

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор Н.К. Кондрашева

\_\_\_\_\_  
Проректор по образовательной  
деятельности доцент  
Д.Г. Петраков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
***РАЗДЕЛЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ***  
***ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Магистратура
<b>Направление подготовки:</b>	18.04.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль):</b>	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
<b>Квалификация выпускника</b>	магистр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент Е.В. Саламатова

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Разделение многокомпонентных смесей в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» разработана:**

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология», утверждённого приказом Минобрнауки России № 910 от 07 августа 2020 г.;

– на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» направленность (профиль) «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

Составитель: \_\_\_\_\_ доцент каф. ХТПЭ Саламатова Е.В.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры химических технологий и переработки энергоносителей от 15 февраля 2021 г., протокол № 19.

Заведующая кафедрой ХТПЭ \_\_\_\_\_ Н.К. Кондрашева

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования,  
аккредитации и контроля качества  
образования

\_\_\_\_\_

Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического  
обеспечения учебного процесса

\_\_\_\_\_

к.т.н.

А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Разделение многокомпонентных смесей в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» является формирование профессиональной технической культуры, под которой понимается готовность и способность личности использовать в профессиональной деятельности приобретённую совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения выполнения балансовых расчётов основных химико-технологических процессов и выполнение элементов проектных разработок, характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы энерго- и ресурсосбережения, а именно наиболее мощный рычаг повышения экономики - внедрение процессов глубокой переработки нефти - рассматриваются в качестве приоритета; приобретение необходимых знаний по энерго- и ресурсосберегающим технологическим процессам переработки природных энергоносителей и углеродных материалов.

Основными задачами дисциплины «Разделение многокомпонентных смесей в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» являются:

- овладение приёмами сбора научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта для разработки проектов и реконструкции промышленных агрегатов и оборудования;
- формирование способности к решению профессиональных производственных задач - контролю технологического процесса, разработке норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, к выбору оборудования и технологической оснастки
- формирование понимания сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, и соблюдения основных требований информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Разделение многокомпонентных смесей в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» и изучается в III семестре.

Дисциплина «Разделение многокомпонентных смесей в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Основное и вспомогательное оборудование в технологии топлив», «Технология топлив».

Особенностью дисциплины является приобретение навыков по разработке технологических схем комплексного использования природного сырья.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Разделение многокомпонентных смесей в технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способность разрабатывать нормы выработки на	ОПК-3	<b>ОПК-3.1 Знать:</b> методы и нормативные документы для разработки технической документации; основные методики технологических расчетов; принцип

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку		действия и устройство основных машин и аппаратов химической технологии; <b>ОПК-3.2 Уметь:</b> разработать схему мероприятий по комплексному использованию природного сырья; изыскать способы утилизации отходов производства; обосновывать принятие конкретного аппаратурного и технического решения при разработке технологических процессов; рассчитать и оценить основные технико-экономические показатели технологического процесса; применять методики технологических и технических расчетов по проектам; проводить технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проекта; выбирать оптимальные технологические режимы и наиболее рациональные типы аппаратов; <b>ОПК-3.3 Владеть:</b> навыками опытом разработки и составления отдельных научно-технических, проектных и служебных документов; методиками технологических расчетов с применением современного программного обеспечения; методами для разработки технической документации по разработанным проектам и программам
Способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство	ПКС-3	<b>ПКС-3.1 Знать:</b> физические, физико-химические и химические основы технологических процессов, методы определения эффективности внедрения новой техники и технологий; <b>ПКС-3.2 Уметь:</b> разрабатывать текущие планы по внедрению новой техники и технологий, составлять планы размещения оборудования, повышать эффективность работы технологических установок за счет внедрения новой техники; <b>ПКС-3.3 Владеть:</b> навыками внедрения новой техники на технологических объектах, контроля над соблюдением технологической дисциплины

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
<b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>	<b>55</b>	<b>55</b>
Лекции	11	11
Практические занятия (ПЗ)	44	44

