

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Котова Лариса Анатольевна  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 08.09.2023 12:41:51  
Уникальный программный ключ:  
10730ffe6b1ed036b744b6a9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Новотроицкий филиал

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Массообменные процессы химической технологии

Закреплена за подразделением Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	144	Формы контроля в семестрах:
в том числе:		экзамен 6
аудиторные занятия	51	курсовая работа 6
самостоятельная работа	57	
часов на контроль	36	

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
В том числе инт.	12	12	12	12
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.т.н., Доцент, Масалимов А.В.*

Рабочая программа

**Массообменные процессы химической технологии**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата) (приказ от 25.12.2017 г. № № 857 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль. Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, 18.03.01\_20\_ХимТехнология\_Пр1\_2020.plm.xml , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 21.05.2020, протокол № 10/зг

Утверждена в составе ОПОП ВО:

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология Профиль. Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 21.05.2020, протокол № 10/зг

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)**

Протокол от г., №11

Руководитель подразделения к.ф.-м.н., доцент Швалева А.В.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Систематизация знаний по основам технологических процессов химических производств, выработка умения и навыков расчёта массообменных аппаратов, развитие у студентов способности к самостоятельному поиску, анализу и усвоению знаний о химико-технологических процессах.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Общая химическая технология	
2.1.2	Первичная переработка углеводородных газов	
2.1.3	Подготовка углей для коксования	
2.1.4	Процессы и аппараты химической технологии	
2.1.5	Технология и использование углеродных материалов	
2.1.6	Теория вероятностей и математическая статистика	
2.1.7	Физическая химия	
2.1.8	Начертательная геометрия и инженерная графика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.1	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Курсовая научно-исследовательская работа	
2.2.4	Моделирование химико-технологических процессов	
2.2.5	Системы управления химико-технологическими процессами	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-1.4: Способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1.4-31 физические основы интенсификации процесса абсорбции
<b>ПК-1.1: Способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1.1-31 основные способы выражения концентрации
<b>ОПК-2.1: готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-2.1-31 основные массообменные процессы
<b>УК-9.2: способность осуществлять моделирование, анализ и экспериментальные исследования для решения проблем в профессиональной области</b>
<b>Знать:</b>
УК-9.2-31 основные критерии подобия
<b>ПК-1.4: Способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1.4-У1 сформулировать технические решения, направленные на интенсификацию процесса абсорбции
<b>УК-9.2: способность осуществлять моделирование, анализ и экспериментальные исследования для решения проблем в профессиональной области</b>
<b>Уметь:</b>
УК-9.2-У1 проводить расчёты на основе критериев подобия

<b>ОПК-2.1: готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-2.1-У1 составить материальный баланс процесса массообмена
<b>ПК-1.1: Способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1.1-У1 записать концентрацию в различных единицах
<b>Владеть:</b>
ПК-1.1-В1 методами пересчета концентраций
<b>ОПК-2.1: готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-2.1-В1 методиками расчета массообменных процессов
<b>ПК-1.4: Способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1.4-В1 навыками технической оценки достоинств и недостатков конструкций абсорбционных аппаратов

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Абсорбция газов жидкостями. Конструкции абсорбционных аппаратов тарельчатого и насадочного типа. Перегонка жидкостей. Ректификация бинарных смесей. Схемы перегонных установок и конструкции ректификационных колонн</b>							
1.1	Абсорбция газов жидкостями. Конструкции абсорбционных аппаратов тарельчатого и насадочного типа. Перегонка жидкостей. Ректификация бинарных смесей. Схемы перегонных установок и конструкции ректификационных колонн /Лек/	6	3		Л1.4 Л1.6Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
1.2	Изучение конструкции насадочных и тарельчатых абсорберов /Пр/	6	4		Л1.1Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
1.3	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Абсорбция газов жидкостями. Конструкции абсорбционных аппаратов тарельчатого и насадочного типа /Ср/	6	10		Л1.4 Л1.6Л2.3 Э1 Э2 Э3			

