05.2021 года.

Заведующий кафедрой *ТБ* \_\_\_\_\_ *Шарапов Р.В.*

(Подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической  
комиссии факультета

протокол № 6 от 25.05.2021 года.

Председатель комиссии МСФ \_\_\_\_\_ *Калиниченко М.В.*

(Подпись)

(Ф.И.О.)

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

Программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

**Фонд оценочных материалов (средств) по дисциплине**  
Процессы и аппараты химической технологии

**1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине**

Тест:

- Давление, при котором производятся гидравлические испытания, называется...
- Наибольшее значения давления, обеспечивающее заданный режим эксплуатации - ...
- Теплообменники с неподвижными трубными решетками нельзя использовать при разности температур сред более...
- Теплообменники типа «труба в трубе» используют при разности температур сред не более ...
- В процессе эксплуатации насадочных колонн может произойти... насадки
- ... колонна представляет собой несколько простых колонн, объединенных в общем корпусе и расположенных одна над другой
- В динамическом режиме работают.... тарелки
- Полная компенсация температурных напряжений обеспечивается в теплообменниках...
  - с неподвижными трубными решетками
  - с U-образными трубами
  - с плавающей головкой
  - с компенсатором на кожухе
- Разделение смесей, состоящих из компонентов с низкими температурами кипения, осуществляют при....давлении
  - повышенном
  - пониженном
  - атмосферном
- Для разделения компонентов с высокими температурами кипения ректификацию проводят при .... давлении
  - повышенном
  - пониженном
  - атмосферном
- Крепление S-образных элементов к опорным полосам осуществляют при помощи ....
- ..... части S-образных тарелок должны быть обращены в сторону слива жидкости с тарелки
- Особенность работы ..... колонн – небольшое гидравлическое сопротивление, что позволяет использовать их в процессах вакуумной ректификации
- Важнейшим эксплуатационным показателем работы клапанных тарелок является.....
  - Для бесколпачковых тарелок отклонение от горизонтальности должно составлять....
    - н/б 3 мм
    - н/б 1/1000 диаметра колонны
    - н/м 1/3000 диаметра колонны
  - Наиболее просты по конструкции и в эксплуатации .... отбойники
  - При работе аб- ад- и десорберов ..... концентрации могут возникнуть при нарушении количественных показателей сырья или при попадании воздуха в аппарат
  - Трубы в печах соединены в единый змеевик при помощи..... камер
  - Перед использованием газообразного топлива в трубчатых печах из его состава необходимо отделить ....
  - Найти соответствие между типом тарелки и основными эксплуатационными показателями:
 

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| 1. S-образные | А. динамический режим работы |
| 2. клапанные  | Б. узкий диапазон нагрузок   |

3. Ситчатые            В. Точность установки и работа с чистыми жидкостями  
4. решетчатые        Г. колпачковая часть обращена в сторону слива жидкости.

- Порядок аварийной остановки печи при .... – погасить форсунки, прекратить подачу сырья, продуть змеевик паром.

- Найти соответствие между аппаратами и характерными аварийными ситуациями

1. теплообменники жесткой конструкции
2. трубный змеевик
3. абсорбер
4. дымоход трубчатых печей

А. взрыв  
Б. разгерметизация вследствие температурных деформаций  
В. возгорание сажи  
Г. прогар и возгорание сырья

- Увеличение .... свидетельствует о нарушении теплового режима и ухудшении теплопередачи

температура сырья на выходе из трубного змеевика  
температура дымовых газов над перевальной стенкой

- Для предотвращения прогара труб необходимо поддерживать .... в установленных пределах

- Путем выжигания кокса проводят.....катализатора

- Подача хладагента предусмотрена в аппараты, предназначенные для протекания.....реакций

- Подача теплоносителя предусмотрена в аппараты, предназначенные для протекания... реакций

- К реакторам с ... слоем катализатора относятся трубчатые и адиабатические

- ...реакторы представляют собой пустотелые аппараты, заполненные слоем катализатора

- Аппаратура для проведения процессов хлорирования работает в условиях сильной ...

- Реакционные аппараты подвержены наибольшей температурной деформации во время...

- Для предотвращения разгерметизации реакционного аппарата со взрывом необходимо предусмотреть установку...

- К аппаратам внешней пылеочистки на установках с псевдоожиженным слоем катализатора относятся

циклоны  
скрубберы  
электрофильтры  
рукавные фильтры

- Важнейший параметр, определяющий безопасность эксплуатации реакционных аппаратов - ...

- ... устройства используют в реакторах, для осуществления реакций в газовой фазе на твердом катализаторе

- Насадки, решетки, диффузоры, сетки и т.п., используемые в реакторах с твердым катализатором, относятся к ...устройствам газораспределительным

- Неточная центровка, ненадежное крепление деталей, отсутствие смазки, уплотняющей и охлаждающей жидкости и т.д. приводят к ... центробежных насосов

- Разрушающее действие на насос оказывает...

- Работа насоса в режиме... может вызвать вибрацию

- При эксплуатации поршневых насосов обслуживающий персонал должен регулярно «прослушивать» работу...

- Износ гильзы цилиндра, поломка клапанов, седел и т.д. – это характерные неисправности для ... насосов

- Конструктивно различают центробежные и ... вентиляторы

- При необходимости подачи или отсоса большого количества воздуха без избыточного напора используют ... вентиляторы
- ...установки подразделяют на воздушные и газовые
- Основное требование, обеспечивающее нормальную работу ... - сохранение их геометрической формы и обеспечение герметичности всех элементов и участков сопряжений
- Трубопроводы с температурой наружной поверхности стенки более ... должны быть покрыты изоляцией
- В самой верхней отметке трубопроводов устанавливают...
- В самых низких участках трубопроводов предусматривают ...
- Состояние арматуры и привода проверяют  
каждый месяц  
раз в год  
каждые три месяца
- В реакторах с псевдоожиженным слоем катализатора наиболее характерным видом износа является...
- Наиболее сильно изнашиваются внутренние элементы  
трубчатых реакторов  
адиабатических реакторов  
реакторов с псевдоожиженным слоем катализатора  
реакторов с рубашками и мешалками
- Скорость разогрева реактора при пуске необходимо поддерживать в установленных пределах для предотвращения  
перегрева сырья  
возникновения температурных деформаций  
роста давления
- В реакторах-полимеризаторах используют мешалки, снабженные специальными...
- Основным условием обеспечения безаварийной эксплуатации реакторов с твердым катализатором является равномерное распределение  
сырья во всех сечениях аппарата  
сырья на входе в аппарат  
катализатора по высоте аппарата
- Основным недостатком трубчатых реакторов является трудность поддержания температурного режима по  
сечению трубы  
сечению аппарата  
длине трубы
- Основной недостаток ...реакторов – сложность регулирования температуры по высоте слоя катализатора
- Для предотвращения температурных деформаций корпуса в... реакторах предусмотрена установка линзовых компенсаторов  
трубчатых  
адиабатических  
реакторах с мешалками
- Реакцию и регенерацию катализатора проводят в одном аппарате  
в реакторах с рубашкой и мешалкой  
в реакторах с неподвижным слоем катализатора  
в реакторах с псевдоожиженным слоем катализатора
- Реакцию и регенерацию катализатора проводят в различных аппаратах при проведении процесса  
в жидкой фазе  
с использованием неподвижного слоя катализатора  
с использованием псевдоожиженного слоя катализатора
- Нарушения технологического режима при проведении процессов окисления может привести к ...