<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b>	<b>53</b>	<b>53</b>
Проработка конспекта лекций	10	10
Выполнение заданий поисково-исследовательского характера	15	15
Подготовка к практическим занятиям	28	28
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э)</b>	<b>36</b>	<b>Э(36)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий			
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 Основные понятия. Межмолекулярные взаимодействия и функции смешения	<b>37</b>	4	20	13
Раздел 2 Селективность и химическое строение растворителей и разделяемых углеводов. Оформление процессов разделения углеводов	<b>38</b>	4	14	20
Раздел 3 Технологии и оборудование, используемые в процессах разделения многокомпонентных смесей	<b>33</b>	3	10	20
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>11</b>	<b>44</b>	<b>53</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
-------	---------------------------------	-------------------------------	--------------------------

1	Основные понятия. Межмолекулярные взаимодействия и функции смешения	<p><u>1.1 Фазовое равновесие и селективное разделение веществ.</u> Термодинамика смешения. Фазовая устойчивость и равновесие. Требования к моделированию равновесия многокомпонентных систем. Типы модельных уравнений. Параметры, характеризующие процессы разделения. Классификация процессов разделения с использованием разделяющих агентов. Термодинамическая характеристика селективности.</p> <p><u>1.2 Межмолекулярные взаимодействия и селективное разделение веществ.</u> Специфические взаимодействия. Избыточные термодинамические функции бинарных смесей углеводородов с селективными растворителями. Связь между избыточными функциями. Влияние межмолекулярных взаимодействий на значение и знак избыточных функций смешения.</p>	4
2	Селективность и химическое строение растворителей и разделяемых углеводородов. Оформление процессов разделения углеводородов.	<p><u>2.1 Зависимость селективности от структуры разделяемых углеводородов.</u> Зависимость селективности от структуры растворителей. Новые селективные растворители для разделения углеводородных систем.</p> <p><u>2.2 Промышленные селективные растворители.</u> Азеотропная ректификация. Экстрактивная ректификация. Жидкостная экстракция. Экстрактивная кристаллизация. Абсорбция.</p>	4
3	Технологии и оборудование, используемые в процессах разделения многокомпонентных смесей.	Устройство для разделения углеводородных смесей. Устройство для разделения несмешивающихся жидкостей. Устройство для разделения трехфазной смеси. Аппарат для разделения и дегазации жидкости. Устройство для разделения смесей с различной плотностью.	3
<b>Итого:</b>			<b>11</b>

### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1.	1	Активность и коэффициенты активности. Смешение и избыточная энергия Гиббса. Емкость растворителей и фактор разделения. Зависимость результатов разделения от параметров процесса. Термодинамические уравнения для расчета параметров процессов разделения.	8
		Экстракционное разделение углеводов. Сопоставление процессов разделения с использованием селективных растворителей.	6
		Селективные растворители и насыщенные углеводороды. Селективные растворители и ненасыщенные углеводороды.	6
2.	2	Зависимость селективности от структуры разделяемых углеводов. Селективность и растворяющая способность смесей растворителей по отношению к углеводам.	10
		Оформление процессов разделения углеводов. Азеотропная ректификация. Экстрактивная ректификация. Жидкостная экстракция. Экстрактивная кристаллизация. Абсорбция	10
3.	3	Устройство для разделения углеводородных смесей. Устройство для разделения несмешивающихся жидкостей. Устройство для разделения трехфазной смеси. Аппарат для разделения и дегазации жидкости. Устройство для разделения смесей с различной плотностью	4
<b>Итого</b>			<b>44</b>

4.2.4. Лабораторные работы не предусмотрены.

### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала

дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Основные понятия. Межмолекулярные взаимодействия и функции смещения.**

1. Какие существуют способы выражения состава фаз? Что называют парциальным давлением компонента? Сформулируйте закон Дальтона.
2. Сформулируйте понятие коэффициента распределения.
3. Сделайте вывод уравнения линии рабочих концентраций.
4. Определите направление массопереноса на  $y-x$  диаграмме по расположению равновесной и рабочей линий. Сформулируйте понятие движущей силы массообменных процессов.
5. Сформулируйте первый закон Фика. Раскройте физический смысл коэффициента молекулярной диффузии.