	<b>Раздел 2. Экстракция в системах жидкость-жидкость. Экстракторы.</b>							
2.1	Схемы перегонных установок и конструкции ректификационных колонн /Пр/	6	4		Л1.1Л2.2 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
2.2	Экстракция в системах жидкость-жидкость. Экстракторы. /Лек/	6	3		Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
2.3	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Экстракция в системах жидкость - жидкость. Экстракторы /Ср/	6	4		Л1.2 Л1.6Л2.5 Л2.6 Э1 Э2 Э3			
2.4	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Перегонка жидкостей. Ректификация бинарных смесей. Схемы перегонных установок и конструкции ректификационных колонн /Ср/	6	6		Л1.2 Л1.6Л2.2 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 3. Мембранные процессы в химической технологии</b>							
3.1	Мембранные процессы в химической технологии /Лек/	6	2		Л1.2 Л1.6Л2.1 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
3.2	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Мембранные процессы в химической технологии /Ср/	6	5		Л1.2 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 4. Расчёт процессов абсорбции газов в жидкостях</b>							
4.1	Расчёт процессов абсорбции газов в жидкостях /Лек/	6	4		Л1.3 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
4.2	Расчёт процессов абсорбции газов в жидкостях /Пр/	6	4		Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3			
4.3	Расчёт процессов абсорбции газов в жидкостях /Пр/	6	6		Л1.1Л2.5 Э1 Э2 Э3			
4.4	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Расчёт минимального флегмового числа /Ср/	6	6		Л1.3Л2.5 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3			
4.5	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Расчёт диаметра колонны /Ср/	6	4		Л1.2Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3			

4.6	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Расчёт кинетики процесса массообмена и определение числа единиц переноса /Ср/	6	6		Л1.1Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3			
4.7	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Конструкция колонных аппаратов Конструкция экстракторов Схемы абсорбционных установок Схемы установок по перегонке и ректификации /Ср/	6	6		Л1.2Л2.3 Л2.4 Л2.6 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 5. Сушка твердых материалов</b>							
5.1	Теория сушки твердых материалов /Лек/	6	2		Л1.1 Л1.6Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3			
5.2	Расчет процесса сушки по диаграмме Рамзина /Пр/	6	2		Л1.3Л2.2 Л2.5 Э1 Э2 Э3			
5.3	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Расчет процесса сушки воздухом с рециркуляцией и без рециркуляции сушильного агента /Ср/	6	4		Л1.4Л2.2 Л2.6 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 6. Расчёт ректификации бинарных смесей</b>							
6.1	Расчёт ректификации бинарных смесей /Лек/	6	3		Л1.4 Л1.6Л2.2 Л2.6Л3.2 Э1 Э2 Э3			
6.2	Расчёт ректификации бинарных смесей /Пр/	6	5		Л1.4Л2.1 Л2.6 Э1 Э2 Э3			
6.3	Расчёт кинетической кривой и определение действительного числа тарелок /Пр/	6	7		Л1.2Л2.5 Л2.6 Э1 Э2 Э3			
6.4	Расчёт гидравлического сопротивления колонны /Пр/	6	2		Л1.1 Э1 Э2 Э3			
6.5	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Расчёт кинетической кривой и определение действительного числа тарелок /Ср/	6	4		Л1.4Л2.2Л3. 2 Э1 Э2 Э3			
6.6	Самостоятельное изучение учебного материала в LMS Canvas: Расчёт гидравлического сопротивления колонны /Ср/	6	2		Л1.3 Л1.6Л2.6Л3. 2 Э1 Э2 Э3			
6.7	Экзамен /Экзамен/	6	36					

## **5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)**

Вопросы к экзамену(ОПК-2.1,У-1.3-1 ;ПК-1.1,У-1.3-1;ПК-1.4,У-1.3-1;УК-9.2,У-1.3-1)