- Превышение допустимых пределов скорости хлорирования может привести к ...
- Для предотвращения разгерметизации аппаратов, предназначенных для проведения процессов хлорирования, их следует изготавливать из материалов, стойких, в первую очередь к воздействию высоких давлений
- к коррозии
- к воздействию высоких температур
- Для улавливания катализаторной пыли внутри аппаратов с псевдоожиженным слоем размещают...
- Подача катализатора в реактор с псевдоожиженным слоем осуществляется потоком...
- Подача катализатора в регенератор с псевдоожиженным слоем осуществляется потоком...
- ...насоса включает разборку, проверку состояния, чистку, сборку и центровку с приводом
- Нарушение нормальной работы... насосов проявляется в падении производительности и развиваемого напора
- Потеря полного давления, развиваемого вентилятором по сравнению с паспортной величиной не должна превышать ...%
- 6 3 10
- При работе ... нарушение герметичности можно обнаружить путем замера расхода до и после агрегата, которое не должно превышать 5%
- Основные опасности при эксплуатации... компрессорных установок связаны с повышением давления, температуры и с возможностью образования взрывоопасных смесей
- Повышенный расход ... на узлы воздушного компрессора может привести к возникновению аварийной ситуации
- Важное условие безопасности ... компрессорных установок – применение только тех марок смазочных масел, которые указаны в паспорте
- Полная герметичность агрегата, отвод газа после уплотнений и защитная продувка азотом предусмотрены для обеспечения безопасности компрессоров для сжатия углеводородных газов хлора кислорода ацетилена
- Ротационные компрессоры с водяным уплотнением рекомендуется использовать для сжатия
  - углеводородных газов
  - хлора
  - кислорода
  - ацетилена
- Причиной забивки циклонов может быть их эксплуатация при температурах ниже...
- Резкое снижение сопротивления в рукавных фильтрах свидетельствует о... выходе из строя механизма встряхивания забивке фильтровальной ткани разрыве рукава
- Арматура, предназначенная для сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей, независимо от температуры и давления должна быть выполнена из
  - чугуна
  - титана
  - стали
- Предупреждающие кольца красного цвета наносят на трубопроводах, предназначенных для перекачивания ... веществ
  - легковоспламеняющихся
  - ядовитых
  - взрывоопасных
- Для жидкостных реакций, протекающих с большим тепловым эффектом целесообразно использовать реактор с турбинными мешалками

- с рубашкой
- с встроенными внутренними теплообменниками
- Общий недостаток... реакторов - периодичность их работы, связанная с необходимостью регенерации катализатора
- адиабатических
- трубчатых
- с рубашкой и мешалкой
- с псевдооживленным слоем катализатора
- Реакционные аппараты покрывают слоем футеровки при проведении высокотемпературных процессов
- при использовании агрессивных сред
- при высоком давлении в аппарате
- для защиты металла от атмосферной коррозии
- Нарушение целостности ... может явиться причиной возможных температурных деформаций корпуса и, как следствие, разгерметизации аппарата
- Найти соответствие между типом реактора и протекающим в нем процессе
- адиабатический реактор
- рифформинг
- реактор с рубашкой и мешалкой
- жидкофазный процесс
- реактор с псевдооживленным слоем катализатора
- каталитический крекинг
- Для перекачивания химически активных и легковоспламеняющихся веществ находят применение центробежные ... насосы
- Если стояки циклонных элементов в аппаратах с псевдооживленным слоем катализатора не погружены в слой катализатора, то на их концах устанавливают...
- Найти соответствие между аппаратами и их эксплуатационными особенностями:
- регенератор с псевдооживленным слоем
- полное использование кислорода
- реактор с мешалкой
- герметизация вала
- циклонные элементы
- поддержание столба катализатора
- адиабатический реактор
- регулирование температуры по высоте слоя катализатора
- Для предотвращения интенсивного износа ... в аппаратах с псевдооживленным слоем катализатора предусмотрена их защита при помощи протекторов
- стенок корпуса
- криволинейных участков транспортных линий
- газораспределительных решеток
- Найти соответствие между типом химического процесса и наиболее вероятными аварийными ситуациями:
- процессы окисления
- образование взрывоопасных смесей
- процессы хлорирования
- возможность разгерметизации и возгорания вследствие сильной коррозии
- процессы нитрования
- повышение температуры и давления вследствие попадания в реактор воды
- процессы сульфирования
- перегрев реактора и местные перегревы в связи с большим тепловым эффектом
- Для перекачивания химически активных и легковоспламеняющихся веществ находят применение центробежные ... насосы
- моноблочные
- При остановке центробежного насоса следует сначала

остановить привод  
 закрыть задвижку на напорном трубопроводе  
 дренировать перекачиваемую жидкость  
 закрыть задвижку на приемном трубопроводе  
 - Изменяя длину хода поршня можно изменять ... поршневых электроприводных насосов  
 производительность  
 напор  
 мощность

### Общее распределение баллов текущего контроля по видам учебных работ для студентов

|  |              |    |
|--|--------------|----|
| Рейтинг-контроль 1                                   | устный опрос | 10 |
| Рейтинг-контроль 2                                   | тестирование | 10 |
| Рейтинг-контроль 3                                   | тестирование | 20 |
| Посещение занятий студентом                          |              | 5  |
| Дополнительные баллы (бонусы)                        |              | 5  |
| Выполнение семестрового плана самостоятельной работы |              | 10 |

## 2. Промежуточная аттестация по дисциплине

### Перечень вопросов к экзамену / зачету / зачету с оценкой.

### Перечень практических задач / заданий к экзамену / зачету / зачету с оценкой (при наличии)

Тест, вопросы:

ОПК-1

Блок 1 (знать):

1. Единицы измерения основных и дополнительных величин в системе "СИ".
2. Физические свойства жидкостей на примере плотности, удельного объема, вязкости, поверхностного натяжения.
3. Гидростатика. Гидростатическое давление. Физический смысл. Размерность в системных и внесистемных единицах.
4. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Виды напора. Закон Паскаля и его практическое приложение.
5. Сила давления жидкости на плоские и криволинейные стенки. Приборы для измерения давлений.
6. Гидродинамика. Скорость и расход жидкости. Установившийся и неустановившийся потоки.
7. Уравнение неразрывности. Дифференциальные уравнения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса).
8. Уравнение Бернулли для идеальной (невязкой) жидкости. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Некоторые практические приложения уравнения Бернулли для определения скорости и расхода жидкости.
9. Режимы движения вязкой жидкости.
10. Число и Рейнольдса его критические значения. Скорость и расход жидкости при ламинарном движении (закон Стокса, уравнение Пуазейля).
11. Скорость и расход истечения жидкости из резервуаров при постоянном напоре. Продолжительность опорожнения резервуаров при переменном напоре.



12. Основы теории гидродинамического подобия. Константы подобия, инварианты подобия. Критерии гидродинамического подобия. Теоремы подобия.
13. Гидравлические сопротивления в трубопроводах и в химической аппаратуре. Потери напора (давления) на преодоление сил трения, определение коэффициента гидравлического трения расчетным путем. Потери напора на преодоление местных сопротивлений.
14. Массопередача с твердой фазой. Уравнение массопроводности. Подобие процессов массопередачи с твердой фазой, определение поля концентраций.
15. Абсорбция. Область применения. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Графическое изображение линии равновесия. Материальный баланс абсорбера. Скорость абсорбции и расход абсорбента. Классификация и устройство абсорберов.
16. Пленочные абсорберы. Насадочные абсорберы. Гидродинамические режимы работы тарелок абсорберов. Устройство тарелок. Распыливающие абсорберы.
17. Схемы абсорбционных установок. Десорбция.
18. Адсорбция и ионный обмен. Область применения. Адсорбенты. Равновесие при адсорбции. Уравнение Лэнгмюра. Графическое изображение изотерм адсорбции.
19. Устройство адсорберов. Статическая и динамическая активность адсорбента. Время защитного действия слоя адсорбента. Схемы адсорбционных установок. Ионообменные процессы.
20. Дистилляция и ректификация. Общие сведения. Уравнение равновесия систем, подчиняющихся закону Рауля. Графическое изображение линии равновесия.
21. Виды перегонки. Классификация бинарных жидких смесей. Простая перегонка. Фракционная перегонка. Перегонка с водяным паром.
22. Ректификация. Материальный баланс ректификации. Построение рабочих линий ректификационной колонны и числа ступеней изменения концентраций. Флегмовое число.
23. Тепловой баланс ректификационной колонны. Схема периодически действующей ректификационной колонны. Разделение многокомпонентных смесей. Экстрактивная и азеотропная ректификация.
24. Экстрагирование. Экстракция в системе жидкость-жидкость. Характеристика процесса. Выбор растворителя. Коэффициент распределения. Фазовое равновесие системы. Треугольная диаграмма. Методы экстракции.
25. Одноступенчатое однократное экстракционное разделение. Материальный баланс. Графо-аналитический расчет. Расход экстрагента. Графо-аналитический расчет противоточной многоступенчатой экстракции. Устройство экстракционных аппаратов.

