

Энгельсский технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Саратовский государственный  
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых  
производств»

**Оценочные материалы по дисциплине**

по дисциплине

Б.1.1.27 «Процессы и аппараты нефтегазовых производств»

направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

профиль «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов  
нефтегазового производства»

## 1. Перечень компетенций и уровни их сформированности по дисциплинам (модулям), практикам в процессе освоения ОПОП ВО

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Процессы и аппараты нефтегазовых производств» должны сформироваться компетенции: ОПК-2.

### Критерии определения сформированности компетенций на различных уровнях их формирования

| Индекс компетенции | Содержание компетенции   |
|--------------------|--|
| ОПК-2              | Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений. |

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Виды занятий для формирования компетенции                                  | Оценочные средства для оценки уровня сформированности компетенции              |
|--|--|--|
| ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Способен использовать стандартные методы расчета основных процессов химической и нефтехимической технологии, методы расчета основных размеров аппаратов для проектирования технических объектов, систем и технологических процессов нефтегазовых производств | лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа | Устный опрос, решение задач, вопросы для проведения экзамена, тестовые задания |

### Уровни освоения компетенции

| Уровень освоения компетенции | Критерии оценивания   |
|------------------------------|---|
| Продвинутый (отлично)        | Знает: основные гидромеханические процессы и аппараты для них; основные законы теплопередачи, теплообмена; законы массообменных процессов.<br>Умеет: проводить практические расчеты различных аппаратов, применяемых для проведения гидромеханических процессов; проводить расчеты теплообменных аппаратов; проводить расчеты массообменных аппаратов.<br>Владеет / имеет практический опыт: методиками теплового и материального расчета; методами оптимизации основных процессов; методами расчета и анализа режимов работы технологического оборудования и аварийных ситуаций. |
| Повышенный (хорошо)          | Знает:<br>в достаточной степени основные гидромеханические процессы и аппараты для них; основные законы теплопередачи, теплообмена; законы массообменных процессов;<br>Умеет:<br>в достаточной степени проводить практические расчеты различных аппаратов, применяемых для проведения гидромеханических процессов; проводить расчеты  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>теплообменных аппаратов; проводить расчеты массообменных аппаратов</p> <p>Владеет/имеет практический опыт:</p> <p>на достаточном уровне методиками теплового и материального расчета; методами оптимизации основных процессов; методами расчета и анализа режимов работы технологического оборудования и аварийных ситуаций</p>  |
| <p>Пороговый (базовый)<br/>(удовлетворительно)</p> | <p>Знает:</p> <p>частично основные гидромеханические процессы и аппараты для них; основные законы теплопередачи, теплообмена; законы массообменных процессов</p> <p>Умеет:</p> <p>на минимально приемлемом уровне проводить практические расчеты различных аппаратов, применяемых для проведения гидромеханических процессов; проводить расчеты теплообменных аппаратов; проводить расчеты массообменных аппаратов</p> <p>Владеет/имеет практический опыт:</p> <p>на минимально приемлемом уровне методиками теплового и материального расчета; методами оптимизации основных процессов; методами расчета и анализа режимов работы технологического оборудования и аварийных ситуаций</p> |

## 2.1 Оценочные средства для текущего контроля

### Вопросы для устного опроса

#### Тема 1. Вводная часть.

1. Классификация основных процессов нефтегазовых производств по назначению и способу проведения.
2. Задача расчета процессов и аппаратов. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.
3. Принципы моделирования. Основы теории подобия.

#### Тема 2. Гидромеханические процессы.

1. Классификация и методы разделения неоднородных систем.
2. Материальный баланс процессов разделения неоднородных систем.
3. Осаждение под действием силы тяжести, скорость осаждения.
4. Расчет отстойников. Конструкции отстойников.
5. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои.
6. Гидродинамика кипящих зернистых слоев.
7. Фильтрация. Виды и способы фильтрации, фильтровальные перегородки.
8. Основное уравнение фильтрации.
9. Константы фильтрации.
10. Конструкции фильтров.
11. Центрифугирование, центробежная сила, фактор разделения.
12. Расчет отстойных и фильтрующих центрифуг.

13. Классификация и конструкции центрифуг.
14. Очистка запыленных газов.
15. Перемешивание в жидких средах, способы перемешивания.
16. Механическое перемешивание, расчет мощности на перемешивание.
17. Конструкции мешалок. Область их применения.

### **Тема 3. Основы теплопередачи.**

1. Способы переноса теплоты.
2. Тепловые балансы, основное уравнение теплопередачи.
3. Теплопроводность. Закон Фурье.
4. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
5. Уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенки.
6. Теплопроводность многослойной стенки.
7. Тепловое излучение.
8. Передача тепла конвекцией. Механизм конвективного теплообмена.

Закон Ньютона-Рихмана.

9. Уравнение теплоотдачи.
10. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.
11. Тепловое подобие. Критериальные уравнения теплоотдачи.
12. Сложная теплоотдача.
13. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки при постоянных температурах теплоносителей.
14. Коэффициент теплопередачи.
15. Уравнение теплопередачи.
16. Средняя разность температур.

### **Тема 4. Тепловые процессы.**

1. Нагревание, способы нагревания и нагревающие агенты. Требования, предъявляемые к теплоносителям.
2. Нагревание топочными газами.
3. Нагревание высокотемпературными теплоносителями.
4. Высокотемпературные органические теплоносители.
5. Нагревание электрическим током.
6. Охлаждение, охлаждающие агенты и способы охлаждения.
7. Охлаждение водой.
8. Испарительное охлаждение.
9. Аппараты воздушного охлаждения.
10. Конденсация паров.
11. Тепловой расчет теплообменных аппаратов.
12. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.
13. Конструктивный расчет теплообменных аппаратов.

### **Тема 5. Основы массопередачи.**

1. Классификация и характеристика массообменных процессов.
2. Способы выражения состава фаз. Правило фаз.

3. Фазовое равновесие. Линия равновесия.
4. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии.
5. Направление массопередачи. Скорость массопередачи.
6. Молекулярная и турбулентная диффузия. Конвективный перенос.
7. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.
8. Механизм и модели процессов массопередачи.
9. Уравнение массоотдачи.
10. Подобие процессов переноса массы.
11. Уравнение массопередачи.
12. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.
13. Объемные коэффициенты массопередачи.
14. Движущая сила процессов массопередачи. Средняя движущая сила.
15. Число единиц переноса. Высота единицы переноса.
16. Коэффициент извлечения.
17. Влияние перемешивания на среднюю движущую силу.
18. Расчет основных размеров массообменных аппаратов.
19. Расчет диаметра массообменных аппаратов.
20. Расчет скорости захлебывания насадочных колонн.
21. Межтарельчатый унос.
22. Предельно допустимая и рабочая скорость газа (пара) в колонне.
23. Высота аппарата. Расчет высоты аппаратов с непрерывным и ступенчатым контактом.
24. Аналитический и графоаналитический методы определения числа ступеней контакта.
25. Определение числа теоретических тарелок.

### **Тема 6. Массообменные процессы.**

1. Абсорбция. Равновесие при абсорбции. Закон Генри.
2. Материальный баланс абсорбции. Расход абсорбента.
3. Тепловой баланс абсорбции.
4. Скорость абсорбции.
5. Хемосорбция. Десорбция.
6. Расчет абсорберов.
7. Перегонка и ректификация.
8. Характеристики двухфазных систем пар-жидкость.
9. Идеальные и реальные смеси. Закон Рауля.
10. Простая перегонка и ее виды.
11. Схемы ректификационных установок.
12. Материальный баланс ректификационной колонны.
13. Уравнения рабочих линий.
14. Минимальное и действительное флегмовое число.
15. Тепловой баланс ректификационной колонны.
16. Расчет ректификационных аппаратов.
17. Ректификация многокомпонентных смесей.

## Практические задания для текущего контроля

### Тема 2. Гидромеханические процессы.

Задание 1. Определить скорость осаждения в воде частиц кварцевого песка шарообразной формы диаметром  $D = 0,2$  мм, если плотность песка  $\rho = 2650$  кг/м<sup>3</sup>. Плотность воды  $\rho_{\text{ср}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, вязкость воды  $\mu_{\text{ср}} = 1140 \cdot 10^{-6}$  Па·с.

Задание 2. Определить диаметр шарообразных частиц твердого вещества, имеющего плотность  $\rho = 2650$  кг/м<sup>3</sup>, которые начнут переходить во взвешенное состояние при скорости потока воздуха  $w = 1,5$  м/с. Плотность воздуха  $\rho_{\text{ср}} = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>, вязкость воздуха  $\mu_{\text{ср}} = 18 \cdot 10^{-6}$  Па·с.

Задание 3. Найти скорость осаждения в воде при 20 °С частиц свинцового блеска угловатой формы с  $d_3 = 1$  мм. Плотность свинцового блеска 7560 кг/м<sup>3</sup>.

Задание 4. Определить диаметр отстойника для непрерывного осаждения отмученного мела в воде. Производительность отстойника 80 т/ч начальной суспензии, содержащей 8 % (масс.) СаСО<sub>3</sub>. Диаметр наименьших частиц, подлежащих осаждению, 35 мкм. Температура суспензии 15 °С. Влажность шлама 70%. Плотность мела 2710 кг/м<sup>3</sup>.