#### **Раздел 2. Селективность и химическое строение растворителей и разделяемых углеводородов. Оформление процессов разделения углеводородов**

1. Проанализируйте влияние температуры и давления на процесс абсорбции.
2. Сформулируйте закон Генри.
3. Как составляется материальный баланс абсорбции?
4. Раскройте понятие рабочей линии процесса абсорбции
5. Как определяют минимальный и оптимальный расходы абсорбента?

#### **Раздел 3. Технологии и оборудование, использующиеся в процессах разделения многокомпонентных смесей.**

1. В чем сущность процесса ректификация многокомпонентных смесей?
2. Какие допущения принимают при анализе работы ректификационной колонны графоаналитическим методом?
3. Составьте материальный баланс ректификационной колонны для разделения многокомпонентной смеси.
4. Сделайте вывод уравнений рабочих линий для верхней и нижней частей ректификационной колонны.
5. Как определить минимальное флегмовое число?

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):**

1. Как влияет флегмовое число на высоту ректификационной колонны?
2. Составьте тепловой баланс ректификационной колонны.
3. Как определяют расход греющего пара для проведения процесса ректификации?
4. Изобразите схему установки непрерывной ректификации.



5. В каких случаях целесообразно применение экстрактивной и азеотропной ректификации?
6. Раскройте сущность процесса жидкостной экстракции и укажите области ее применения.
7. Какими преимуществами обладает процесс экстракции по сравнению с другими методами разделения жидких смесей?
8. Охарактеризуйте основные методы экстракции.
9. Приведите схему многоступенчатой противоточной экстракции.
10. Дайте классификацию и сравнительную характеристику экстракторов.
11. Дайте характеристику основных промышленных адсорбентов.
12. Каковы особенности переноса массы в пористой структуре адсорбента?
13. Приведите классификацию адсорбционных аппаратов и установок.
14. Перечислите методы регенерации адсорбентов.
15. Покажите устройство и принцип действия адсорберов с псевдооживленным и плотным движущимся слоями адсорбента.
16. В какой зависимости находятся расход адсорбента, движущая сила и высота адсорбера?
17. Дайте классификацию адсорбционных аппаратов.
18. Какие требования предъявляются к насадке?
19. Какие типы тарелок используют в абсорберах?
20. Дайте сравнительную характеристику насадочных и тарельчатых абсорберов.
21. Охарактеризуйте основные модели массопереноса.
22. Раскройте физический смысл критериев подобия массообменных процессов.
23. Напишите уравнения массоотдачи и массопередачи.
24. Раскройте физический смысл коэффициентов массоотдачи и массопередачи.
25. Каков смысл понятия общего числа единиц переноса?
26. Каким образом определяется средняя движущая сила массообменных процессов?
27. Определите высоту массообменного аппарата с помощью числа и высоты единиц переноса.
28. Определите число действительных тарелок с помощью кинетической кривой.
29. Определите высоту массообменного аппарата с помощью теоретической ступени изменения концентрации.
30. Как рассчитать диаметр массообменных колонн?

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

#### 1 вариант

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Отношение концентраций $i$ -го компонента в равновесных фазах называется ...	1. коэффициентом относительной летучести; 2. степенью извлечения; 3. константой фазового равновесия; 4. относительной молярной долей.
2.	По формуле $x_i = (\bar{x}_i / M_i) / \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i / M_i)$ определяется ... доля $i$ -го компонента жидкой многокомпонентной смеси	1. массовая; 2. молярная; 3. относительная массовая; 4. относительная молярная.
3.	Молярная доля $i$ -го компонента в многокомпонентной системе имеет размерность ...	1. кмоль компонента / м <sup>3</sup> смеси; 2. кмоль компонента / кмоль носителя; 3. кг компонента / кг смеси; 4. кмоль компонента / кмоль смеси.