Блок 2 (уметь):

- Давление, при котором производятся гидравлические испытания, называется...
- Наибольшее значения давления, обеспечивающее заданный режим эксплуатации - ...
- Теплообменники с неподвижными трубными решетками нельзя использовать при разности температур сред более...
- Теплообменники типа «труба в трубе» используют при разности температур сред не более ...
- В процессе эксплуатации насадочных колонн может произойти... насадки
- ... колонна представляет собой несколько простых колонн, объединенных в общем корпусе и расположенных одна над другой
- В динамическом режиме работают.... тарелки
- Полная компенсация температурных напряжений обеспечивается в теплообменниках...
  - с неподвижными трубными решетками
  - с U-образными трубами
  - с плавающей головкой
  - с компенсатором на кожухе
- Разделение смесей, состоящих из компонентов с низкими температурами кипения, осуществляют при....давлении

повышенном  
 пониженном  
 атмосферном  
 - Для разделения компонентов с высокими температурами кипения ректификацию проводят при .... давлении  
 повышенном  
 пониженном  
 атмосферном  
 - Крепление S-образных элементов к опорным полосам осуществляют при помощи ....  
 - ..... части S-образных тарелок должны быть обращены в сторону слива жидкости с тарелки  
 -Особенность работы ..... колонн – небольшое гидравлическое сопротивление, что позволяет использовать их в процессах вакуумной ректификации  
 - Важнейшим эксплуатационным показателем работы клапанных тарелок является.....  
 - Для бесколпачковых тарелок отклонение от горизонтальности должно составлять....  
 н/б 3 мм  
 н/б 1/1000 диаметра колонны  
 н/м 1/3000 диаметра колонны  
 - Наиболее просты по конструкции и в эксплуатации .... отбойники  
 - При работе аб- ад- и десорберов ..... концентрации могут возникнуть при нарушении количественных показателей сырья или при попадании воздуха в аппарат  
 - Трубы в печах соединены в единый змеевик при помощи..... камер  
 - Перед использованием газообразного топлива в трубчатых печах из его состава необходимо отделить ....  
 - Найти соответствие между типом тарелки и основными эксплуатационными показателями:  
 1. S-образные      А. динамический режим работы  
 2. клапанные      Б. узкий диапазон нагрузок  
 3. Ситчатые      В. Точность установки и работа с чистыми жидкостями  
 4. решетчатые      Г. колпачковая часть обращена в сторону слива жидкости.  
 - Порядок аварийной остановки печи при .... – погасить форсунки, прекратить подачу сырья, продуть змеевик паром.  
 - Найти соответствие между аппаратами и характерными аварийными ситуациями  
 1. теплообменники жесткой конструкции  
 2. трубный змеевик  
 3. абсорбер  
 4. дымоход трубчатых печей  
 А. взрыв  
 Б. разгерметизация вследствие температурных деформаций  
 В. возгорание сажи  
 Г. прогар и возгорание сырья  
 -Увеличение .... свидетельствует о нарушении теплового режима и ухудшении теплопередачи  
 температура сырья на выходе из трубного змеевика  
 температура дымовых газов над перевальной стенкой  
 -Для предотвращения прогара труб необходимо поддерживать .... в уставленных пределах  
 -Путем выжигания кокса проводят.....катализатора  
 -Подача хладагента предусмотрена в аппараты, предназначенные для протекания.....реакций  
 -Подача теплоносителя предусмотрена в аппараты, предназначенные для протекания... реакций  
 -К реакторам с ... слоем катализатора относятся трубчатые и адиабатические

- ...реакторы представляют собой пустотелые аппараты, заполненные слоем катализатора
- Аппаратура для проведения процессов хлорирования работает в условиях сильной ...
- Реакционные аппараты подвержены наибольшим температурным деформациям во время...
- Для предотвращения разгерметизации реакционного аппарата со взрывом необходимо предусмотреть установку...
- К аппаратам внешней пылеочистки на установках с псевдоожиженным слоем катализатора относятся
  - циклоны
  - скрубберы
  - электрофильтры
  - рукавные фильтры
- Важнейший параметр, определяющий безопасность эксплуатации реакционных аппаратов - ...
- ... устройства используют в реакторах, для осуществления реакций в газовой фазе на твердом катализаторе
- Нарушение целостности ... может явиться причиной возможных температурных деформаций корпуса и, как следствие, разгерметизации аппарата
- Найти соответствие между типом реактора и протекающим в нем процессе
- адиабатический реактор
- рифформинг
- реактор с рубашкой и мешалкой
- жидкофазный процесс
- реактор с псевдоожиженным слоем катализатора
- каталитический крекинг
- Для перекачивания химически активных и легковоспламеняющихся веществ находят применение центробежные ... насосы
- Если стояки циклонных элементов в аппаратах с псевдоожиженным слоем катализатора не погружены в слой катализатора, то на их концах устанавливают...
- Найти соответствие между аппаратами и их эксплуатационными особенностями:
- регенератор с псевдоожиженным слоем
- полное использование кислорода
- реактор с мешалкой
- герметизация вала
- циклонные элементы
- поддержание столба катализатора
- адиабатический реактор
- регулирование температуры по высоте слоя катализатора
- Для предотвращения интенсивного износа ... в аппаратах с псевдоожиженным слоем катализатора предусмотрена их защита при помощи протекторов
- стенок корпуса
- криволинейных участков транспортных линий
- газораспределительных решеток
- Найти соответствие между типом химического процесса и наиболее вероятными аварийными ситуациями:
- процессы окисления
- образование взрывоопасных смесей
- процессы хлорирования
- возможность разгерметизации и возгорания вследствие сильной коррозии
- процессы нитрования
- повышение температуры и давления вследствие попадания в реактор воды
- процессы сульфирования
- перегрев реактора и местные перегревы в связи с большим тепловым эффектом