Задание 5. Определить продолжительность фильтрования 10 дм<sup>3</sup> жидкости через 1 м<sup>2</sup> фильтра, если при предварительном испытании фильтра с 1 м<sup>2</sup> было собрано фильтрата: 1 дм<sup>3</sup> через 2,25 мин и 3 дм<sup>3</sup> через 14,5 мин после начала фильтрования. Определить длительность промывки осадка, если количество промывной воды составляет 2,4 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> и промывка идет по линии основного фильтрата.

Задание 6. На барабанный вакуум-фильтр непрерывного действия подается 8,5 м<sup>3</sup>/ч водной суспензии, содержащей 7,6% твердой фазы. Желательная конечная влажность осадка 34%. Предполагаемый вакуум на заводе 600 мм рт. ст. Во время опытного фильтрования на лабораторной модели при вакууме 510 мм рт. ст. было установлено, что необходимая влажность осадка достигается за 32 с работы зоны фильтрования. При этом константы фильтрования, отнесенные к 1 м<sup>2</sup>, оказались равными:  $K = 11,2$  дм<sup>6</sup>/(м<sup>4</sup>·с) и  $C = 6$  дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>. Плотность суспензии 1120 кг/м<sup>3</sup>. Определить требуемую поверхность фильтра и частоту его вращения.

Задание 7. Центрифуга периодического действия имеет барабан с внутренним диаметром 1200 мм, высотой 550 мм, толщиной стенок 10 мм и массой 120 кг. Число отверстий в стенке барабана по вертикали 12, диаметр отверстий 5 мм. На барабан надеты три стальных обруча сечением 15×30 мм<sup>2</sup> каждый. Материал барабана - сталь с временным сопротивлением на разрыв 4500 кгс/см<sup>2</sup>. Масса загрузки 400 кг, толщина слоя 200 мм. Найти предельно допустимую частоту вращения центрифуги, если запас прочности не должен быть менее 5.

Задание 8. Смесь кислот (плотность 1600 кг/м<sup>3</sup>, динамический коэффициент вязкости  $2 \cdot 10^{-2}$  Па·с) готовят в аппарате без перегородок (диаметр 1200 мм, высота 1500 мм), заполненном на 0,75 объема. Исходные кислоты перемешивают пропеллерной мешалкой с частотой вращения 3,5 об/с.

Определить требуемую установочную мощность электродвигателя.

Задание 9. В реакторе диаметром 1000 мм, заполненном на высоту 1000 мм реакционной массой, имеющей при температуре ведения процесса  $\mu = 150 \cdot 10^{-3}$  Па·с и  $\rho_c = 1200$  кг/м<sup>3</sup>, необходимо обеспечить равномерное распределение твердых частиц катализатора с наибольшим размером 1,3 мм и плотностью 2450 кг/м<sup>3</sup>; Т : Ж = 1 : 4. Какую мешалку целесообразнее использовать - пропеллерную трехлопастную с шаговым отношением 1 или турбинную закрытого типа с восемью лопастями?

Задание 10. В аппарате имеется взвешенный слой силикагеля, ситовой состав которого следующий:

|                       |            |            |            |             |
|-----------------------|------------|------------|------------|-------------|
| Фракция, мм           | -2,0 + 1,5 | -1,5 + 1,0 | -1,0 + 0,5 | -0,5 + 0,25 |
| Содержание, % (масс.) | 43         | 28         | 17         | 12          |

Насыпная плотность силикагеля  $\rho_{\text{нас}} = 650$  кг/м<sup>3</sup>, плотность частиц  $\rho = 1100$  кг/м<sup>3</sup>. Температура воздуха 150 °С. Число псевдооживления  $K_w = 1,6$ . Определить критическую, рабочую и действительную (в свободном сечении между частицами) скорость воздуха.

### Тема 3. Основы теплопередачи.

Задание 1. Аппарат диаметром 2 м и высотой 5 м покрыт слоем изоляции из асбеста толщиной 75 мм. Температура стенки аппарата 146 °С, температура наружной поверхности изоляции 40 °С. Определить потери теплоты (тепловой поток) через слой изоляции.

Задание 2. Стенка печи состоит из двух слоев: огнеупорного кирпича ( $\delta_1 = 500$  мм) и строительного кирпича ( $\delta_2 = 250$  мм). Температура внутри печи 1300 °С, температура окружающего пространства 25 °С. Определить: потери теплоты с 1 м<sup>2</sup> поверхности стенки и температуру на грани между огнеупорным и строительным кирпичом. Коэффициент теплоотдачи от печных газов к стенке  $\alpha_1 = 34,8$  Вт/(м<sup>2</sup>·К); коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху  $\alpha_2 = 16,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Коэффициент теплопроводности огнеупорного кирпича  $\lambda_1 = 1,16$  Вт/(м·К); коэффициент теплопроводности строительного кирпича  $\lambda_2 = 0,58$  Вт/(м·К).

Задание 3. Определить тепловой поток, проходящий через единицу длины цилиндрической стенки камеры сгорания диаметром 180 мм, если толщина стенки 2,5 мм, коэффициент теплопроводности материала стенки 34,9 Вт/(м·К). Температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными и равными соответственно 1200 °С и 600 °С.

Задание 4. Теплота крекинг-остатка, уходящего из крекинг-установки, используется для подогрева нефти, которая поступает для переработки на эту установку. Определить среднюю разность температур в теплообменнике между обогревающим крекинг-остатком и нагреваемой нефтью, если крекинг-остаток имеет температуры  $t_{\text{нач}} = 300$  °С,  $t_{\text{кон}} = 200$  °С, а нефть  $t_{\text{нач}} = 25$  °С,  $t_{\text{кон}} = 175$  °С. Рассмотреть варианты прямотока и противотока теплоносителей.

Задание 5. Вычислить коэффициент теплоотдачи для воды,

подогреваемой в трубчатом теплообменнике, состоящем из труб диаметром  $40 \times 2,5$  мм. Вода идет по трубам со скоростью 1 м/с. Средняя температура воды  $47,5$  °С. Температура стенки трубы  $95$  °С, длина трубы 2 м.

Задание 6. В трубах кожухотрубчатого теплообменника нагревается бензол. Внутренний диаметр труб 53 мм, длина труб 3 м. Скорость бензола в трубах 0,08 м/с, средняя температура бензола  $40$  °С, температура поверхности загрязнения стенки, соприкасающейся с бензолом,  $70$  °С. Определить коэффициент теплоотдачи бензола.

Задание 7. Определить коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося насыщенного пара бензола к наружной поверхности пучка вертикальных труб при атмосферном давлении. Производительность аппарата 8500 кг/ч. Диаметр труб  $25 \times 2$  мм. Число труб 210.

Задание 8. В теплообменном аппарате нагревают органическую жидкость от  $t_1 = 40$  °С до  $t_2 = 90$  °С греющим паром с абсолютным давлением 0,3 МПа. Расход пара составляет  $G = 0,5$  т/час. Коэффициент теплопередачи  $k = 160$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Определить тепловую нагрузку и площадь поверхности теплообмена аппарата.

Задание 9. Воздух подогревается в трубном пространстве двухходового кожухотрубчатого теплообменника с 2 до  $90$  °С при среднем давлении (абсолютном) 810 мм рт. ст. Объемный расход воздуха при нормальных условиях ( $0$  °С и 760 мм рт. ст.) составляет  $v_0 = 8290$  м<sup>3</sup>/ч. Общее число труб - 450, на один ход трубного пространства - 225. Диаметр труб равен  $38 \times 2$  мм. В межтрубное пространство подается насыщенный водяной пар под давлением (абсолютным)  $2$  кгс/см<sup>2</sup>. Определить необходимую поверхность теплообмена. Принять коэффициент теплопередачи равным коэффициенту теплоотдачи воздуха.

Задание 10. Определить потерю теплоты лучеиспусканием поверхностью стального аппарата цилиндрической формы, находящегося в помещении, стены которого выкрашены масляной краской. Размеры аппарата:  $H = 2$  м;  $D = 1$  м. Размеры помещения: высота 4 м; длина 10 м; ширина 6 м. Температура стенки аппарата  $70$  °С, температура воздуха в помещении  $20$  °С. Определить также общую потерю теплоты аппарата лучеиспусканием и конвекцией.

#### **Тема 4. Тепловые процессы.**

Задание 1. Рассчитать и выбрать стандартный горизонтальный кожухотрубчатый теплообменный аппарат для нагрева 20 т/ч толуола от 21 до  $98$  °С. Греющий водяной насыщенный пар имеет абсолютное давление  $p = 1,6$  кгс/см<sup>2</sup>.

Задание 2. Для выбранного в задании 1 теплообменного аппарата определить гидравлическое сопротивление трубного и межтрубного пространства.

Задание 3. Рассчитать и выбрать стандартный горизонтальный кожухотрубчатый теплообменный аппарат для охлаждения в межтрубном

пространстве 1240 м<sup>3</sup>/ч азота от 76 до 31 °С. Абсолютное давление азота 1,5 кгс/см<sup>2</sup>. Вода поступает в трубное пространство с температурой 16 °С.

Задание 4. Для выбранного в задании 3 теплообменного аппарата определить гидравлическое сопротивление трубного и межтрубного пространства.

### Тема 5. Основы массопередачи.

Задание 1. Жидкая смесь содержит 58,8% (мол.) толуола и 41,2% (мол.) четыреххлористого углерода. Определить относительную массовую концентрацию толуола и его объемную массовую концентрацию.

Задание 2. Определить молярный состав и среднюю молекулярную массу смеси бензола и толуола, содержащую 30% (масс.) бензола.