4.	По формуле $\bar{Y}_i = M_i y_i / \left[ M_y (1 - \sum_{i=1}^n y_i) \right]$ выражается состав газовой фазы через ...	1. относительные массовые доли; 2. массовые доли; 3. парциальные давления; 4. относительные молярные доли.
5.	По фазовому состоянию абсорбция относится к методам разделения в системах ...	1. жидкость – твердая фаза; 2. газ – твердая фаза; 3. газ – жидкость; 4. жидкость – жидкость.
6.	Состав фаз многокомпонентной системы в виде [кмоль компонента / кмоль носителя] выражен через ...	1. молярные доли; 2. относительные молярные доли; 3. относительные массовые доли; 4. массовые доли.
7.	Отношение составов фаз при равновесии называется коэффициентом ...	1. поглощения; 2. селективности; 3. извлечения; 4. распределения.
8.	Состав фаз многокомпонентной системы в виде [кг компонента / кг поглотителя] выражен через ...	1. молярные доли; 2. относительные молярные доли; 3. относительные массовые доли; 4. массовые доли.
9.	По формуле $\bar{y}_i = \frac{M_i y_i}{\sum_{i=1}^n (M_i y_i)}$ выражается содержание $i$ -го компонента газовой многокомпонентной смеси через ... доли	1. массовые; 2. объемные; 3. молярные; 4. относительные массовые.
<b>№</b>	<b>Вопросы</b>	<b>Варианты ответов</b>
10.	Относительная молярная доля компонента в многокомпонентной системе имеет размерность ...	1. кмоль компонента / кмоль смеси; 2. кмоль компонента / кмоль носителя; 3. кг компонента / кг смеси; 4. кмоль компонента / м <sup>3</sup> носителя.
11.	Состав фаз многокомпонентной системы в виде [ кг компонента / кг смеси ] выражен в ...	1. относительных массовых долях; 2. относительных молярных долях; 3. массовых долях; 4. молярных долях.
12.	По формуле $y_i = \frac{\bar{y}_i / M_i}{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i / M_i)}$ определяется ... доля любого компонента газовой многокомпонентной смеси	1. молярная; 2. массовая; 3. относительная массовая; 4. относительная молярная.
13.	Отношение количества фактически поглощенного компонента к количеству, поглощаемому при полном извлечении называется ...	1. коэффициентом распределения; 2. степенью извлечения; 3. относительной молярной долей; 4. коэффициентом относительной

		летучести.
14.	По формуле $\bar{X}_i = M_i x_i / \left[ M_x (1 - \sum_{i=1}^n x_i) \right]$ выражается состав жидкой фазы через ...	1. молярные объемные концентрации; 2. массовые доли; 3. относительные массовые доли; 4. относительные молярные доли.
15.	Коэффициент диффузии имеет размерность ...	1. кг/м <sup>3</sup> ; 2. кмоль/с; 3. кмоль/м <sup>3</sup> ; 4. м <sup>2</sup> /с.
16.	Движущей силой массообменных процессов является разность...	1. концентраций на границе раздела фаз; 2. рабочих и равновесных концентраций компонента в фазе; 3. начальных и конечных рабочих концентраций; 4. концентраций на входе в аппарат и выходе из него.
17.	Коэффициент ... характеризует скорость переноса целевого компонента внутри фазы	1. массоотдачи; 2. диффузии; 3. массопередачи; 4. распределения.
18.	Уравнение материального баланса массообменного процесса имеет вид ...	1. $M = \beta_y F(y - y_{гр})$ ; 2. $M = K_y F \Delta u_{ср}$ ; 3. $M = G(y_n - y_k)$ ; 4. $M = \beta_x F(x_{гр} - x)$ .
<b>№</b>	<b>Вопросы</b>	<b>Варианты ответов</b>
19.	Мерой отношения профилей скоростей и концентраций является диффузионный критерий ...	1. Пекле; 2. Нуссельта; 3. Прандтля; 4. Био
20.	Диффузионный критерий Нуссельта определяется выражением ...	1. $D\tau/l^2$ ; 2. $\beta l/D$ ; 3. $v/D$ ; 4. $wl/D$ .