- Для перекачивания химически активных и легковоспламеняющихся веществ находят применение центробежные ... насосы
  - моноблочные
- При остановке центробежного насоса следует сначала
  - остановить привод
  - закрыть задвижку на напорном трубопроводе
  - дренировать перекачиваемую жидкость
  - закрыть задвижку на приемном трубопроводе
- Изменяя длину хода поршня можно изменять ... поршневых электроприводных насосов
  - производительность
  - напор
  - мощность
- При полностью открытых задвижках на приемном и напорном трубопроводе запускают... насосы
  - центробежные
  - поршневые
  - вакуум-насосы
- Перед пуском насоса следует закрыть задвижку на приемной линии, чтобы в нее не попала вода. Это правило относится к... насосам
  - центробежным
  - поршневым
  - ротационным
  - вакуум-насосам
- Найти соответствие между типом насоса и особенностями эксплуатации:
  1. при запуске насоса открывают задвижку на приеме при закрытой задвижке на напорном трубопроводе
    - центробежные
  2. используются для перекачки смазочных масел, уплотняющей и охлаждающей жидкости
    - ротационные
  3. разрушение цилиндра, клапанной коробки, износ штока и т.д.
    - поршневые
  4. при закрытой задвижке на приемной линии открыть воду в сальники
    - вакуум-насос
- Для предотвращения подсоса воздуха через сальники предусмотрена камера гидравлического затвора, в которую непрерывно поступает вода. Это характерно для...насосов.
  - Центробежных
  - Поршневых
  - Ротационных
  - Вакуум-насосов
- Найти соответствие между агрегатами и их эксплуатационными особенностями
  - 1.температура воздуха после каждой ступени сжатия н/б 1700С воздушный компрессор
  2. использование ротационных и центробежных компрессоров, рабочие объемы которых не смазываются маслом компримирование хлора
  3. исключить попадание масла в рабочие объемы кислородный компрессор
  4. температура компримируемого газа н/б 1100С компримирование ацетилена
- Бронзовые, баббитовые, графитовые поршневые кольца используют в...компрессорах
  - углеводородных
  - кислородных
  - воздушных
  - аммиачных

- Найти соответствие между типом пылеуловителя и эксплуатационными особенностями

1. поддержание температуры газов в допустимых пределах - тканевые фильтры
2. забивка выходных штуцеров и газоходов - мокрые пылеуловители
3. захлебывание аппарата в связи с переполнением бункера - циклоны

4. осевшая пыль постепенно разряжается и удаляется встряхивающим механизмом - электрофильтры

- Оросители предназначены для равномерного распределения .... По сечению колонны

- Для распределения пара по сечению колонны используют... решетки

- Если плотность орошения выше максимальной, то произойдет... насадки

- Для орошения нижележащих слоев насадки используют ... тарелки

Камерные и дифференциально-контактные – это разновидности...экстракторов

Взаимодействие легкой и тяжелой фаз происходит в...

- Туннельные, ленточные, распылительные относятся к ...сушилкам конвективным

- Другое название контактных сушилок -...

кондуктивные

- Подача нагретого воздуха в сушилку осуществляется при помощи... вентиляторов

- В конвективных сушилках используют сушильные агенты

токи высокой частоты

обогреваемые перегородки

- Горячий воздух, топочные или дымовые газы, используемые при сушке называют... сушильными агентами

- Отработанный воздух перед сбросом в атмосферу следует осушить

очистить от пыли

охладить

- Тепло через обогреваемую перегородку передается в...сушилках конвективных

кондуктивных

сублимационных

- Что такое абсолютное давление?

а) давление выше атмосферного б) давление атмосферное плюс избыточное в) давление атмосферное г) давление вакуума

- Что является движущей силой перемещения жидкости или газа в трубопроводе?

а) разность давлений б) разность напоров в) разность концентраций г) разность плотностей

Блок 3 (владеть):

- По внутренней трубе теплообменника движется четыреххлористый углерод с массовым расходом  $G_{\text{ЧХУ}} = 2 \text{ кг/с}$  и охлаждается от  $77^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$  ( $c_{\text{ЧХУ}} = 905 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$ ). Вода в кольцевом пространстве нагревается от  $20^\circ\text{C}$  до  $32^\circ\text{C}$  ( $c = 4190 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$ ). Определить расход воды  $G_{\text{В}}$ , тепловую нагрузку  $Q$  и удельную тепловую нагрузку  $q$ , если поверхность теплообмена  $F = 12 \text{ м}^2$ .

- Определить тепловую нагрузку и расход греющего пара в выпарном аппарате при концентрировании раствора  $\text{NaOH}$ . Расход исходного раствора  $G_{\text{Н}} = 2 \text{ т/ч}$  ( $0,555 \text{ кг/с}$ ), его концентрация  $\text{ВН} = 14\% \text{ масс}$ , и температура  $t_{\text{Н}} = 20^\circ\text{C}$ . Упаренный раствор с расходом  $G_{\text{к}} = 1,17 \text{ т/час}$  ( $0,324 \text{ кг/с}$ ) и концентрацией  $24\%$  уходит из аппарата при температуре кипения,  $t_{\text{кп}} = 137^\circ\text{C}$ . Давление в аппарате  $\text{РАП} = 1,6 \text{ ата}$  ( $t_{\text{конд}} = 113^\circ\text{C}$ ;  $r = 2221400 \text{ Дж/кг}$ ). Давление греющего пара  $\text{РГР} = 5 \text{ ата}$  ( $t_{\text{конд}} = 51,8^\circ\text{C}$ ;  $r = 2108400 \text{ Дж/кг}$ ). Переохлаждения конденсата нет. Тепловые потери принять в размере  $2\%$  от тепловой нагрузки.

Удельная тепловая нагрузка на плоскую стенку из нержавеющей стали 16 Вт/мК толщиной  $\delta = 7$  мм составляет 700 Вт/м<sup>2</sup>. Определить разность температур на поверхности стенки и градиент температуры.

- Плоскую поверхность аппарата площадью 5 м<sup>2</sup> необходимо изолировать так, чтобы потери тепла в единицу времени не превышали 2250 Вт. Температура поверхности под изоляцией 450 °С, температура внешней поверхности 50 °С. Определить толщину изоляции для двух случаев:

1. Изоляция выполнена из совелита ( $\lambda = 0,098$  Вт/м·К).

2. Изоляция выполнена из стекловаты ( $\lambda = 0,05$  Вт/м·К).

- Резиновая пластина толщиной  $\delta = 20$  мм, нагретая до температуры  $t_0 = 140$  °С, помещена в воздушную среду с температурой  $t_{ж} = 15$  °С. Определить температуры в середине и на поверхности пластины через 20 мин (1200 с) после начала охлаждения. Коэффициент теплопроводности резины  $\lambda = 0,175$  Вт/мК, теплоемкость резины  $c_t = 1680$  Дж/кг·К, плотность резины  $\rho_t = 1500$  кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент теплоотдачи от поверхности к окружающему воздуху  $\alpha = 65$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

- Определить минимальную высоту установки центробежного насоса над уровнем жидкости в открытой емкости при подаче 75 м<sup>3</sup>/час воды при 20 °С в следующих условиях: барометрическое давление 735 мм.рт.ст.; давление насыщенных паров воды 17,54 мм.рт.ст.; кавитационный запас принять равным 0,11 атм; диаметр всасывающего трубопровода 108х4 мм; сумма всех коэффициентов сопротивлений (трения и местных) равна 9.

- Экспериментально измерены: разность температур между стенкой и водой 5 °С. Градиент температуры у стенки (-5) град/мм. Определить коэффициент теплоотдачи. Коэффициент теплопроводности воды 0,58 Вт/(м·град).

- В газовом противоточном холодильнике, имеющем поверхность теплопередачи 200 м<sup>2</sup> охлаждается газ от 100 °С до 60 °С. Средняя температура стенки со стороны газа 48,9 °С. Охлаждающая вода нагревается от 30 °С до 50 °С. Определить объемный расход воды и коэффициент теплоотдачи со стороны газа, если коэффициент теплопередачи составляет 40 Вт/(м<sup>2</sup>·К), а теплоемкость и плотность воды можно считать не зависящей от температуры.

- Температура внутренней поверхности изоляции плоских стенок аппарата равна 120 °С, а наружной поверхности изоляции равна 40 °С. Коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности стенок к окружающей среде равна 10 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Температура окружающей среды 20 °С. Определить потери теплоты в окружающую среду с 1 м<sup>2</sup> поверхности, термическое сопротивление в установившихся условиях и толщину изоляции, если ее коэффициент теплопроводности равен 0,1 Вт/(м·К). Какую температуру будет иметь наружная поверхность изоляции, если ее толщину увеличить вдвое? Принять постоянными коэффициенты теплоотдачи и теплопроводности.