Задание 3. Смесь двуокиси углерода с воздухом содержит 15 % (об.) CO<sub>2</sub>. Определить содержание CO<sub>2</sub> в смеси в % (масс.), парциальное давление CO<sub>2</sub> в смеси и объемную концентрацию CO<sub>2</sub> при 25 °С и общем (абсолютном) давлении 20 атм.

Задание 4. Найти относительный массовый состав смеси, рассмотренной в задании 3.

Задание 5. При ректификации бинарной смеси содержание низкокипящего компонента в исходной смеси составляет  $\bar{x}_F = 32\%$  (масс.), в дистилляте -  $\bar{x}_p = 65\%$  (масс.), в кубовом остатке  $\bar{x}_w = 2\%$  (масс.). Молекулярная масса низкокипящего компонента  $M_{нк} = 76$  кг/кмоль, высококипящего компонента  $M_{вк} = 58$  кг/кмоль. Определить мольные доли низкокипящего компонента в исходной смеси, дистилляте, кубовом остатке.

Задание 6. Аммиак поглощается водой из газа (воздух) с начальным содержанием NH<sub>3</sub> 5 % (об.), конечное содержание NH<sub>3</sub> в газе 0,27 % (об.). Количество поступающего газа 10 000 м<sup>3</sup>/ч (при нормальных условиях). Общее давление газа  $P = 760$  мм. рт. ст. Содержание NH<sub>3</sub> в поступающей на абсорбцию воде 0,2 % (масс.), удельный расход поглотителя  $l = 1,18$  кг/кг. Определить количество поглощенного аммиака, конечную концентрацию его в воде и построить рабочую линию данного процесса абсорбции.

Задание 7. Построить диаграмму  $t - x, y$  для смеси бензол-толуол. Равновесный состав жидкости и температура кипения представлены в таблице

|       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |       |      |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|
| x     | 0     | 0,05  | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6  | 0,7   | 0,8  | 0,9   | 1,0  |
| y     | 0     | 0,115 | 0,214 | 0,38  | 0,511 | 0,619 | 0,712 | 0,79 | 0,854 | 0,91 | 0,959 | 1,0  |
| t, °С | 110,6 | 108,3 | 106,1 | 102,2 | 98,6  | 95,2  | 92,1  | 89,4 | 86,8  | 84,4 | 82,3  | 80,2 |

Определить по диаграмме мольную долю компонента в паре  $y_F^*$ , равновесном с жидкостью, и температуру кипения смеси, если содержание низкокипящего компонента в исходной смеси  $x_F = 36\%$  мол.

Задание 8. Для условий и результатов, полученных в задании 7 определить минимальное и рабочее флегмовое число, если содержание низкокипящего компонента в дистилляте  $x_p = 0,98$  мол. долей.

Задание 9. Для условий и результатов, полученных в заданиях 7 и 8 построить диаграмму равновесия  $y - x$  и рабочую линию процесса, выражаемую уравнением

$$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_p}{R+1},$$

где  $R$  - рабочее флегмовое число, рассчитанное в задании 8.

Задание 10. Определить коэффициент диффузии паров бензола в воздухе при  $40\text{ }^\circ\text{C}$  и абсолютном давлении 1 атм.

### Тема 6. Массообменные процессы.

Задание 1. Определить коэффициент массоотдачи для газовой фазы в насадочном абсорбере, в котором производится поглощение двуокиси серы из инертного газа (азота) под атмосферным давлением. Температура в абсорбере  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , он работает в пленочном режиме. Скорость газа в абсорбере (фиктивная)  $0,35\text{ м/с}$ . Абсорбер заполнен кусками кокса ( $a = 42\text{ м}^2/\text{м}^3$ ,  $V_{св} = 0,58\text{ м}^3/\text{м}^3$ ).

Задание 2. На ректификацию поступает смесь метанол - вода в количестве  $F = 5000\text{ кг/ч}$ , содержащая метанола  $x_F = 40\%$  (масс.). Содержание метанола в дистилляте  $x_p = 98,5\%$  (масс.), в кубовом остатке  $x_w = 1,5\%$  (масс.). Определить количество дистиллята и остатка.

Задание 3. Для условий задания 2 определить минимальное флегмовое число. Равновесный состав жидкости и температура кипения представлены в таблице

|                     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $x$                 | 0   | 5    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
| $y$                 | 0   | 26,8 | 41,8 | 57,9 | 66,5 | 72,9 | 77,9 | 82,5 | 87   | 91,5 | 95,8 | 100  |
| $t, ^\circ\text{C}$ | 100 | 92,3 | 87,7 | 81,7 | 78   | 75,3 | 73,1 | 71,2 | 69,3 | 67,6 | 66   | 64,5 |

Задание 4. Для условий задания 2 и 3 построить рабочую линию и определить количество поднимающегося в колонне пара, количество флегмы, а также количество стекающей жидкости в укрепляющей и исчерпывающей частей колонны.

Задание 5. Определить расход тепла для ректификации смеси метанол - вода в условиях заданий 2-4 и найти тепловую нагрузку дефлегматора, если в колонну смесь вводится при температуре ее кипения, а в дефлегматоре происходит полная конденсация поступающих в него паров.

Задание 6. Для условий заданий 2-5 определить диаметр колонны непрерывного действия с ситчатыми тарелками, число действительных тарелок и высоту аппарата.

Задание 7. Для условий заданий 2-6 определить гидравлическое сопротивление ректификационной колонны.

Задание 8. При расчете ректификационной колонны с колпачковыми тарелками принято расстояние между тарелками  $300\text{ мм}$ . Через колонну проходит  $3200\text{ м}^3/\text{ч}$  пара. Плотность пара  $1,25\text{ кг/м}^3$  (расход и плотность пара - при нормальных условиях). Плотность жидкости  $430\text{ кг/м}^3$ . Определить

требуемый диаметр колонны, если абсолютное давление в ней  $1,2 \text{ кгс/см}^2$  и средняя температура  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Задания для курсовой работы

Произвести расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения двухкомпонентной смеси.

Производительность установки по исходной смеси  $F \text{ т/ч}$ , содержащей  $\bar{x}_F$  массовых процентов низкокипящего компонента (НК) смеси. Дистиллят должен содержать  $\bar{x}_p$  массовых процентов НК, кубовый остаток  $\bar{x}_w$  массовых процентов НК.

Исходная смесь перед подачей в колонну подогревается в подогревателе исходной смеси до температуры кипения за счет теплоты кубового остатка. Начальная температура исходной смеси  $t_n$ .

Пары, поступающие в дефлегматор, полностью конденсируются, и конденсат выходит при температуре насыщения. Часть конденсата в виде флегмы направляется обратно в колонну, а другая часть (дистиллят) поступает в холодильник, где охлаждается до температуры  $t_x$ .

Для конденсации паров в дефлегматоре и охлаждения дистиллята в холодильнике используется вода с одинаковыми начальными и конечными параметрами: температура воды на входе  $t_1$ , на выходе  $t_2$ .

Колонна работает под атмосферным давлением.

Испаритель кубового остатка (кипятильник) представляет собой вертикальный кожухотрубчатый теплообменник, в межтрубное пространство которого подается сухой насыщенный пар, имеющий давление  $P_{\text{изб}}$ .

Тип колонны и разделяемая смесь указаны в табл. 1.

Таблица 1. - Исходные данные к заданию по вариантам

| № варианта | Наименование смеси                     | F, т/ч | Содержание НК, %(масс.) |             |             | Температура, $^\circ\text{C}$ |       |       |       | $P_{\text{изб}}$ , кгс/см <sup>2</sup> | Тип колонны |
|------------|--|--------|-------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|-------|-------|-------|--|-------------|
|            |  |        | $\bar{x}_F$             | $\bar{x}_p$ | $\bar{x}_w$ | $t_n$                         | $t_x$ | $t_1$ | $t_2$ |  |             |
| 1          | Ацетон - вода                          | 12,5   | 50                      | 95          | 7,5         | 30                            | 22    | 20    | 35    | 2                                      | НР          |
| 2          | Этиловый спирт - вода                  | 13     | 35                      | 88          | 1,5         | 20                            | 25    | 17    | 26    | 3                                      | А           |
| 3          | Бензол - толуол                        | 13,6   | 32                      | 98          | 3           | 18                            | 20    | 15    | 30    | 2,2                                    | К           |
| 4          | Хлороформ - бензол                     | 14     | 35                      | 97          | 1,8         | 40                            | 26    | 18    | 24    | 2,4                                    | S           |
| 5          | Метанол - вода                         | 14,8   | 40                      | 90          | 5           | 25                            | 30    | 20    | 40    | 3,2                                    | С           |
| 6          | Ацетон - этиловый спирт                | 13,7   | 38                      | 85          | 12          | 18                            | 25    | 15    | 28    | 2,6                                    | П           |
| 7          | Сероуглерод - четыреххлористый углерод | 12     | 25                      | 92          | 3,5         | 20                            | 21    | 18    | 32    | 1,8                                    | А           |
| 8          | Сероуглерод - ацетон                   | 12,4   | 12                      | 50          | 2           | 26                            | 20    | 17    | 28    | 2,4                                    | НП          |
| 9          | Метиловый спирт - бензол               | 10     | 12                      | 38          | 0,6         | 32                            | 24    | 16    | 29    | 2                                      | С           |
| 10         | Ацетон - бензол                        | 15     | 27                      | 56          | 2,5         | 22                            | 18    | 14    | 25    | 3,6                                    | S           |
| 11         | Бензол - уксусная кислота              | 13,5   | 37                      | 80          | 6           | 20                            | 27    | 21    | 37    | 3,1                                    | К           |
| 12         | Метиловый спирт - этиловый спирт       | 16     | 40                      | 90          | 0,8         | 32                            | 23    | 19    | 26    | 2,5                                    | НП          |