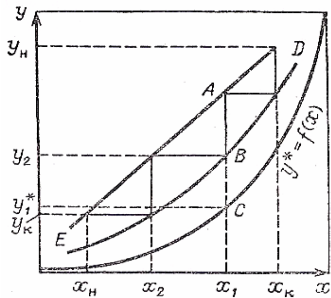
### 2 вариант

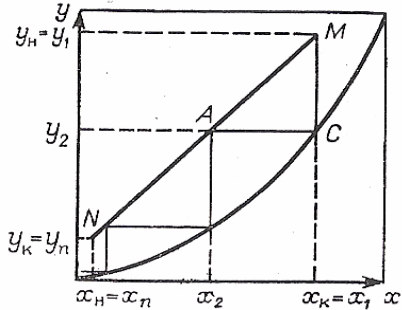
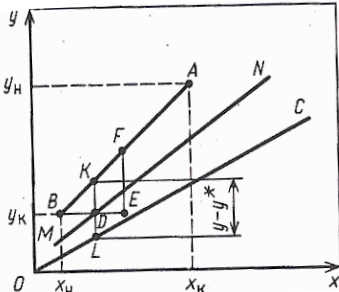
<b>№</b>	<b>Вопросы</b>	<b>Варианты ответов</b>
1.	Процесс массопереноса на границе раздела фаз характеризует диффузионный критерий ...	1. Прандтля; 2. Нуссельта; 3. Пекле; 4. Шмидта.

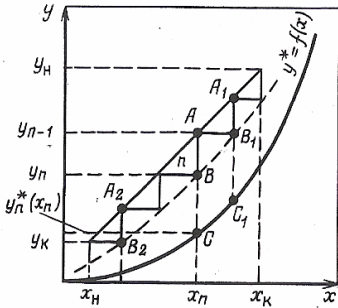
2.	Константа фазового равновесия имеет выражение $K_i = \dots$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>P_i x_i</math>;</li> <li>2. <math>E x_i</math>;</li> <li>3. <math>P y_i</math>;</li> <li>4. <math>y_i / x_i</math>.</li> </ol>
3.	Процесс переноса вещества от границы раздела фаз в основную массу потока называется ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. массоотдачей;</li> <li>2. массопередачей;</li> <li>3. конвективной диффузией;</li> <li>4. молекулярной диффузией.</li> </ol>
4.	Уравнение массоотдачи имеет вид ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>M = G(y_n - y_k)</math>;</li> <li>2. <math>M = \beta_y F(y - y_{тр})</math>;</li> <li>3. <math>M = -DF \, dc/dl</math>;</li> <li>4. <math>M = K_y F \Delta y_{ср}</math>.</li> </ol>
5.	Массопередача – процесс переноса целевого компонента ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. из одной фазы в другую;</li> <li>2. из основной массы потока к поверхности раздела фаз;</li> <li>3. в неподвижной среде;</li> <li>4. от границы раздела фаз в ядро потока.</li> </ol>
6.	Уравнение рабочей линии массообменного процесса имеет вид ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>y^* = (E/\Pi) x</math>;</li> <li>2. <math>y = m x</math>;</li> <li>3. <math>y = y_n + (L/G)(x - x_k)</math>;</li> <li>4. <math>Y = mX/[1 + (1 - m)X]</math>.</li> </ol>
7	Определяемым критерием подобия процессов массообмена является диффузионный критерий ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Шмидта;</li> <li>2. Прандтля;</li> <li>3. Нуссельта;</li> <li>4. Био.</li> </ol>
<b>№</b>	<b>Вопросы</b>	<b>Варианты ответов</b>
8.	Диффузионный критерий Пекле определяется выражением ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\beta l / \lambda</math>;</li> <li>2. <math>D\tau / l^2</math>;</li> <li>3. <math>\mu / \rho D</math>;</li> <li>4. <math>wl / D</math>.</li> </ol>
9.	Постоянство отношения физических свойств жидкости или газа выражает диффузионный критерий ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прандтля;</li> <li>2. Нуссельта;</li> <li>3. Пекле;</li> <li>4. Фурье.</li> </ol>
10.	Распределение компонентов смеси между паровой и жидкой фазами характеризует ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. коэффициентом относительной летучести;</li> <li>2. коэффициентом массопередачи ;</li> <li>3. константа фазового равновесия;</li> <li>4. коэффициент активности.</li> </ol>
11.	Зависимость между действительными концентрациями компонента в обеих фазах называют ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. равновесной линией;</li> <li>2. рабочей линией;</li> <li>3. кинетической кривой;</li> </ol>