1. Что такое массообмен?
  - 1 а) это переход одного и более веществ из фазы, где его содержание меньше равновесного в фазу содержание больше равновесного
  - 1 б) это передача тепла и массы между фазами не находящимися в равновесии
  - 1 в) это переход одного и более веществ из фазы, где его содержание больше равновесного в фазу содержание меньше равновесного
2. Число степеней свободы в процессе массопередачи подсчитывают по уравнению:
  - 2 а)  $\Phi + C = 2 + K$
  - 2 б)  $\Phi + C = 1 + K$
  - 2 в)  $\Phi + C = \Pi + K$
  - 2 г)  $\Phi + C = 3 + K$
3. Градиентом концентраций при массопередаче называется:
  - 3 а) разность концентраций между ядром одной фазы и ядром другой фазы
  - 3 б) разность концентраций между ядром одной фазы и поверхностью раздела фаз
4. Если рабочая концентрация в фазе X меньше, чем равновесная, а рабочая концентрация в фазе Y больше, чем равновесная, то вещество будет переходить из:
  - 4 а) фазы X в фазу Y
  - 4 б) фазы Y в фазу X
  - 4 в) не будет переходить из фазы в фазу
5. Что такое градиент концентраций?
  - 5 а) это скалярная величина, показывающая разность концентраций между точками
  - 5 б) это векторная величина, показывающая изменение концентрации, приходящееся на единицу длины по нормали к поверхности постоянной концентрации
  - 5 в) это скалярная величина, показывающая изменение концентрации, приходящееся на единицу длины по нормали к поверхности постоянной концентрации
6. Причина возникновения пограничного слоя:
  - 6 а) вязкость в фазах
  - 6 б) шероховатость поверхности
  - 6 в) силы трения между фазами
  - 6 г) поверхностное натяжение на границе раздела фаз
  - 6 д) тепловой пограничный слой
7. Градиент концентраций направлен в:
  - 7 а) сторону возрастания концентрации
  - 7 б) сторону понижения концентрации
  - 7 в) вдоль линии постоянной концентрации
8. Уравнение Фика:
  - 8 а)
  - 8 б)
  - 8 в)
  - 8 г)
9. Коэффициент диффузии зависит от:
  - 9 а) природы вещества
  - 9 б) структуры вещества
  - 9 в) температуры
  - 9 г) давления
10. Размерность коэффициента диффузии:
  - 10 а) м<sup>2</sup>/с
  - 10 б) кг/(м<sup>2</sup> · ед.дв.силы с)
  - 10 в) м/с
11. Модель Ландау и Левича включает:
  - 11 а) ядро потока;
  - 11 б) вязкий подслой;
  - 11 в) ламинарно движущаяся пленка
  - 11 г) турбулентный пограничный подслей;
  - 11 д) диффузионный подслей;
  - 11 е) пограничный слой
12. Если вещество переходит из фазы у в фазу x, то уравнения массоотдачи фаз:
  - 12 а)
  - 12 б)
  - 12 в)
  - 12 г)
  - 12 д)