|    |   |      |    |    |     |    |    |    |    |     |    |
|----|---|------|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|
| 13 | Толуол - уксусная кислота                 | 14,2 | 22 | 48 | 1,2 | 18 | 31 | 22 | 40 | 3,8 | S  |
| 14 | Вода - уксусная кислота                   | 15,5 | 15 | 70 | 2   | 40 | 21 | 16 | 27 | 4,2 | A  |
| 15 | Четыреххлористый углерод - этиловый спирт | 12,3 | 30 | 55 | 2,3 | 20 | 24 | 18 | 30 | 3,5 | П  |
| 16 | Азот - кислород                           | 14,5 | 45 | 90 | 3   | 26 | 32 | 20 | 40 | 1,6 | C  |
| 17 | Бензол - толуол                           | 17   | 28 | 92 | 5   | 30 | 22 | 17 | 31 | 4,4 | НР |
| 18 | Хлороформ - бензол                        | 15,3 | 32 | 85 | 2   | 28 | 34 | 23 | 42 | 2,8 | K  |
| 19 | Изопропиловый спирт - вода                | 11,4 | 36 | 47 | 1,4 | 34 | 17 | 14 | 23 | 3   | П  |
| 20 | Этиловый спирт - бензол                   | 11,8 | 18 | 35 | 0,6 | 20 | 20 | 13 | 28 | 4,5 | НР |
| 21 | Бензол - толуол                           | 18   | 32 | 98 | 3   | 18 | 20 | 15 | 30 | 2   | K  |
| 22 | Вода - уксусная кислота                   | 9,5  | 22 | 89 | 2   | 37 | 42 | 5  | 18 | 6   | НР |
| 23 | Этиловый спирт - вода                     | 15   | 35 | 88 | 1,5 | 20 | 25 | 17 | 24 | 2,5 | A  |
| 24 | Этилацетат-толуол                         | 19   | 20 | 95 | 1,1 | 20 | 30 | 20 | 30 | 1   | НР |
| 25 | Метанол - вода                            | 16   | 40 | 90 | 5   | 25 | 30 | 20 | 40 | 2,5 | K  |

Тип колонны: А - с капсульными колпачками; С - ситчатая; П - с провальными решетками; НР - насадочная (кольца Рашига); НП - насадочная (кольца Палля); S - с S-образными элементами; К - клапанная.

Темы:

1. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 12,5 т/час смеси ацетон - вода
2. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 13 т/час смеси этиловый спирт - вода
3. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 13,6 т/час смеси бензол - толуол
4. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения смеси 14 т/час хлороформ - бензол
5. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 14,8 т/час смеси метанол - вода
6. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 13,7 т/час смеси ацетон - этиловый спирт
7. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 12 т/час смеси сероуглерод - четыреххлористый углерод
8. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 12,4 т/час смеси сероуглерод - ацетон
9. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 10 т/час смеси метиловый спирт - бензол
10. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 15 т/час смеси ацетон - бензол
11. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 13,5 т/час смеси бензол - уксусная кислота
12. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 16 т/час смеси метиловый спирт - этиловый спирт
13. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 14,2 т/час смеси толуол - уксусная кислота

14. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 15,5 т/час смеси вода - уксусная кислота
15. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 12,3 т/час смеси четыреххлористый углерод - этиловый спирт
16. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 14,5 т/час смеси азот - кислород
17. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 17 т/час смеси бензол - толуол
18. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 15,3 т/час смеси хлороформ - бензол
19. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 11,4 т/час смеси изопропиловый спирт - вода
20. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 11,8 т/час смеси этиловый спирт - бензол
21. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 18 т/час смеси бензол - толуол
22. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 9,5 т/час смеси вода - уксусная кислота
23. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 15 т/час смеси этиловый спирт - вода
24. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 19 т/час смеси этилацетат - толуол
25. Расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения 16 т/час смеси метанол - вода

## **2.2 Оценочные средства для промежуточного контроля**

### **Экзаменационные вопросы**

1. Классификация основных процессов нефтегазовых производств по назначению и способу проведения.
2. Задача расчета процессов и аппаратов. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.
3. Принципы моделирования. Основы теории подобия.
4. Классификация и методы разделения неоднородных систем.
5. Материальный баланс процессов разделения неоднородных систем.
6. Осаждение под действием силы тяжести, скорость осаждения.
7. Расчет отстойников. Конструкции отстойников.
8. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои.
9. Гидродинамика кипящих зернистых слоев.
10. Фильтрация. Виды и способы фильтрации, фильтровальные перегородки.
11. Основное уравнение фильтрации.
12. Константы фильтрации.
13. Конструкции фильтров.

14. Центрифугирование, центробежная сила, фактор разделения.
15. Расчет отстойных и фильтрующих центрифуг.
16. Классификация и конструкции центрифуг.
17. Очистка запыленных газов.
18. Перемешивание в жидких средах, способы перемешивания.
19. Механическое перемешивание, расчет мощности на перемешивание.
20. Конструкции мешалок. Область их применения.
21. Способы переноса теплоты.
22. Тепловые балансы, основное уравнение теплопередачи.
23. Теплопроводность. Закон Фурье.
24. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
25. Уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенки.
26. Теплопроводность многослойной стенки.
27. Тепловое излучение.
28. Передача тепла конвекцией. Механизм конвективного теплообмена.

Закон Ньютона-Рихмана.

29. Уравнение теплоотдачи.
30. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.
31. Тепловое подобие. Критериальные уравнения теплоотдачи.
32. Сложная теплоотдача.
33. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки при постоянных температурах теплоносителей.
34. Коэффициент теплопередачи.
35. Уравнение теплопередачи.
36. Средняя разность температур.
37. Нагревание, способы нагревания и нагревающие агенты. Требования, предъявляемые к теплоносителям.
38. Нагревание топочными газами.
39. Нагревание высокотемпературными теплоносителями.
40. Высокотемпературные органические теплоносители.
41. Нагревание электрическим током.
42. Охлаждение, охлаждающие агенты и способы охлаждения.
43. Охлаждение водой.
44. Испарительное охлаждение.
45. Аппараты воздушного охлаждения.
46. Конденсация паров.
47. Тепловой расчет теплообменных аппаратов.
48. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.
49. Конструктивный расчет теплообменных аппаратов.
50. Классификация и характеристика массообменных процессов.
51. Способы выражения состава фаз. Правило фаз.
52. Фазовое равновесие. Линия равновесия.
53. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии.
54. Направление массопередачи. Скорость массопередачи.

55. Молекулярная и турбулентная диффузия. Конвективный перенос.
56. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.
57. Механизм и модели процессов массопередачи.
58. Уравнение массоотдачи.
59. Подобие процессов переноса массы.
60. Уравнение массопередачи.
61. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.
62. Объемные коэффициенты массопередачи.
63. Движущая сила процессов массопередачи. Средняя движущая сила.
64. Число единиц переноса. Высота единицы переноса.
65. Коэффициент извлечения.
66. Влияние перемешивания на среднюю движущую силу.
67. Расчет основных размеров массообменных аппаратов.
68. Расчет скорости захлебывания насадочных колонн.
69. Межтарельчатый унос.
70. Предельно допустимая и рабочая скорость газа (пара) в колонне.
71. Высота аппарата. Расчет высоты аппаратов с непрерывным и ступенчатым контактом.
72. Аналитический и графоаналитический методы определения числа ступеней контакта.
73. Определение числа теоретических тарелок.
74. Абсорбция. Равновесие при абсорбции. Закон Генри.
75. Материальный баланс абсорбции. Расход абсорбента.
76. Тепловой баланс абсорбции.
77. Скорость абсорбции.
78. Хемосорбция. Десорбция.
79. Расчет абсорберов.
80. Перегонка и ректификация.
81. Характеристики двухфазных систем пар-жидкость.
82. Идеальные и реальные смеси. Закон Рауля.
83. Простая перегонка и ее виды.
84. Схемы ректификационных установок.
85. Материальный баланс ректификационной колонны.
86. Уравнения рабочих линий.
87. Минимальное и действительное флегмовое число.
88. Тепловой баланс ректификационной колонны.
89. Расчет ректификационных аппаратов.
90. Ректификация многокомпонентных смесей.

### **Практические задания для проведения экзамена**

Задание 1. Определить скорость осаждения в воде частиц твердого вещества шарообразной формы диаметром  $D = 0,5$  мм, если плотность вещества  $\rho = 2800$  кг/м<sup>3</sup>. Плотность воды  $\rho_{\text{ср}} = 990$  кг/м<sup>3</sup>, вязкость воды  $\mu_{\text{ср}} = 980 \cdot 10^{-6}$  Па·с.

Задание 2. Определить скорость осаждения в глицерине шарообразных частиц апатита диаметром  $D = 1$  мм, если плотность апатита  $\rho = 3190$  кг/м<sup>3</sup>. Плотность глицерина  $\rho_{\text{ср}} = 1130$  кг/м<sup>3</sup>, вязкость глицерина  $\mu_{\text{ср}} = 1,48$  Па·с.