		4. степень изменения концентраций.
12.	Коэффициент ... является тангенсом угла наклона линии равновесия	1. массоотдачи; 2. диффузии; 3. распределения; 4. летучести.
13.	Интенсивность переноса целевого компонента внутри движущейся фазы характеризует коэффициент ...	1. массопередачи; 2. турбулентной диффузии; 3. молекулярной диффузии; 4. массоотдачи.
14.	Основное уравнение массопередачи имеет вид ...	1. $M = \beta_y F(y - y_{гр})$ ; 2. $M = K_y F \Delta u_{ср}$ ; 3. $M = G(u_n - u_k)$ ; 4. $M = \beta_x F(x_{гр} - x)$ .
15.	Диффузионный критерий Нуссельта характеризует ...	1. массообмен в ядре потока; 2. массообмен на границе раздела фаз; 3. нестационарность процесса массоотдачи; 4. отношение вязкостных и диффузионных свойств движущейся среды.
<b>№</b>	<b>Вопросы</b>	<b>Варианты ответов</b>
16.	Коэффициент массоотдачи входит в выражение диффузионного критерия ...	1. Пекле; 2. Прандтля; 3. Нуссельта; 4. Био.
17.	Диффузионный критерий Прандтля определяется выражением ...	1. $\beta l / \lambda$ ; 2. $w l / D$ ; 3. $D \tau / l^2$ ; 4. $\mu / (\rho D)$ .
18.	Процесс переноса целевого компонента из одной фазы в другую через межфазную поверхность называется ...	1. массопередачей; 2. массоотдачей; 3. молекулярной диффузией; 4. турбулентной диффузией.
19.	Число ступеней между рабочей и равновесной линиями соответствует числу ...	1. действительных тарелок; 2. единиц переноса; 3. теоретических тарелок; 4. степеней свободы.
20.	Отношение разности концентрации компонента к величине движущей силы процесса представляет собой ...	1. число единиц переноса; 2. КПД реальной тарелки; 3. число теоретических ступеней; 4. высоту единицы переноса.

**3 вариант**

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Высоту насадочного массообменного аппарата определяют по формуле $H = \dots$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>(n_d - 1)h</math>;</li> <li>2. <math>n_0 y h_0 y</math>;</li> <li>3. <math>V a_{уд}</math>;</li> <li>4. <math>n_T / \eta</math>.</li> </ol>
2.	По уравнению $\eta = (y_n - y_{n+1}) / (y_n - y_n^*)$ определяют коэффициент ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. относительной летучести;</li> <li>2. фугитивности;</li> <li>3. фазового равновесия;</li> <li>4. полезного действия тарелки.</li> </ol>
3	Значения величины $m$ в уравнении линии равновесия $y_i^* = m_i x_i \dots$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. уменьшаются при снижении температуры;</li> <li>2. уменьшаются при снижении давления;</li> <li>3. не зависят от температуры в системе;</li> <li>4. увеличиваются при повышении давления.</li> </ol>
4.	При необходимости проведения массообменных процессов с малым перепадом давлений применяют ... колонны	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. насадочные;</li> <li>2. тарельчатые;</li> <li>3. эмульгационные;</li> <li>4. барботажные.</li> </ol>
№	Вопросы	Варианты ответов
5.	На рисунке представлен графический метод определения ... 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. теоретических тарелок;</li> <li>2. реальных тарелок;</li> <li>3. числа единиц переноса;</li> <li>4. высоты единицы переноса.</li> </ol>
6.	Число теоретических тарелок определяют построением ступеней между ... линиями	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. рабочей и равновесной;</li> <li>2. рабочей и кинетической;</li> <li>3. кинетической и равновесной;</li> <li>4. равновесной и средней.</li> </ol>
7.	Общее число единиц переноса характеризует ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. разность начальных и конечных концентраций;</li> <li>2. изменение рабочей концентрации, приходящееся на единицу движущей силы;</li> <li>3. разность рабочих и равновесных концентраций;</li> <li>4. зависимость между равновесными составами фаз.</li> </ol>