- 12 е)  
12 з)
13. Число единиц переноса характеризует:
- 13 а) изменение равновесной концентрации фазы, приходящееся на единицу движущей силы  
13 б) отношение движущей силы к изменению рабочей концентрации фазы  
13 в) изменение рабочей концентрации фазы, приходящееся на единицу движущей силы
14. С ростом интенсивности массопередачи в аппарате высота единицы переноса:
- 14 а) увеличивается  
14 б) уменьшается  
14 в) они не зависят друг от друга
15. Массопередача в реальных условиях — это сложный процесс, включающий:
- 15 а) массоотдачу от потока фазы к поверхности раздела фаз  
15 б) передачу через поверхность раздела фаз  
15 в) массоотдачу от поверхности раздела фаз к потоку фазы
16. Направление движения фаз при массопередаче может быть:
- 16 а) прямоточным  
16 б) противоточным  
16 в) перекрестно-точным  
16 г) смешанным
17. В процессах массообмена критерий Рейнольдса рассчитывается:
- 17 а)  
17 б)  
17 в)  
17 г)
18. Наименьшая толщина диффузионного слоя будет при критерии Рейнольдса:
- 18 а)  
18 б)  
18 в)  
18 г)  
18 д)  
18 е)  
18 ж)
19. Для построения кинетической кривой надо знать:
- 19 а) число единиц переноса  
19 б) высоту единицы переноса  
19 в) эффективность ступени  
19 г) число теоретических ступеней  
19 д) начальную концентрацию распределяемого вещества в фазе  
19 е) конечную концентрацию распределяемого вещества в фазе
20. Почему в уравнении массопередачи используется средняя движущая сила?
- 20 а) т.к. концентрация распределяемого вещества в фазе постоянно меняется  
20 б) т.к. концентрация распределяемого вещества меняется вдоль поверхности раздела фаз  
20 в) т.к. концентрация распределяемого вещества на поверхности раздела фаз меняется
21. Дифференциальное уравнение коллективного переноса выведено для:
- 21 а) неустановившегося процесса диффузии в неподвижной среде  
21 б) установившегося процесса диффузии в стоячей среде  
21 в) установившегося процесса диффузии в движущемся стационарно потоке  
21 г) неустановившегося процесса диффузии в движущемся стационарно потоке
22. Может ли толщина диффузионного пограничного слоя быть равна толщине гидродинамического пограничного слоя?
- 22 а) не может, т.к. диффузионный пограничный слой больше гидродинамического  
22 б) может при условии  $D = \nu$   
22 в) не может, т.к. диффузионный пограничный слой меньше гидродинамического  
22 г) может, если  $Pr' = 1$
23. Для того чтобы можно было применить теорему о подобных системах они должны удовлетворять условию:
- 23 а) геометрического подобия  
23 б) описываться одинаковыми уравнениями  
23 в) иметь одни и те же числовые значения  
23 г) относиться к одному и тому же классу процессов
24. Диффузионный критерий  $Pe'$ :
- 24 а)  
24 б)  
24 в)  
24 г)
25. Критериальное уравнение при установившемся процессе массообмена и свободном движении фаз
- 25 а)  $Nu = f(Pe'; Fo'; Fr; Re; Ho; Pr; L1/L2; D1/D2 \dots)$

- 25 б)  $Nu = f(Pe'; Fo'; Fr; Re; L1/L2; D1/D2...)$   
25 в)  $Nu = f(Fo'; Ga; Re; Pr'; L1/L2; D1/D2...)$   
25 г)  $Nu = f(Fr; Re; Pe'; L1/L2; D1/D2...)$   
25 д)  $Nu = f(Ga; Re; Pr'; L1/L2; D1/D2...)$   
25 е)  $Nu = f(Gr; Pr'; L1/L2; D1/D2...)$   
25 ж)  $Nu = f(Re; Pe'; L1/L2; D1/D2...)$   
25 з)  $Nu = f(Re; Pr'; L1/L2; D1/D2...)$   
26. Процесс физической абсорбции термодинамически:  
26 а) обратим  
26 б) необратим  
26 в) в некоторых случаях обратим, а в некоторых нет  
27. В процессе абсорбции участвуют:  
27 а) два компонента  
27 б) один компонент  
27 в) три компонента  
27 г) два и более компонента  
28. Какие из перечисленных ниже аппаратов являются наиболее эффективными?  
28 а) поверхностные  
28 б) насадочные  
28 в) пленочные  
29. При инверсии фаз в абсорбере жидкая фаза становится:  
29 а) сплошной  
29 б) дисперсной  
30. Какая насадка называется регулярной?  
30 а) хордовая  
30 б) загруженная в укладку  
30 в) загруженная навалом  
31. Увеличение удельной поверхности насадки влечет за собой:  
31 а) уменьшение гидравлического сопротивления  
31 б) увеличение гидравлического сопротивления  
31 в) не влияет на гидравлическое сопротивление  
32. Какая скорость газа в абсорбере называется фиктивной?  
32 а) рассчитанная на свободное сечение абсорбера  
32 б) рассчитанная на занятое насадкой сечение  
32 в) рассчитанная на полное сечение абсорбера  
II. Рассчитать процесс охлаждения воздуха, содержащего сероводород в теплообменнике от 450 0С до 20 0С технической водой, которая нагревается от 15 0С до 40 0С.  
III. Рассчитать гидравлическое сопротивление газового тракта.  
Расчет может быть выполнен без составления программы или с составлением программы.  
Оформление рукописное или в редакторе Word (шрифт 14 пт, интервал полуторный).