Задание 3. Определить диаметр шарообразных частиц песка, имеющего плотность  $\rho = 2650$  кг/м<sup>3</sup>, которые начнут переходить во взвешенное состояние при скорости потока воздуха  $w = 2$  м/с. Плотность воздуха  $\rho_{\text{ср}} = 1,25$  кг/м<sup>3</sup>, вязкость воздуха  $\mu_{\text{ср}} = 22 \cdot 10^{-6}$  Па·с.

Задание 4. Определить диаметр шарообразных частиц парафина, имеющего плотность  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>, которые начнут переходить во взвешенное состояние при скорости метана  $w = 1,4$  м/с. Плотность метана  $\rho_{\text{ср}} = 0,7$  кг/м<sup>3</sup>, вязкость метана  $\mu_{\text{ср}} = 11 \cdot 10^{-6}$  Па·с.

Задание 5. Определить продолжительность фильтрования 10 дм<sup>3</sup> жидкости через 1 м<sup>2</sup> фильтра, если при предварительном испытании фильтра с 1 м<sup>2</sup> было собрано фильтрата: 1,5 дм<sup>3</sup> через 3 мин и 4 дм<sup>3</sup> через 19 мин после начала фильтрования.

Задание 6. Определить продолжительность фильтрования 5 дм<sup>3</sup> жидкости через 1 м<sup>2</sup> фильтра, если при предварительном испытании фильтра с 1 м<sup>2</sup> было собрано фильтрата: 0,8 дм<sup>3</sup> через 1,5 мин и 2 дм<sup>3</sup> через 8 мин после начала фильтрования.

Задание 7. В центрифуге периодического действия центробежная сила не должна превышать  $C_{\text{max}} = 1,5$  МН. Найти предельно допустимую частоту вращения центрифуги, если общая центробежная сила носит зависимость от частоты вращения  $C = 1,1n^2$ .

Задание 8. Определить фактор разделения фильтрующей центрифуги с внутренним радиусом барабана 800 мм и частотой вращения 670 об/мин.

Задание 9. Определить диаметр открытой турбинной мешалки с частотой вращения 300 об/мин, имеющей электропривод мощностью 12 кВт. Плотность перемешиваемого раствора 1100 кг/м<sup>3</sup>. Критерий мощности для турбинной мешалки 6,5.

Задание 10. Раствор плотностью  $\rho = 1500$  кг/м<sup>3</sup> и вязкостью  $\mu = 18 \cdot 10^{-3}$  Па·с приготавливают в аппарате с пропеллерной мешалкой диаметром  $d = 0,5$  м и частотой вращения  $n = 180$  об/мин. Определить режим перемешивания и мощность, потребляемую мешалкой при значении критерия мощности  $K_N = 0,3$ .

Задание 11. Стенка аппарата толщиной  $\delta = 35$  мм выполнена из стали с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 17,5$  Вт/(м·К). Температура внутри аппарата  $t_1 = 350$  °С, температура наружного воздуха  $t_2 = 25$  °С. Определить удельный тепловой поток через стенку аппарата.

Задание 12. Стенка печи состоит из огнеупорного кирпича толщиной  $\delta = 500$  мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 1,2$  Вт/(м·К). Температура внутри печи  $t_1 = 1000$  °С, температура наружного воздуха  $t_2 = 20$  °С. Определить удельный тепловой поток через стенку печи.

Задание 13. В пароводяном подогревателе нагревают воду с расходом  $G = 7,2$  т/час от  $t_1 = 20$  °С до  $t_2 = 40$  °С греющим паром с удельной теплотой конденсации  $r = 2150$  кДж/кг. Теплоемкость воды  $C_{\text{в}} = 4190$  Дж/(кг·К). Определить тепловую нагрузку и расход пара.

Задание 14. Определить значение передаваемой теплоты через стенку аппарата площадью  $F = 5 \text{ м}^2$ , если температура стенки с внутренней стороны  $t_1 = 140 \text{ °С}$ , а с наружной  $t_2 = 25 \text{ °С}$ . Коэффициент теплопередачи принять равным  $k = 800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Задание 15. В холодильнике требуется охладить жидкость с расходом  $G = 10000 \text{ кг}/\text{час}$  от  $t_{\text{жн}} = 90 \text{ °С}$  до  $t_{\text{жк}} = 40 \text{ °С}$ . Теплоемкость жидкости  $C_{\text{ж}} = 3350 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Начальная температура охлаждающей воды  $t_{\text{вн}} = 25 \text{ °С}$ , конечная  $t_{\text{вк}} = 35 \text{ °С}$ . Теплоемкость воды  $C_{\text{в}} = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Определить тепловую нагрузку холодильника и расход охлаждающей воды.

Задание 16. Определить коэффициент теплопередачи от конденсирующегося пара воздуху через латунную стенку толщиной  $\delta_{\text{ст}} = 2,5 \text{ мм}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{ст}} = 15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , если коэффициент теплоотдачи для пара  $\alpha_{\text{п}} = 9500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , для воздуха  $\alpha_{\text{в}} = 60 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Термическими сопротивлениями загрязнений со стороны теплоносителей пренебречь.

Задание 17. Определить коэффициент теплопередачи от конденсирующегося пара воде через стальную стенку толщиной  $\delta_{\text{ст}} = 4 \text{ мм}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{ст}} = 46 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , если коэффициент теплоотдачи для пара  $\alpha_{\text{п}} = 10000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , для воды  $\alpha_{\text{в}} = 2400 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Теплоносители считать абсолютно чистыми.

Задание 18. В теплообменном аппарате нагревают органическую жидкость от  $t_1 = 40 \text{ °С}$  до  $t_2 = 80 \text{ °С}$  греющим паром с температурой насыщения  $t_{\text{с}} = 125 \text{ °С}$  и удельной теплотой конденсации  $r = 2194 \text{ кДж}/\text{кг}$ . Расход пара составляет  $G = 0,5 \text{ т}/\text{час}$ . Коэффициент теплопередачи  $k = 160 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Определить тепловую нагрузку и площадь поверхности теплообмена.

Задание 19. Воздух, в количестве  $G = 12 \text{ кг}/\text{сек}$ , нагревается в трубе с внутренним диаметром  $d = 21 \text{ мм}$  и длиной  $L = 4 \text{ м}$  от  $t_1 = 20 \text{ °С}$  до  $t_2 = 30 \text{ °С}$ . Теплоемкость воздуха  $C_{\text{в}} = 1000 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Определить удельный тепловой поток.

Задание 20. Вода, в количестве  $G = 2 \text{ кг}/\text{сек}$ , нагревается в трубе с внутренним диаметром  $d = 20 \text{ мм}$  и длиной  $L = 2 \text{ м}$  от  $t_1 = 20 \text{ °С}$  до  $t_2 = 30 \text{ °С}$ . Теплоемкость воды  $C_{\text{в}} = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Определить удельный тепловой поток.

Задание 21. В пароводяном подогревателе нагревают воду от  $t_1 = 20 \text{ °С}$  до  $t_2 = 45 \text{ °С}$  греющим паром с температурой насыщения  $t_{\text{с}} = 150 \text{ °С}$  и удельной теплотой конденсации  $r = 2120 \text{ кДж}/\text{кг}$ . Расход пара составляет  $G = 0,36 \text{ т}/\text{час}$ . Коэффициент теплопередачи  $k = 850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Определить тепловую нагрузку и площадь поверхности теплообмена.

Задание 22. Определить тепловую нагрузку аппарата с площадью поверхности теплообмена  $F = 12 \text{ м}^2$  при известной разности температур  $\Delta t = 25 \text{ °С}$ , если коэффициент теплоотдачи для горячего теплоносителя составляет  $\alpha_1 = 8000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , для холодного теплоносителя  $\alpha_2 = 2500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Термическим сопротивлением стенки и загрязнений теплоносителей пренебречь.

Задание 23. Тепловая нагрузка холодильника составляет  $Q = 465 \text{ кВт}$ . Коэффициент теплопередачи  $k = 290 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Температура охлаждаемой жидкости изменяется от  $t_1 = 90 \text{ °С}$  до  $t_2 = 40 \text{ °С}$ , температура охлаждающей

жидкости изменяется от  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить среднюю разность температур при прямотоке и необходимую поверхность теплообмена.

Задание 24. Тепловая нагрузка холодильника составляет  $Q = 500 \text{ кВт}$ . Коэффициент теплопередачи  $k = 300 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Температура охлаждаемой жидкости изменяется от  $t_1 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура охлаждающей жидкости изменяется от  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить среднюю разность температур при противотоке и необходимую поверхность теплообмена.

Задание 25. Содержание низкокипящего компонента в исходной бинарной смеси составляет  $\bar{x}_F = 40\%$  (масс.), в дистилляте -  $\bar{x}_P = 98\%$  (масс.), в кубовом остатке  $\bar{x}_W = 6\%$  (масс.). Молекулярная масса низкокипящего компонента  $M_{\text{нк}} = 82 \text{ кг/кмоль}$ , высококипящего компонента  $M_{\text{вк}} = 68 \text{ кг/кмоль}$ . Определить мольные доли низкокипящего компонента в исходной смеси, дистилляте, кубовом остатке.