- В теплообменном аппарате конденсируется 9500 кг/час насыщенного пара бензола за счет отвода тепла через стенку водой с начальной температурой 10 °С и конечной 38 °С. Теплота парообразования бензола при рабочих условиях 394 кДж/кг. Коэффициент теплопередачи составляет 520 Вт/(м<sup>2</sup>·К), температура кипения бензола 80 °С. Определить расход воды и поверхность теплопередачи. Потерями теплоты пренебречь.

- В холодильник требуется подать 2057 кг/час азотной кислоты от температуры 105 до температуры 28 °С. Охлаждение производится водой, поступающей в холодильник, с температурой 18 °С и уходящей из него с температурой 25 °С. Теплоемкость кислоты 2,940 кДж/(кг·К). Коэффициент теплоотдачи: от кислоты к стенке аппарата 400 Вт/(м<sup>2</sup>·К), от стенки аппарата к воде 500 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Сумма термических сопротивлений стенки и загрязнений составляет 0,00136 м<sup>2</sup>·К/Вт. Определить расход охлаждающей воды и требуемую поверхность теплопередачи. Тепловыми потерями пренебречь.

- В кожухотрубчатом кипятильнике в трубах кипит толуол при температуре 110 °С и межтрубном пространстве конденсируется водяной пар при температуре 120 °С. Определить поверхность теплопередачи и расход образующихся паров толуола (кг/час) если расход водяного пара составляет 468 кг/час, его удельная теплота парообразования 2208 кДж/кг, коэффициент теплопередачи 495 Вт/(м<sup>2</sup>·К), удельная теплота парообразования толуола 362

кДж/кг. Потери теплоты в окружающую среду принять равными 4% от полезного расхода теплоты.

ПК-3:

Блок 1 9знать)

1. Экономически оптимальная скорость жидкости в трубопроводах. Определение расхода энергии на транспортирование жидкости по трубопроводам.
2. Гидродинамика зернистых материалов. Гидравлическое сопротивление зернистого слоя (или насадочных колец). Скорость псевдоожижения, скорость витания, скорость уноса.
3. Двух- и трехфазные системы. Классификация двухфазных систем. Режимы движения двухфазных потоков. Газосодержание. Законы сопротивления. Трехфазные системы.
4. Разделение жидких и газовых неоднородных систем. Классификация неоднородных систем. Методы их разделения. Осаждение. Гравитационное осаждение.
5. Осаждение под действием центробежной силы. Центробежная сила, фактор разделения. Разделение жидких смесей отстаиванием. Производительность отстойника. Скорость осаждения, поверхность осаждения. Отстойники.
6. Способы очистки газов. Производительность осадительных камер. Очистка газа в циклонах. Устройство и принципы работы циклонов. Батарейные циклоны. Мокрая очистка газов. Полые и насадочные скрубберы. Пенные аппараты.
7. Центрифугирование. Фактор разделения. Отстойные и фильтрующие центрифуги. Сепараторы. Гидроциклоны. Классификация центрифуг; расчет производительности, расход энергии.
8. Перемешивание в жидких средах. Способы перемешивания. Классификация и устройство мешалок. Режимы перемешивания. Расход мощности при механическом перемешивании.
9. Классификация насосов, вентиляторов, компрессоров. Параметры работы насосов. Поршневые насосы. Устройство. Величина создаваемого напора, производительность, потребляемая мощность.
10. Центробежные насосы. Устройство и принцип действия. Рабочие характеристики. Законы пропорциональности. Выбор насоса по производительности и создаваемому напору. Работа насоса на сеть. Рабочая точка. Параллельная и последовательная работа двух насосов.
11. Вентиляторы центробежные и осевые. Устройство, назначение. Создаваемый напор, потребляемая мощность. Поршневые компрессоры. Устройство и принцип действия. Индикаторная диаграмма идеального (теоретического) компрессора.
12. Работа и мощность, создаваемые на привод компрессора. Реальный поршневой компрессор, предел сжатия. Многоступенчатое сжатие в компрессорах, степень сжатия. Вакуум-насосы.
13. Течение неньютоновских жидкостей. Классификация неньютоновских жидкостей. Кривые течения. Особенности течения волокнистых суспензий. Потери напора при движении волокнистой суспензии в трубопроводе через гидравлические устройства. Расход мощности при перемещении волокнистой суспензии.
14. Последовательность определения поверхности теплообмена. Требования, предъявляемые к теплоносителям в химической промышленности. Нагревающие агенты и способы нагревания. Охлаждающие агенты и способы охлаждения.
15. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменников. Поверхностные теплообменные аппараты, их принципиальные схемы. Регенеративные теплообменники. Смесительные теплообменники. Основы выбора теплообменных аппаратов. Материалы, применяемые для изготовления теплообменников.
16. Выпаривание растворов. Способы выпаривания. Выпарные аппараты поверхностного типа, их принципиальные схемы. Схема однокорпусной выпарки. Расчет выпарного аппарата. Материальный и тепловой балансы. Температурные потери и температура кипения раствора.
17. Многокорпусные выпарные установки. Материальный баланс при многокорпусной выпарке. Температурные потери при многокорпусной выпарке. Последовательность расчета

многокорпусной выпарки. Пути снижения расхода греющего пара на выпарку в многокорпусных аппаратах. Выбор числа корпусов.

18. Общие сведения о массообменных процессах. Способы выражения состава фаз. Статика массообменных процессов. Равновесие между фазами. Правило фаз.

19. Направление массопередачи и движущая сила массообменных процессов. Уравнение линии рабочих концентраций. Уравнение молекулярной диффузии (1 закон Фика).

20. Уравнение конвективной диффузии. Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Уравнение массоотдачи. Коэффициенты массоотдачи. Подобие диффузионных процессов. Критерии диффузионного подобия.

21. Уравнение массопередачи. Связь между коэффициентами массоотдачи и коэффициентами массопередачи. Средняя движущая сила процесса массопередачи. Определение поверхности массообмена в аппаратах со ступенчатым контактом фаз.

22. Число единиц переноса. КПД ступени изменения концентрации. Метод теоретических ступеней изменения концентрации, КПД ступени.

Блок 2 (уметь):

- Насадки, решетки, диффузоры, сетки и т.п., используемые в реакторах с твердым катализатором, относятся к ... устройствам газораспределительным

- Неточная центровка, ненадежное крепление деталей, отсутствие смазки, уплотняющей и охлаждающей жидкости и т.д. приводят к ... центробежных насосов

- Разрушающее действие на насос оказывает...

- Работа насоса в режиме... может вызвать вибрацию

- При эксплуатации поршневых насосов обслуживающий персонал должен регулярно «прослушивать» работу...

- Износ гильзы цилиндра, поломка клапанов, седел и т.д. — это характерные неисправности для ... насосов

- Конструктивно различают центробежные и ... вентиляторы

- При необходимости подачи или отсоса большого количества воздуха без избыточного напора используют ... вентиляторы

- ...установки подразделяют на воздушные и газовые

- Основное требование, обеспечивающее нормальную работу ... - сохранение их геометрической формы и обеспечение герметичности всех элементов и участков сопряжений

- Трубопроводы с температурой наружной поверхности стенки более ... должны быть покрыты изоляцией

- В самой верхней отметке трубопроводов устанавливают...

- В самых низких участках трубопроводов предусматривают ...

- Состояние арматуры и привода проверяют  
каждый месяц

- раз в год

- каждые три месяца

- В реакторах с псевдоожиженным слоем катализатора наиболее характерным видом износа является...