#### Вопросы к зачету с оценкой ч.2

1. Что называется экстрактом?  
2 а) исходный раствор, обедненный распределяемым веществом  
3 б) экстрагент, обогащенный распределяемым веществом  
3 в) исходный раствор, обогащенный распределяемым веществом  
3 г) экстрагент, обедненный распределяемым веществом  
4. В каком случае процесс экстракции изображается на прямоугольной диаграмме?  
4 а) в любом случае  
4 б) при значительной растворимости экстрагента в исходном растворе  
4 в) при значительной растворимости экстрагента в экстракте  
4 г) при незначительной растворимости экстрагента в исходном растворе  
5. Что называется бинодальной кривой?  
5 а) линия, соединяющая концы конод  
5 б) геометрическое место точек, изображающих равновесные составы рафината  
5 в) геометрическое место точек, изображающих равновесные составы экстракта  
5 г) геометрическое место точек, изображающих равновесные составы экстракта и рафината  
6. На треугольной диаграмме составы двойных смесей расположены:  
6 а) внутри диаграммы  
6 б) на сторонах диаграммы  
6 в) на углах диаграммы  
7. Какой метод экстракции целесообразно применить, если коэффициент распределения низкий?  
7 а) одноступенчатую экстракцию  
7 б) многоступенчатую экстракцию в противотоке  
7 в) многоступенчатую экстракцию в перекрестном токе  
8. Что такое абсолютная влажность?  
8 а) отношение массы пара в 1 м<sup>3</sup> влажного воздуха к максимальной массе водяного пара, которая может содержаться в 1 м<sup>3</sup> влажного насыщенного воздуха