Задание 26. Содержание низкокипящего компонента в исходной бинарной смеси составляет  $\bar{x}_F = 20\%$  (масс.), в дистилляте -  $\bar{x}_P = 95\%$  (масс.), в кубовом остатке  $\bar{x}_W = 1\%$  (масс.). Молекулярная масса низкокипящего компонента  $M_{\text{нк}} = 88 \text{ кг/кмоль}$ , высококипящего компонента  $M_{\text{вк}} = 92 \text{ кг/кмоль}$ . Определить мольные доли низкокипящего компонента в исходной смеси, дистилляте, кубовом остатке.

Задание 27. Содержание низкокипящего компонента в исходной бинарной смеси составляет  $\bar{x}_F = 60\%$  (масс.), в дистилляте -  $\bar{x}_P = 85\%$  (масс.), в кубовом остатке  $\bar{x}_W = 4\%$  (масс.). Молекулярная масса низкокипящего компонента  $M_{\text{нк}} = 102 \text{ кг/кмоль}$ , высококипящего компонента  $M_{\text{вк}} = 84 \text{ кг/кмоль}$ . Определить мольные доли низкокипящего компонента в исходной смеси, дистилляте, кубовом остатке.

Задание 28. Определить минимальное  $R_{\text{min}}$  и действительное  $R$  число флегмы, если содержание низкокипящего компонента в исходной смеси составляет  $x_F = 27\%$  (мол.), в дистилляте -  $x_P = 55\%$  (мол.). Мольная доля компонента в паре, равновесном с жидкостью  $y_F^* = 39\%$  (мол.). Коэффициент избытка флегмы  $\phi = 1,75$ .

Задание 29. Определить минимальное  $R_{\text{min}}$  и действительное  $R$  число флегмы, если содержание низкокипящего компонента в исходной смеси составляет  $x_F = 37\%$  (мол.), в дистилляте -  $x_P = 89\%$  (мол.). Мольная доля компонента в паре, равновесном с жидкостью  $y_F^* = 49\%$  (мол.). Коэффициент избытка флегмы  $\phi = 1,8$ .

Задание 30. Определить минимальное  $R_{\text{min}}$  и действительное  $R$  число флегмы, если содержание низкокипящего компонента в исходной смеси составляет  $x_F = 31\%$  (мол.), в дистилляте -  $x_P = 97\%$  (мол.). Мольная доля компонента в паре, равновесном с жидкостью  $y_F^* = 67\%$  (мол.). Коэффициент избытка флегмы  $\phi = 1,77$ .

Задание 31. Производительность ректификационной установки по исходной смеси  $F = 10 \text{ т/ч}$ , содержащей  $\bar{x}_F = 45\%$  (масс.) низкокипящего

компонента смеси. Дистиллят должен содержать  $\bar{x}_p = 98\%$  (масс.) низкокипящего компонента, кубовый остаток  $\bar{x}_w = 6\%$  (масс.) низкокипящего компонента. Определить расход дистиллята  $P$  и кубового остатка  $W$ .

Задание 32. Производительность ректификационной установки по исходной смеси  $F = 16$  т/ч, содержащей  $\bar{x}_F = 40\%$  (масс.) низкокипящего компонента смеси. Дистиллят должен содержать  $\bar{x}_p = 90\%$  (масс.) низкокипящего компонента, кубовый остаток  $\bar{x}_w = 8\%$  (масс.) низкокипящего компонента. Определить расход дистиллята  $P$  и кубового остатка  $W$ .

Задание 33. Производительность ректификационной установки по исходной смеси  $F = 18$  т/ч, содержащей  $\bar{x}_F = 50\%$  (масс.) низкокипящего компонента смеси. Дистиллят должен содержать  $\bar{x}_p = 88\%$  (масс.) низкокипящего компонента, кубовый остаток  $\bar{x}_w = 10\%$  (масс.) низкокипящего компонента. Определить расход дистиллята  $P$  и кубового остатка  $W$ .

Задание 34. Определить действительное число тарелок  $n_d$  и высоту тарельчатой части колонны, если теоретическое число тарелок  $n_T = 11$  шт., расстояние между тарелками  $h = 400$  мм, число тарелок, эквивалентное одной ступени изменения концентрации 1,7.

Задание 35. Определить действительное число тарелок  $n_d$  и высоту тарельчатой части колонны, если теоретическое число тарелок  $n_T = 15$  шт., расстояние между тарелками  $h = 500$  мм, число тарелок, эквивалентное одной ступени изменения концентрации 1,5.

Задание 36. Определить действительное число тарелок  $n_d$  и высоту тарельчатой части колонны, если теоретическое число тарелок  $n_T = 18$  шт., расстояние между тарелками  $h = 600$  мм, число тарелок, эквивалентное одной ступени изменения концентрации 1,4.

Задание 37. Определить по диаграмме  $t - x - y$  мольную долю компонента в жидкости  $x_F^*$ , равновесной с паром и температуру кипения смеси, если  $y_F = 60\%$  мол.

Задание 38. Определить по диаграмме  $t - x - y$  мольную долю компонента в паре, равновесном с жидкостью и температуру кипения смеси, если  $x_F = 54\%$  мол.

Задание 39. Определить по диаграмме  $t - x - y$  мольную долю компонента в паре, равновесном с жидкостью и температуру кипения смеси, если  $x_F = 40\%$  мол.

Задание 40. Определить по диаграмме  $t - x - y$  мольную долю компонента в паре, равновесном с жидкостью и температуру кипения смеси, если  $x_F = 30\%$  мол.

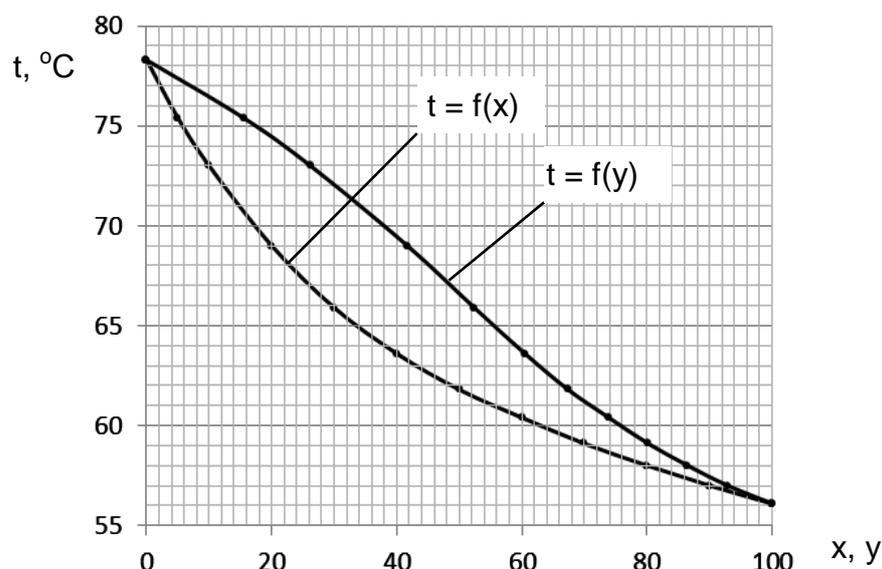


Рис. 1. Диаграмма  $t - x - y$  к заданиям 37-40

Оценивание результатов обучения в форме уровня сформированности элементов компетенций проводится путем контроля во время промежуточной аттестации в форме экзамена:

- а) оценка «отлично» – компетенция или ее часть сформированы на продвинутом уровне;
- б) оценка «хорошо» – компетенция или ее часть сформированы на повышенном уровне;
- в) оценка «удовлетворительно» – компетенция или ее часть сформированы на базовом уровне;
- г) оценка «не удовлетворительно» – компетенция или ее часть не сформированы.

Оценки «не удовлетворительно» ставятся также в случаях, если обучающийся не приступал к выполнению задания, а также при обнаружении следующих нарушений: списывание; плагиат; фальсификация данных и результатов работы.

Критерии, на основе которых выставляются оценки при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Критерии выставления оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации

| Шкала оценки          | Оценка  | Критерий выставления оценки  |
|-----------------------|---------|--|
| Четырехбалльная шкала | Отлично | Обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, тесно увязывает теорию с практикой. Обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, заданиями и другими видами применения |

| Шкала оценки | Оценка              | Критерий выставления оценки  |
|--------------|---------------------|--|
|              |                     | знаний, показывает знания законодательного и нормативно-технического материалов, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ, обнаруживает умение самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок |
|              | Хорошо              | Обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми навыками при выполнении практических работ                        |
|              | Удовлетворительно   | Обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения при выполнении практических работ                        |
|              | Неудовлетворительно | Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические работы  |

### 2.3. Итоговая диагностическая работа по дисциплине

#### Задания для диагностической работы по дисциплине (модулю), практике

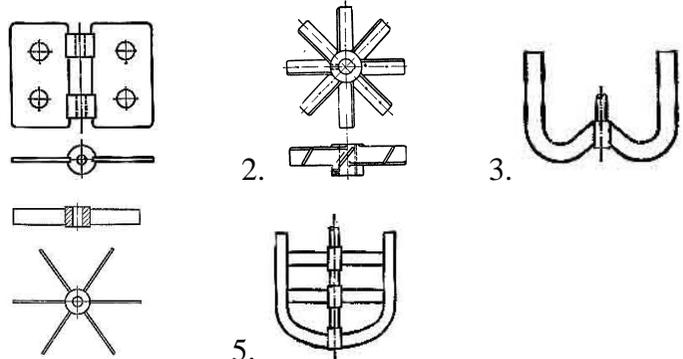
Компетенции: ОПК-2 - Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.