- Наиболее сильно изнашиваются внутренние элементы

- трубчатых реакторов

- адиабатических реакторов

- реакторов с псевдоожиженным слоем катализатора

- реакторов с рубашками и мешалками

- Скорость разогрева реактора при пуске необходимо поддерживать в установленных пределах для предотвращения

- перегрева сырья

- возникновения температурных деформаций

- роста давления

- В реакторах-полимеризаторах используют мешалки, снабженные специальными...



- Основным условием обеспечения безаварийной эксплуатации реакторов с твердым катализатором является равномерное распределение
    - сырья во всех сечениях аппарата
    - сырья на входе в аппарат
    - катализатора по высоте аппарата
  - Основным недостатком трубчатых реакторов является трудность поддержания температурного режима по
    - сечению трубы
    - сечению аппарата
    - длине трубы
  - Основной недостаток ...реакторов – сложность регулирования температуры по высоте слоя катализатора
    - Для предотвращения температурных деформаций корпуса в... реакторах предусмотрена установка линзовых компенсаторов
      - трубчатых
      - адиабатических
      - реакторах с мешалками
    - Реакцию и регенерацию катализатора проводят в одном аппарате
      - в реакторах с рубашкой и мешалкой
      - в реакторах с неподвижным слоем катализатора
      - в реакторах с псевдоожиженным слоем катализатора
    - Реакцию и регенерацию катализатора проводят в различных аппаратах при проведении процесса
      - в жидкой фазе
      - с использованием неподвижного слоя катализатора
      - с использованием псевдоожиженного слоя катализатора
    - Нарушения технологического режима при проведении процессов окисления может привести к ...
      - Превышение допустимых пределов скорости хлорирования может привести к ...
      - Для предотвращения разгерметизации аппаратов, предназначенных для проведения процессов хлорирования, их следует изготавливать из материалов, стойких, в первую очередь к воздействию высоких давлений
      - к коррозии
      - к воздействию высоких температур
    - Для улавливания катализаторной пыли внутри аппаратов с псевдоожиженным слоем размещают...
      - Подача катализатора в реактор с псевдоожиженным слоем осуществляется потоком...
      - Подача катализатора в регенератор с псевдоожиженным слоем осуществляется потоком...
    - ...насоса включает разборку, проверку состояния, чистку, сборку и центровку с приводом
    - Нарушение нормальной работы... насосов проявляется в падении производительности и развиваемого напора
      - Потеря полного давления, развиваемого вентилятором по сравнению с паспортной величиной не должна превышать ...%
- 6 3 10
- При работе ... нарушение герметичности можно обнаружить путем замера расхода до и после агрегата, которое не должно превышать 5%
  - Основные опасности при эксплуатации... компрессорных установок связаны с повышением давления, температуры и с возможностью образования взрывоопасных смесей
    - Повышенный расход ... на узлы воздушного компрессора может привести к возникновению аварийной ситуации
    - Важное условие безопасности ... компрессорных установок – применение только тех марок смазочных масел, которые указаны в паспорте

- Полная герметичность агрегата, отвод газа после уплотнений и защитная продувка азотом предусмотрены для обеспечения безопасности компрессоров для сжатия углеводородных газов хлора кислорода ацетилена
- Ротационные компрессоры с водяным уплотнением рекомендуется использовать для сжатия
  - углеводородных газов
  - хлора
  - кислорода
  - ацетилена
- Причиной забивки циклонов может быть их эксплуатация при температурах ниже...
- Резкое снижение сопротивления в рукавных фильтрах свидетельствует о...
  - выходе из строя механизма встряхивания
  - забивке фильтровальной ткани
  - разрыве рукава
- Арматура, предназначенная для сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей, независимо от температуры и давления должна быть выполнена из
  - чугуна
  - титана
  - стали
- Предупреждающие кольца красного цвета наносят на трубопроводах, предназначенных для перекачивания ... веществ
  - легковоспламеняющихся
  - ядовитых
  - взрывоопасных
- Для жидкостных реакций, протекающих с большим тепловым эффектом целесообразно использовать реактор
  - с турбинными мешалками
  - с рубашкой
  - с встроенными внутренними теплообменниками
- Общий недостаток... реакторов - периодичность их работы, связанная с необходимостью регенерации катализатора
  - адиабатических
  - трубчатых
  - с рубашкой и мешалкой
  - с псевдоожиженным слоем катализатора
- Реакционные аппараты покрывают слоем футеровки при проведении высокотемпературных процессов при использовании агрессивных сред при высоком давлении в аппарате для защиты металла от атмосферной коррозии
- Что такое свободная поверхность?
  - а) поверхность равного давления б) поверхность равной температуры в) поверхность равной концентрации г) любая поверхность
- От чего зависит режим движения жидкости в трубопроводе?
  - а) от скорости движения б) от разности давления в) от шероховатости труб г) от плотности жидкости
- От чего зависит температура кипения ?
  - а) от давления и концентрации б) от вязкости в) от плотности
- Правильно ли указано соотношение между единицами давления ?
  - а)  $1 \text{ кг/см}^2 = 760 \text{ мм.рт.ст.} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , б)  $1 \text{ кг/см}^2 = 735 \text{ мм.рт.ст.} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$ , в)  $1,033 \text{ кг/см}^2 = 760 \text{ мм.рт.ст.} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$  г)  $1 \text{ кг/см}^2 = 1,033 \text{ кгс/см}^2 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
- Что такое производительность насоса?
  - 1. Объем жидкости, всасываемой насосом в единицу времени.

2. Масса жидкости, поданной насосом в напорную емкость.
  3. Объем жидкости, подаваемой насосом в нагнетательный трубопровод в единицу времени.
  4. Сумма объемов жидкости, подаваемой в напорную емкость и теряемой через сальник насоса и неплотности в соединениях трубопроводов.
- Какое из определений напора является правильным?
1. Напор насоса - удельная энергия, сообщаемая 1 кг. жидкости в насосе и выраженная в м столба перекачиваемой жидкости.
  2. Напор насоса – удельная энергия, сообщаемая насосом единице объема перекачиваемой жидкости.
  3. Это высота, на которую перекачивают жидкость.
  4. Это величина, равная разности давлений в напорной и приемной емкостях.
- Зависит ли напор насоса от плотности перекачиваемой жидкости?
1. Зависит.
  2. Не зависит.
  3. Не зависит от плотности, но зависит от вязкости перекачиваемой жидкости.
  4. Зависит при перекачивании жидкости тяжелее воды.
- Произведением, каких величин выражается полезная мощность, сообщаемая жидкости насосом?
1. Произведением напора насоса на плотность перекачиваемой жидкости.
  2. Произведением напора насоса на весовой расход жидкости
  3. Произведением напора насоса на его объемную производительность
  4. Произведением объемной производительности на удельный вес перекачиваемой жидкости
- Какие потери учитываются к.п.д. насоса, и из каких частных к.п.д. он состоит?
1. Утечки жидкости и механические потери на трение.
  2. К.п.д. насоса учитывает, потери на трение и на местные сопротивления
  3. К.п.д. насоса учитывает утечки жидкости, потери напора и потери на механическое трение в насосе. Он является произведением трех к.п.д.: объемного  $\eta_V$ , гидравлического  $\eta_H$  и механического  $\eta_{мех}$
  4. К.п.д. насоса представляет собой сумму объемного, гидравлического и механического к.п.д
- Как зависит высота всасывания насоса от барометрического давления и температуры перекачиваемой жидкости?
1. Не зависит.
  2. Зависит от температуры жидкости, но не зависит от барометрического давления.
  3. Возрастает с уменьшением барометрического давления и повышением температуры перекачиваемой жидкости.
  4. Уменьшается при снижении барометрического давления и увеличении температуры перекачиваемой жидкости.
- Зависит ли высота всасывания от потерь напора во всасывающем трубопроводе?
1. Увеличивается с возрастанием потерь напора.
  2. Не зависит.
  3. Зависит только от потерь напора на трение.
- К какому типу насосов относятся центробежные насосы?
1. К объемным насосам, т.к. жидкость вытесняется из корпуса насоса в нагнетательный трубопровод лопатками рабочего колеса при его вращении.
  2. К лопастным насосам, в которых давление создается центробежной силой, возникающей в жидкости при вращении рабочего колеса с лопастями.
  3. К струйным насосам, т.к. давление в этих насосах создается струями жидкости, движущимися от основания лопаток рабочего колеса к их периферии.
  4. К осевым насосам, поскольку жидкость в корпусе центробежного насоса движется параллельно оси рабочего колеса.