8.	<p>Высота слоя насадки может быть рассчитана по уравнению <math>H_n = h_э \cdot n_T</math>, где <math>n_T</math> – число теоретических тарелок; <math>h_э</math> – высота ...</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. общая высота единицы переноса;</li> <li>2. высота единицы переноса по газовой фазе;</li> <li>3. высота эквивалентная теоретической тарелке;</li> <li>4. секции в колонне.</li> </ol>
9.	<p>На рисунке представлен графический метод определения ...</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. числа единиц переноса;</li> <li>2. реальных тарелок;</li> <li>3. теоретических тарелок;</li> <li>4. высоты единицы переноса.</li> </ol>
10.	<p>По уравнению <math>h_{oy} = h_y + m G h_x / L</math> определяют ...</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. высоту единицы переноса по газовой фазе;</li> <li>2. высоту эквивалентную теоретической тарелке;</li> <li>3. высоту насадочного аппарата;</li> <li>4. общую высоту единицы переноса.</li> </ol>
<b>№</b>	<b>Вопросы</b>	<b>Варианты ответов</b>
11.	<p>На рисунке представлен графический метод определения ...</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. числа единиц переноса;</li> <li>2. реальных тарелок;</li> <li>3. теоретических тарелок;</li> <li>4. высоты единицы переноса.</li> </ol>
12.	<p>КПД реальной тарелки оценивается отношением ...</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. разности концентраций компонента к величине движущей силы процесса;</li> <li>2. действительного изменения концентрации к изменению концентрации, достигаемому при равновесии;</li> <li>3. рабочих и равновесных концентраций;</li> <li>4. начальных и конечных рабочих концентраций.</li> </ol>
13.	<p>Степень извлечения компонента рассчитывают по формуле <math>\eta_n =</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>(\Delta y_в - \Delta y_м) / [\ln (\Delta y_в / \Delta y_м)]</math>;</li> <li>2. <math>(y_n - y_k) / n_{0y}</math>;</li> <li>3. <math>(y_n - y_k) / \Delta y_{ср}</math>;</li> </ol>

		4. $(y_n - y_k)/y_n$ .
14.	Согласно правилу фаз Гиббса $c = \dots$ , где $c$ – число степеней свободы; $\Phi$ – число фаз; $k$ – число компонентов системы	1. $k + \Phi + 2$ ; 2. $k - \Phi + 2$ ; 3. $k - \Phi - 2$ ; 4. $k + \Phi - 2$ .
15.	На рисунке линия $B_1BB_2$ называется ... 	1. линией равновесия; 2. рабочей линией; 3. кинетической кривой; 4. средней линией.
16.	Число действительных тарелок определяют построением ступеней между ... линиями	1. кинетической и равновесной; 2. рабочей и кинетической; 3. рабочей и равновесной; 4. равновесной и средней.
17.	Высоту тарельчатого массообменного аппарата определяют по формуле $H = \dots$	1. $(n_d - 1)h$ ; 2. $n_{0y}h_{0y}$ ; 3. $n_T h_s$ ; 4. $n_T/\eta$ .
<b>№</b>	<b>Вопросы</b>	<b>Варианты ответов</b>
18.	Среднюю движущую силу массопередачи рассчитывают по формуле $\Delta y_{cp} = \dots$	1. $(y_n - y_{n+1})/(y_n - y_n^*)$ ; 2. $(\Delta y_6 - \Delta y_m) / [\ln (\Delta y_6/\Delta y_m)]$ ; 3. $(n_T - 1)h$ ; 4. $\int_{y_k}^{y_n} \frac{dy}{y - y^*}$ .
19.	Число ступеней между рабочей линией и кинетической кривой соответствует числу ...	1. действительных тарелок; 2. теоретических тарелок; 3. единиц переноса; 4. степеней свободы.
20.	Отношением действительного изменения концентрации к предельно возможному при равновесном состоянии выражают ...	1. число единиц переноса; 2. высоту единицы переноса; 3. КПД реальной тарелки; 4. число теоретических ступеней.