| Номер задания | Правильный ответ *   | Содержание вопроса  | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|---------------|--|---|-------------|--|
| 1.            | периодические и непрерывные процессы   | По способу организации основные процессы делятся на   | ОПК-2       | ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Способен использовать стандартные методы расчета основных процессов химической и нефтехимической технологии, методы расчета основных размеров аппаратов для проектирования технических объектов, систем и технологических процессов нефтегазовых производств |
| 2.            | установившиеся и неуставившиеся процессы   | Как классифицируют основные процессы в зависимости от изменения параметров процесса (скоростей, температур, концентраций и др.) во времени? |             |  |
| 3.            | гидромеханические, тепловые, массообменные, химические и механические процессы                                       | Как классифицируют основные процессы в зависимости от основных законов, определяющих скорость процессов?                                    |             |  |
| 4.            | массообменные  | Процессы, характеризующиеся переносом одного или нескольких компонентов исходной смеси из одной фазы в другую через поверхность раздела фаз |             |  |
| 5.            | неоднородные системы, состоящие из жидкости и взвешенных в ней твердых частиц  | Что представляют собой суспензии?   |             |  |
| 6.            | неоднородные системы, состоящие из жидкости и распределенных в ней капель другой жидкости, не смешивающейся с первой | Что представляют собой эмульсии?  |             |  |
| 7.            | Неоднородные системы,  | Что представляют собой пены?  |             |  |

| Номер задания | Правильный ответ *  | Содержание вопроса  | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---------------|---|---|-------------|--|
|               | состоящие из жидкости и распределенных в ней пузырьков газа                             |   |             |  |
| 8.            | Неоднородные системы, состоящие из газа и распределенных в нем частиц твердого вещества | Что представляют собой пыли и дымы?   |             |  |
| 9.            | 3. осаждение  | <p>Процесс разделения, при котором взвешенные в жидкости или газе твердые или жидкие частицы отделяются от сплошной фазы под действием силы тяжести, сил инерции или электростатических сил</p> <p>1. центрифугирование                      3. осаждение<br/>2. фильтрование                              4. мокрое разделение</p> |             |  |
| 10.           | 2. фильтрование   | <p>Процесс разделения с помощью пористой перегородки, способной пропускать жидкость или газ, но задерживать взвешенные в среде твердые частицы</p> <p>1. центрифугирование                      3. осаждение<br/>2. фильтрование                              4. мокрое разделение</p>  |             |  |
| 11.           | 1. центрифугирование  | <p>Процесс разделения суспензий и эмульсий в поле центробежных сил</p> <p>1. центрифугирование                      3. осаждение<br/>2. фильтрование                              4. мокрое разделение</p>  |             |  |
| 12.           | 0,15 м/с  | Определить скорость осаждения в воде частиц кварцевого песка шарообразной формы диаметром $d = 1$ мм, если плотность воды $\rho = 1000$ кг/м <sup>3</sup> , вязкость воды $\mu = 1 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Критерий Рейнольдса $Re = 150$  |             |  |
| 13.           | 3. $\zeta = 0,44 = const$   | В процессе осаждения твердых частиц шарообразной формы под  |             |  |

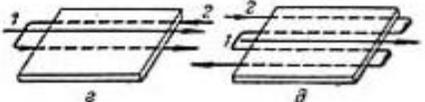
| Номер задания | Правильный ответ *   | Содержание вопроса   | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---------------|--|--|-------------|--|
|               |  | <p>действием силы тяжести при автотомодельном режиме коэффициент сопротивления среды определяется по формуле</p> <p>1. <math>\zeta = \frac{24}{Re}</math>    2. <math>\zeta = \frac{18,5}{Re^{0,6}}</math>    3. <math>\zeta = 0,44 = const</math></p>   |             |  |
| 14.           | 1. $\zeta = \frac{24}{Re}$   | <p>В процессе осаждения твердых частиц шарообразной формы под действием силы тяжести при ламинарном режиме коэффициент сопротивления среды определяется по формуле</p> <p>1. <math>\zeta = \frac{24}{Re}</math>    2. <math>\zeta = \frac{18,5}{Re^{0,6}}</math>    3. <math>\zeta = 0,44 = const</math></p> |             |  |
| 15.           | 2. $\zeta = \frac{18,5}{Re^{0,6}}$   | <p>В процессе осаждения твердых частиц шарообразной формы под действием силы тяжести при переходном режиме коэффициент сопротивления среды определяется по формуле</p> <p>1. <math>\zeta = \frac{24}{Re}</math>    2. <math>\zeta = \frac{18,5}{Re^{0,6}}</math>    3. <math>\zeta = 0,44 = const</math></p> |             |  |
| 16.           | 36 и 83000   | Укажите критические значения критерия Архимеда, при которых происходит смена режима осаждения  |             |  |
| 17.           | фиктивной скоростью  | Скорость в зернистом слое, равную отношению объемного расхода жидкости ко всей площади поперечного сечения слоя, называют  |             |  |
| 18.           | плотность упаковки частиц, прилегающих к стенкам аппарата, всегда меньше, а порозность слоя у стенок всегда выше, чем в центральной части аппарата | В чем выражается пристеночный эффект для зернистых слоев?  |             |  |
| 19.           | при постоянной разности  | Если пространство над суспензией сообщают с источником сжатого   |             |  |

| Номер задания | Правильный ответ *   | Содержание вопроса   | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---------------|--|--|-------------|--|
|               | давлений   | газа (обычно воздуха) или пространство под фильтровальной перегородкой присоединяют к источнику вакуума, то при каких условиях осуществляется процесс фильтрации?  |             |  |
| 20.           | при переменных разности давлений и скорости  | Если суспензию транспортируют на фильтр центробежным насосом, производительность которого при данном числе оборотов электродвигателя уменьшается при возрастании сопротивления осадка, то при каких условиях осуществляется процесс фильтрации?  |             |  |
| 21.           | при постоянной скорости  | Если суспензию подают на фильтр поршневым насосом, производительность которого при данном числе оборотов электродвигателя постоянна, то при каких условиях осуществляется процесс фильтрации?  |             |  |
| 22.           | 2. $V^2 + 2 \frac{R_{\text{фп}} S}{r_0 x_0} V = 2 \frac{\Delta P S^2}{\mu r_0 x_0} \tau$ | Уравнение фильтрации при постоянной разности давления имеет вид<br>1. $\Delta P = \mu r_0 x_0 W^2 \tau + \mu R_{\text{фп}} W$ 2. $V^2 + 2 \frac{R_{\text{фп}} S}{r_0 x_0} V = 2 \frac{\Delta P S^2}{\mu r_0 x_0} \tau$<br>3. $V = \frac{\Delta P S}{\mu (r_0 h_{\text{ос}} + R_{\text{фп}})} \cdot \tau$ |             |  |
| 23.           | 1. $\Delta P = \mu r_0 x_0 W^2 \tau + \mu R_{\text{фп}} W$                               | Уравнение фильтрации при постоянной скорости имеет вид<br>1. $\Delta P = \mu r_0 x_0 W^2 \tau + \mu R_{\text{фп}} W$ 2. $V^2 + 2 \frac{R_{\text{фп}} S}{r_0 x_0} V = 2 \frac{\Delta P S^2}{\mu r_0 x_0} \tau$<br>3. $V = \frac{\Delta P S}{\mu (r_0 h_{\text{ос}} + R_{\text{фп}})} \cdot \tau$          |             |  |
| 24.           | 3. $V = \frac{\Delta P S}{\mu (r_0 h_{\text{ос}} + R_{\text{фп}})} \cdot \tau$           | Уравнение фильтрации постоянных разности давлений и скорости имеет вид   |             |  |

| Номер задания | Правильный ответ *   | Содержание вопроса   | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---------------|--|--|-------------|--|
|               |  | $1. \Delta P = \mu r_0 x_0 W^2 \tau + \mu R_{\text{фп}} W$ $2. V^2 + 2 \frac{R_{\text{фп}} S}{r_0 x_0} V = 2 \frac{\Delta P S^2}{\mu r_0 x_0} \tau$ $3. V = \frac{\Delta P S}{\mu (r_0 h_{\text{ос}} + R_{\text{фп}})} \cdot \tau$ |             |  |
| 25.           | Отношение центробежного ускорения к ускорению силы тяжести | Дайте определение понятию фактор разделения при центрифугировании  |             |  |
| 26.           | 1 - б<br>2 - д<br>3 - в<br>4 - а<br>5 - г                  | <p>Сопоставьте типы мешалок:<br/>а - лопастная б - листовая в - якорная г - рамная д - турбинная</p>    |             |  |
| 27.           | 3. теплопроводность  | <p>Процесс переноса тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом</p> <p>1. конвекция      2. тепловое излучение      3. теплопроводность</p>                    |             |  |
| 28.           | 1. конвекция   | <p>Процесс переноса тепла вследствие движения и перемешивания макроскопических объемов газа или жидкости</p> <p>1. конвекция      2. тепловое излучение      3. теплопроводность</p>   |             |  |