- Какой основной параметр центробежного насоса определяется с помощью основного уравнения центробежных машин Эйлера?

1. Напор насоса.
2. Теоретическая производительность насоса.
3. Потребляемая мощность насосом.
4. Теоретический напор насоса при бесконечном числе лопаток рабочего колеса.

- Как влияет угол наклона лопаток (относительно направления вращения рабочего колеса) на величину напора и к.п.д. центробежного насоса.

1. Если лопатки загнуты в направлении вращения рабочего колеса, то напор насоса падает, а к.п.д. – возрастает.

2. Если лопатки загнуты в направлении, противоположном направлению вращения рабочего колеса, то напор насоса уменьшается, но к.п.д. возрастает.

3. Наклон лопаток не влияет на напор и к.п.д. насоса.

4. Наибольшим напором и к.п.д. будет обладать насос с прямыми лопатками.

- Как изменятся производительность, напор и потребляемая мощность насоса, если число оборотов рабочего колеса увеличивается вдвое?

1. Производительность, напор и потребляемая мощность не изменятся.

2. Производительность, напор и потребляемая мощность возрастут пропорционально числу оборотов.

3. Производительность увеличится вдвое, напор – втрое, а потребляемая мощность – в четыре раза.

4. Производительность увеличится вдвое, напор – в четыре раза, потребляемая мощность – в восемь раз.

- Укажите, как изменяется напор центробежного насоса с увеличением его производительности?

1. Напор насоса уменьшается.

2. Напор насоса возрастает.

3. Напор насоса не изменяется.

4. Напор насоса проходит через максимум.

- Целесообразно ли пускать центробежный насос при закрытой задвижке на напорном трубопроводе.

1. Центробежный насос целесообразно пускать при открытой задвижке, т.к. это сразу обеспечит расчетную производительность.

2. Центробежный насос целесообразно пускать при закрытой задвижке, потому что при нулевой производительности насоса, как следует из характеристики, его к.п.д. равен нулю.

3. Целесообразно, т.к. при закрытой напорной задвижке, т.е. при нулевой производительности, насос потребляет наименьшую мощность, которая постепенно возрастает по мере открытия задвижки.

4. Центробежные насосы, так же как и поршневые, нельзя пускать при закрытой напорной задвижке из-за чрезмерного возрастания давления, создаваемого насосом.

- Как определяется производительность насоса, работающего на данную сеть (систему трубопроводов и аппаратов, по которым перекачивается жидкость)?

1. Производительность насоса при работе его на данную сеть определяется по точке пересечения характеристики  $H - Q$  насоса с характеристикой сети, построенной в тех же координатах.

2. Рабочая производительность насоса определяется на характеристике  $H - Q$  насоса по максимальному значению к.п.д.

3. Рабочая производительность насоса определяется на характеристике  $H - Q$  насоса точкой, соответствующей минимальной потребляемой мощности.

4. Рабочая производительность насоса определяется по точке пересечения характеристик  $H - Q$  и  $N_e - Q$ .

- С какой целью применяют многоступенчатые центробежные насосы?

1. Для увеличения производительности.

2. Для увеличения напора.

3. Для снижения потребляемой мощности.
  4. Для регулировки подачи насоса.
- Для какой цели применяется параллельная работа центробежных насосов на общий трубопровод?
1. Для увеличения напора перекачиваемой жидкости.
  2. Для увеличения производительности, если характеристика сети является пологой.
  3. Для увеличения производительности, если характеристика сети является крутой.
  4. Для снижения расхода энергии на перекачивание.
- С какой целью применяют последовательное соединение насосов.
1. Для уменьшения потребляемой мощности.
  2. Для увеличения производительности.
  3. Для увеличения напора: если характеристика сети является крутой.
- Для перекачки слабого раствора серной кислоты в количестве 100 м<sup>3</sup>/час при давлении 1 атм. И температуре 850С необходимо подобрать насос. Укажите, какой насос следует выбрать?
1. Пропеллерный (осевой).
  2. Шестеренчатый.
  3. Центробежный герметический.
  4. Поршневой (плунжерный).

Блок 3 (владеть):

- Как увеличить термическое сопротивление стенки стальной трубы 38х2,5 мм, если покрыть ее с одной стороны слоем эмали 0,5мм?  $\lambda$  стали = 17,5 Вт/(м·К)  $\lambda$  эмали = 1,1 Вт/(м·К)

Задача 23

Определить удельный тепловой поток с поверхности паропровода диаметром 40х2,5, покрытым слоем шлаковой ваты толщиной 30мм с коэффициентом теплопроводности 0,076 Вт/(м·К), если температура наружной поверхности паропровода 45°С, температура внутренней поверхности трубы 190°С,  $\lambda$  стали = 46,5 Вт/(м·К).

- Двухслойная стенка с внутренней стороны конденсирует с горячим теплоносителем и имеет температуру 150°С. Толщина первого слоя стенки со стороны теплоносителя 3мм, коэффициент теплопроводности 17,4 Вт/(м·К), толщина второго слоя стенки 4мм, коэффициент теплопроводности 46,4 Вт/(м·К). Определите температуру на стыке стенок на внешней поверхности стенки при тепловом потоке 58000 Вт/м<sup>2</sup>

- В начале процесса теплопередачи были получены следующие данные  $\alpha_1=8000$ Вт/м<sup>2</sup>;  $\alpha_2=1000$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), толщина стенки 2мм, теплопроводность стенки 40 Вт/(м·К). Оцените толщину слоя накипи в конце процесса, если коэффициент теплопередачи снизился при этом в два раза. Теплопроводность накипи 3 Вт/(м·К).

- В холодильнике типа «труба в трубе» охлаждается кислота в количестве 468 кг/час от температуры 120°С до 40°С. Охлаждение производится водой, поступающей в холодильник с температурой 15°С. Теплосъемность кислоты 3,35 кДж/(кг·К). Разность температур между теплоносителями на входе теплоты в аппарат составляет 75 °С. Определить среднюю разность температур между кислотой и водой, а также расход воды.

- Определить соотношение поверхностей при противотоке, если с обоих случаях одинаковые тепловые потоки и коэффициенты теплопередачи. Температура более горячего теплоносителя на входе 300°С, а выход 200°С. Температура менее горячего теплоносителя на входе 25°С, на выходе 175°С.

- В кожухотрубчатом теплообменнике насыщенные пары бензола в количестве 10000 кг/час без охлаждения конденсата. Температура кипения бензола при условиях в аппарате 80°С, теплосъемность 2,5кДж/(кг·К), энтальпия паров 594 кДж/кг. Определите объемный расход воды (м<sup>3</sup>/час), если ее начальная температура 20°С, конечная 40°С. До какой температуры охладиться конденсат, если расход воды увеличить в 1,2 раза (температура воды осталась неизменной)?