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)



<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)</b>	<b>Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)</b>	<b>Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)</b>
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

***Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:***

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

1. Компьютерный расчет процесса ректификации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ф.Р. Гариева, А.А. Караванов, Р.Р. Мусин и др. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 99 с.  
[https://www.studmed.ru/garieva-fr-karavanov-aa-kompyuternyy-raschet-processa-rectifikacii-uchebnoe-posobie\\_4f3c83a4e78.html](https://www.studmed.ru/garieva-fr-karavanov-aa-kompyuternyy-raschet-processa-rectifikacii-uchebnoe-posobie_4f3c83a4e78.html)
2. Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Кравцов, М.А. Самборская, А.В. Вольф, О.Е. Митянина. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 166 с.  
<https://znanium.com/catalog/document?id=268307>
3. Таранова, Л.В. Оборудование подготовки и переработки нефти и газа [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л.В. Таранова, А.Г. Мозырев. — Электрон. дан. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. — 236 с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01007575258>

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Покровская С.В. Технология переработки нефти. Производство нефтяных масел./С.В. Покровская. — Новополюк: ПГУ, 2018. — 320 с.
2. Ахметов С.А. Лекции по технологии глубокой переработке нефти в моторные топлива. Гриф УМО ВУЗов России / С.А. Ахметов// - М.: Недра, 2017. - 632 с.  
[https://www.studmed.ru/ahmetov-sa-lekcii-po-tehnologii-glubokoy-pererabotki-nefti-v-motornye-topliva\\_dcdfb4fcb56.html](https://www.studmed.ru/ahmetov-sa-lekcii-po-tehnologii-glubokoy-pererabotki-nefti-v-motornye-topliva_dcdfb4fcb56.html)

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента**

1. Учебно-методические материалы «Технология природных энергоносителей и углеродных материалов» для студентов магистратуры направления подготовки 18.04.01/ сост. Е.В. Саламатова; С.-Петербургский горный университет, кафедрах химических технологий и переработки энергоносителей.- СПб.: Горн.ун-т, 2018. <http://ior.spmi.ru/>.

### **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека European: <http://www.europeana.eu/portal/>
2. Мировая цифровая библиотека: <http://www.wdl.org/ru/>
3. Свободная энциклопедия «Википедия»: <http://ru.wikipedia.org/>
4. Словари и энциклопедии на «Академике»: <http://dic.academic.ru/>
5. Электронная библиотека учебников: <http://student.net/>
6. Электронная библиотека IQlib: <http://www.iqlib.ru/>
7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

Оснащенность: стол- 19 шт., стул-38 шт., доска белая маркерная Magnetoplan С 2000x1000 мм.

Компьютерная техника: интерактивный сенсорный LCD – экран iiyama ProLite PL8603U.

#### **Аудитории для проведения практических занятий.**

Оснащенность: стол- 8 шт., стул-16 шт., доска белая маркерная Magnetoplan С 2000x1000 мм.

Компьютерная техника: Моноблок Dell OptiPlex 7470 All-in-One CTO 23.8” FHD DDR4 16 ГБ – 16 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный

Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 « На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2007 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 46082032 от 30.10.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46822807 от 22.12.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 45207312 от 03.03.2009)

4. MySQL Workbench v. 6.3.9 (лицензия свободная GNU GPL).

5. PHP 7.1.7 (лицензия на свободное программное обеспечение, под которой выпущен язык программирования PHP, одобрена OSI)

6. Apache 2.4.27 (свободный кроссплатформенный Web-сервер, лицензия на свободное программное обеспечение Apache Software Foundation).

7. Python (свободное распространяемое ПО)