| Номер задания | Правильный ответ *  | Содержание вопроса   | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---------------|---|--|-------------|--|
| 29.           | 2. тепловое излучение   | <p>Процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн, обусловленный тепловым движением атомов или молекул тела</p> <p>1. конвекция      2. тепловое излучение      3. теплопроводность</p>  |             |  |
| 30.           | 675 кВт   | Стенка аппарата толщиной $\delta = 10$ мм выполнена из стали с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 45$ Вт/(м·К). Температура внутренней поверхности аппарата $t_1 = 170$ °С, температура наружной поверхности $t_2 = 20$ °С. Определить удельный тепловой поток через стенку аппарата. |             |  |
| 31.           | $Q = Gr$  | По какому выражению определяется количество теплоты для теплоносителя с фазовым переходом?   |             |  |
| 32.           | коэффициент теплопередачи   | Какой параметр показывает, какое количество тепла переходит в единицу времени от более нагретого к менее нагретому теплоносителю через разделяющую их стенку поверхностью $1 \text{ м}^2$ при разности температур между теплоносителями $1$ град.?   |             |  |
| 33.           | <p>1. закон Фурье</p> $dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF dt$ | <p>Основным законом передачи тепла теплопроводностью является</p> <p>1. закон Фурье <math>dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF dt</math></p> <p>2. закон Стефана-Больцмана <math>E_0 = K_0 T^4</math></p> <p>3. закон Ньютона <math>dQ = \alpha dF (t_{CT} - t_{Ж}) dt</math></p>  |             |  |
| 34.           | коэффициент теплоотдачи   | Какой параметр характеризует интенсивность переноса тепла между поверхностью тела, например твердой стенки, и окружающей средой (капельной жидкостью или газом)  |             |  |
| 35.           | 4. критерий Нуссельта   | <p>Какой критерий характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости</p> <p>1. критерий Прандтля      3. критерий Пекле</p>   |             |  |



| Номер задания | Правильный ответ *   | Содержание вопроса  | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---------------|--|---|-------------|--|
|               |  |   |             |  |
| 40.           | 1. ниже, чем при противотоке, и выше, чем при прямотоке  | <p>Средняя разность температур при перекрестном и смешанном токе</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ниже, чем при противотоке, и выше, чем при прямотоке</li> <li>2. выше, чем при противотоке</li> <li>3. ниже, чем при прямотоке</li> <li>4. такая же как при прямотоке</li> <li>5. такая же как при противотоке</li> </ol>                                    |             |  |
| 41.           | 2. значительное возрастание давления с повышением температуры                                    | <p>Основной недостаток водяного пара как теплоносителя</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. низкие коэффициенты теплоотдачи</li> <li>2. значительное возрастание давления с повышением температуры</li> <li>3. высокая стоимость его производства</li> <li>4. возможность загрязнения нагреваемых материалов</li> </ol>  |             |  |
| 42.           | 3.<br>1.<br>2.   | <p>В какой последовательности производят тепловой расчет проектируемого теплообменника</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. определение средней разности температур и средних температур теплоносителей</li> <li>2. определение коэффициента теплопередачи и поверхности теплообмена</li> <li>3. определение тепловой нагрузки и расхода теплоносителей</li> </ol> |             |  |
| 43.           | 2. числа или длины труб, размещению их в трубной решетке и нахождению основных размеров аппарата | <p>Для кожухотрубчатых аппаратов конструктивный расчет сводится к определению</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. площади поверхности теплообмена</li> <li>2. числа или длины труб, размещению их в трубной решетке и</li> </ol>  |             |  |

| Номер задания | Правильный ответ *         | Содержание вопроса  | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---------------|----------------------------|---|-------------|--|
|               |                            | <p>нахождению основных размеров аппарата</p> <p>3. гидравлического сопротивления теплоносителей в трубном и межтрубном пространстве</p> <p>4. напряжений, возникающих в корпусе аппарата и трубной системе</p>  |             |  |
| 44.           | 200 Вт/(м <sup>2</sup> ·К) | <p>Определить коэффициент теплопередачи для абсолютно чистых теплоносителей, если коэффициент теплоотдачи для горячего теплоносителя составляет <math>\alpha_1 = 1000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}</math>, для холодного теплоносителя <math>\alpha_2 = 250 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}</math></p> |             |  |
| 45.           | 4. абсорбция               | <p>Процесс поглощения газа жидкостью, характеризуемый переходом вещества из газовой фазы в жидкую</p> <p>1. адсорбция    2. экстракция    3. перегонка    4. абсорбция</p>  |             |  |
| 46.           | 2. экстракция              | <p>Процесс извлечения вещества, растворенного в жидкости, другой жидкостью, практически не смешивающейся или частично смешивающейся с первой</p> <p>1. адсорбция    2. экстракция    3. перегонка    4. абсорбция</p>   |             |  |
| 47.           | 1. адсорбция               | <p>Процесс поглощения компонента газа, пара или раствора твердым пористым поглотителем, характеризуемый переходом вещества из газовой (паровой) или жидкой фазы в твердую</p> <p>1. адсорбция    2. экстракция    3. перегонка    4. абсорбция</p>  |             |  |
| 48.           | 3. перегонка               | <p>Процесс разделения гомогенных жидких смесей путем взаимного обмена компонентами между жидкостью и паром, полученным испарением разделяемой жидкой смеси</p> <p>1. адсорбция    2. экстракция    3. перегонка    4. абсорбция</p>   |             |  |
| 49.           | 0,9 кг/кг                  | <p>Жидкая смесь содержит 60% (мол.) компонента А и 40% (мол.) компонента В. Определите относительную массовую</p>   |             |  |

| Номер задания | Правильный ответ *  | Содержание вопроса  | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---------------|---|---|-------------|--|
|               |   | концентрацию компонента А, если молекулярные массы компонентов соответственно $M_A = 90$ кг/кмоль и $M_B = 150$ кг/кмоль  |             |  |
| 50.           | $\Phi + C = K + 2$<br>$\Phi$ - число фаз; $C$ - число степеней свободы; $K$ - число компонентов системы   | <p>В основе равновесия в процессах массопередачи лежит правило фаз.</p> <p>Укажите выражение для данного правила.</p>   |             |  |
| 51.           | связь между рабочими концентрациями распределяемого компонента в фазах для произвольного сечения аппарата | Какую связь выражает уравнение рабочей линии в массообменных процессах?   |             |  |
| 52.           | 1. $\bar{y} < \bar{y}^*$ и $\bar{x} > \bar{x}^*$ , компонент переходит из жидкой фазы в газообразную      | <p>Если рабочая линия расположена ниже линии равновесия, то для любой точки рабочей линии выполняется условие (здесь <math>\bar{y}^*</math> и <math>\bar{x}^*</math> - равновесные концентрации)</p> <p>1. <math>\bar{y} &lt; \bar{y}^*</math> и <math>\bar{x} &gt; \bar{x}^*</math>, компонент переходит из жидкой фазы в газообразную</p> <p>2. <math>\bar{y} &gt; \bar{y}^*</math> и <math>\bar{x} &lt; \bar{x}^*</math>, компонент переходит из газообразной фазы в жидкую</p> <p>3. <math>\bar{y} = \bar{y}^*</math> и <math>\bar{x} = \bar{x}^*</math>, фазовый переход отсутствует</p> |             |  |
| 53.           | 2. $\bar{y} > \bar{y}^*$ и $\bar{x} < \bar{x}^*$ , компонент переходит из газообразной фазы в жидкую      | <p>Если рабочая линия расположена выше линии равновесия, то для любой точки рабочей линии выполняется условие (здесь <math>\bar{y}^*</math> и <math>\bar{x}^*</math> - равновесные концентрации)</p> <p>1. <math>\bar{y} &lt; \bar{y}^*</math> и <math>\bar{x} &gt; \bar{x}^*</math>, компонент переходит из жидкой фазы в газообразную</p> <p>2. <math>\bar{y} &gt; \bar{y}^*</math> и <math>\bar{x} &lt; \bar{x}^*</math>, компонент переходит из газообразной фазы в жидкую</p>  |             |  |

| Номер задания | Правильный ответ *                | Содержание вопроса   | Компетенция | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---------------|-----------------------------------|--|-------------|--|
|               |                                   | жидкую<br>3. $\bar{y} = \bar{y}^*$ и $\bar{x} = \bar{x}^*$ , фазовый переход отсутствует   |             |  |
| 54.           | 4. всех вышеперечисленных свойств | Коэффициент диффузии являются функцией<br>1. свойств распределяемого вещества<br>2. свойств среды, через которую оно диффундирует<br>3. температуры и давления<br>4. всех вышеперечисленных свойств        |             |  |
| 55.           | коэффициент массоотдачи           | Параметр, показывающий, какая масса вещества переходит от поверхности раздела фаз в ядро фазы (или в обратном направлении) через единицу поверхности в единицу времени при движущейся силе, равной единице |             |  |
| 56.           | коэффициент массопередачи         | Параметр, показывающий, какая масса вещества переходит из фазы в фазу за единицу времени через единицу поверхности контакта фаз при движущей силе, равной единице  |             |  |
| 57.           | число единиц переноса             | Какой параметр характеризует изменение рабочей концентрации фазы, приходящееся на единицу движущей силы  |             |  |
| 58.           | 20                                | Число теоретических ступеней тарельчатого массообменного аппарата составляет 12, КПД тарелки 0,6. Определить число действительных тарелок  |             |  |
| 59.           | коэффициент извлечения            | Параметр, характеризующий отношение действительной массы компонента, перешедшего в аппарате из фазы в фазу, к той массе, которая максимально может перейти   |             |  |
| 60.           | 7,5 м                             | Число действительных тарелок в ректификационной колонне составляет 16 шт. Определить высоту тарельчатой части колонны, если расстояние между тарелками 0,5 м.  |             |  |