- В теплообменном аппарате конденсируется 10000 кг/час насыщенных паров бензола за счет отвода теплоты через стенку водой, с начальной температурой 20°C и конечной 40°C. Теплота парообразования бензола при рабочих условиях 394 кДж/кг. Коэффициент теплопередачи составляет 580 Вт/(м<sup>2</sup>-К), температура кипения бензола 80°C. Определить расход воды и оценить уменьшение производительности аппарата по конденсату, если учесть, что в процессе его эксплуатации, образовалась накипь толщиной 1мм с коэффициентом теплопроводности 1 Вт/(м-К). Считать начальную и конечную температуру воды не изменившимися.

- В кожухотрубчатом теплообменнике конденсируются пары аммиака при температуре 30°C. Расход аммиака 2200 кг/час. Теплота конденсации аммиака 1146 кДж/кг. Конденсация производится водой, которая нагревается от 10°C до 20°C. Определить расход охлаждающей воды и поверхность теплопередачи теплообменника. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1=2550$  Вт/(м<sup>2</sup>-К);  $\alpha_2=1800$  Вт/(м<sup>2</sup>-К). Диаметр труб 25х2. Термическое сопротивление загрязнений стенок 0,0004 (м<sup>2</sup>-К)/Вт. Коэффициент теплопроводности стенок труб 17,5 Вт/(м-К). Потери тепла пренебречь.

- В теплообменнике поверхностью 1,2 м<sup>2</sup> нагревается 850 кг/час жидкости от 25°C до 55°C (теплоемкость жидкости 2 кДж/(кг-К)). Нагревание производится горячей жидкостью с теплоемкостью 3 кДж/(кг-К). Начальная температура горячей жидкости 85°C, конечная 55°C. Найти расход нагревающей жидкости и коэффициент теплоотдачи от нагревающей жидкости к стенке, если коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой жидкости равен 500 Вт/(м<sup>2</sup>-К). Термическим сопротивлением стенки, потерями теплоты в окружающую среду и влиянием температуры на теплоемкости жидкостей пренебречь.

- В кожухотрубчатом теплообменнике конденсируются пары органической жидкости в количестве 766 кг/час без охлаждения конденсата. Теплота парообразования жидкости 394 кДж/кг. Конденсация производится водой, которая нагревается от 20°C до 40°C. Коэффициент теплопередачи составляет 223 Вт/(м<sup>2</sup>-К); коэффициент теплоотдачи от конденсирующихся паров к стенке 500 Вт/(м<sup>2</sup>-К), а от стенки к воде 2000 Вт/(м<sup>2</sup>-К). Определить расход охлаждающей воды и среднюю толщину накипи на стенках трубок, если коэффициент теплопроводности накипи 1Вт/(м-К), а коэффициент теплопроводности стали, из которой изготовлены трубки 46,5 Вт/(м-К). Теплоемкость воды считать не зависящей от температуры. Потери тепла пренебречь. Толщину стенки принять равной 2мм.

Определить коэффициент теплоотдачи от горизонтальной плиты, обращенной теплоотдающей поверхностью кверху, к окружающему спокойному воздуху. Размеры плиты:  $a \times b = 2 \times 3$  м<sup>2</sup>. Температура, поверхности плиты  $t_{ст} = 100$  °С. Температура воздуха  $t_{ж} = 20$  С.

В масляном баке температура масла МС-20 поддерживается постоянной с помощью горизонтальных обогревающих труб диаметром  $d = 20$  мм. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности труб к маслу, если температура масла  $t_{ж} = 60$  С, температура поверхности труб  $t_{ст} = 90$  С. Расстояние между трубами относительно велико и расчет теплоотдачи можно производить, как для одиночного цилиндра.

Тонкая пластина длиной  $L = 2$  м и шириной  $b = 1,5$  м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока равны соответственно  $w_0 = 3$  м/с;  $t_0 = 20$  °С. Температура поверхности пластины  $t_{ст} = 90$  С. Определить коэффициент теплоотдачи и количество тепла, отдаваемое пластиной воздуху.

Коэффициент теплоотдачи при конденсации чистого водяного пара в трубках вертикального конденсатора  $\alpha_{конд} = 8460$  Вт/м<sup>2</sup>·К. Содержание воздуха в парогазовой смеси  $y = 81\%$  масс. Определить коэффициент теплоотдачи при конденсации парогазовой смеси.

Определить теплоту дегидратации раствора NaOH. если в процессе выпаривания концентрация его меняется от 14 % масс, до 17.5 % масс. Расход исходного раствора  $G = 22,22$  кг/с.

Определить расход охлаждающей воды для конденсации  $W = 5,233$  кг/с пара при давлении  $P = 0,2$  ат. Температура охлаждающей воды  $t_n = 21$  С.

Определить число единиц переноса при ректификации смеси толуол-этилбензол. Расход исходной смеси  $F = 0,0188$  кмоль/с; расход дистиллята  $D = 0,00381$  кмоль/с; флегмовое число  $R = 5$ ; расход пера в колонне  $G = 0,0229$  кмоль/с; расход жидкости в верхней части

колонны  $LB=0,0191$  кмоль/с; расход жидкости в нижней части  $LN =0,0378$  кмоль/с. Концентрация исходной смеси  $x_f =0,2$ .мол. дол.; дистиллята  $x_d =0,98$ мол. дол.; кубового остатка  $x_w = 0,002$  мол. дол Давление в колонне  $P = 120$  мм рт. ст.

### Методические материалы, характеризующие процедуры оценивания

На основе контрольных вопросов к практическим занятиям формируются индивидуальные задания для каждого студента. В результате выявляется процент правильных ответов. На основе качества выполнения курсовой работы, владения темой и процента правильных ответов на вопросы при защите курсовой работы определяется оценка за выполнение курсовой работы. Индивидуальный семестровый рейтинг студента формируется с учетом процента правильных ответов на контрольные вопросы к практическим занятиям и результатом выполнения курсовой работы. На основе типовых контрольных вопросов формируется тематика экзаменационных билетов и с учетом качества ответов на экзаменационные и дополнительные вопросы экзаменатора, с учетом семестрового рейтинга определяется экзаменационная оценка.

Максимальная сумма баллов, набираемая студентом по дисциплине равна 100.

| Оценка в баллах | Оценка по шкале       | Обоснование  | Уровень сформированности компетенций |
|-----------------|-----------------------|--|--------------------------------------|
| Более 80        | «Отлично»             | Содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному   | <b>Высокий уровень</b>               |
| 66-80           | «Хорошо»              | Содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками | <b>Продвинутый уровень</b>           |
| 50-65           | «Удовлетворительно»   | Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки                      | <b>Пороговый уровень</b>             |
| Менее 50        | «Неудовлетворительно» | Содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки  | <b>Компетенции не сформированы</b>   |

### 3. Задания в тестовой форме по дисциплине

Примеры заданий:

К аппаратам внешней пылеочистки на установках с псевдоожиженным слоем катализатора относятся

- электрофильтры
- скрубберы
- циклоны
- рукавные фильтры

Полная компенсация температурных напряжений обеспечивается в теплообменниках...

- с компенсатором на кожухе
- с U-образными трубами
- с неподвижными трубными решетками
- с плавающей головкой

Трубопроводы с температурой наружной поверхности стенки более ... °С должны быть покрыты изоляцией

... реакторы идеального вытеснения, работающие без подвода и отвода теплоты в окружающую среду через стенки реактора или при помощи теплообменных элементов

Для тарельчатой колонны характерно конструктивно заданное количество ..... разделения

Полный перечень тестовых заданий с указанием правильных ответов, размещен в банке вопросов на информационно-образовательном портале института по ссылке <https://www.mivlgu.ru/iop/question/edit.php?courseid=163>

Оценка рассчитывается как процент правильно выполненных тестовых заданий из их общего числа.