- 8 б) количество водяных паров в кг, которое содержится в 1 м<sup>3</sup> сухого воздуха
- 8 в) это отношение массы водяного пара в кг, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> влажного воздуха, к массе 1 м<sup>3</sup> влажного воздуха
- 8 г) количество водяных паров в кг, которое содержится в 1 м<sup>3</sup> влажного воздуха
- 8 д) это отношение массы водяного пара в кг, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> влажного воздуха, к массе 1 м<sup>3</sup> абсолютно сухого воздуха
9. В каком случае происходит процесс сушки?
- 9 а)
- 9 б)
- 9 в)
10. На последнюю стадию сушки приходится испарение влаги:
- 10 а) гигроскопической
- 10 б) химической
- 10 в) физико-механической
- 10 г) свободной
- 10 д) адсорбционной
- 10 е) осмотической
- 10 ж) физико-химической
11. Точка А на графике сушки показывает:
- 11 а) начало периода постоянной скорости сушки
- 11 б) начало сушки материала
- 11 в) начало периода испарения гигроскопической влаги из материала
- 11 г) начало периода испарения адсорбционной влаги из материала
- 11 д) начало периода испарения осмотической влаги
- 11 е) конечная точка сушки
12. Какая влага не испаряется из материала в период тепловой конвективной сушки:
- 12 а) гигроскопическая
- 12 б) химическая
- 12 в) физико-механическая
- 12 г) свободная
- 12 д) адсорбционная
- 12 е) осмотическая
- 12 ж) физико-химическая
13. На отрезке АВ происходит:
- 13 а) сушка материала с одновременным нагревом его до температуры сушильного агента
- 13 б) сушка материала с постоянной скоростью
- 13 в) замедление скорости сушки материала
- 13 г) приближение скорости к нулю, т.к. влажность становится близкой к равновесной
14. По какой причине скорость сушки на отрезке АВ максимальная за весь период сушки?
- 14 а) так как растет температура материала
- 14 б) так как большой градиент температуры между материалом и сушильным агентом
- 14 в) так как большой градиент влажности между материалом и сушильным агентом
15. Что показывает точка В?
- 15 а) начало периода постоянной скорости сушки
- 15 б) начало сушки материала
- 15 в) начало периода испарения гигроскопической влаги из материала
- 15 г) начало периода испарения адсорбционной влаги из материала
- 15 д) начало периода испарения осмотической влаги
- 15 е) достижение материалом температуры сушильного агента
16. Какая влага удаляется на отрезке ВС?
- 16 а) гигроскопическая
- 16 б) химическая
- 16 в) физико-механическая
- 16 г) свободная
- 16 д) адсорбционная
- 16 е) осмотическая
- 16 ж) физико-химическая
17. Почему скорость сушки на отрезке ВС постоянна?
- 17 а) так как испарение идет из макропор, то жидкость, поднимаясь из них, испытывает минимальное сопротивление
- 17 б) так как жидкость никак не связана с материалом, то испытывает минимальное сопротивление
- 17 в) так как большой градиент парциальных давлений между давлением над поверхностью материала и в окружающем сушильном агенте
18. Что показывает точка С?
- 18 а) начало периода постоянной скорости сушки
- 18 б) достижение равновесия между парциальным давлением механической влаги и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
- 18 в) начало периода испарения гигроскопической влаги из материала
- 18 г) достижение равновесия между парциальным давлением физико-химической влаги и парциальным

- давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
- 18 д) достижение равновесия между парциальным давлением влаги макропор (внешней влаги) и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
- 18 е) достижение материалом температуры сушильного агента
19. Сразу после точки С начинается период:
- 19 а) постоянной скорости сушки
- 19 б) испарения гигроскопической влаги из материала
- 19 в) испарения адсорбционной влаги из материала
- 19 г) испарения осмотической влаги
20. На участке CD испаряется влага:
- 20 а) гигроскопическая
- 20 б) химическая
- 20 в) физико-механическая
- 20 г) свободная
- 20 д) адсорбционная
- 20 е) осмотическая
- 20 ж) физико-химическая
21. Скорость сушки на участке CD замедляется потому, что:
- 21 а) градиент влажности падает
- 21 б) влага выходит из мелких пор
- 21 в) практически не растет температура сушильного агента
- 21 г) градиент температуры не увеличивается
22. Что показывает точка D?
- 22 а) достижение равновесия между парциальным давлением механической влаги и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
- 22 б) начало периода испарения гигроскопической влаги из материала
- 22 в) достижение равновесия между парциальным давлением физико-химической влаги и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
- 22 г) достижение равновесия между парциальным давлением влаги макропор (внешней влаги) и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
- 22 д) достижение равновесия между парциальным давлением общей влаги материала и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
23. После точки D начинается период:
- 23 а) постоянной скорости сушки
- 23 б) испарения гигроскопической влаги из материала
- 23 в) испарения адсорбционной влаги из материала
- 23 г) испарения осмотической влаги
24. На участке DE из материала испаряется влага:
- 24 а) гигроскопическая
- 24 б) химическая
- 24 в) физико-механическая
- 24 г) свободная
- 24 д) адсорбционная
- 24 е) осмотическая;
- 24 ж) физико-химическая
25. Скорость сушки на участке DE уменьшается
- 25 а) так как градиент температуры низок
- 25 б) так как градиент влажности низок
- 25 в) так как выход влаги тормозится известной связью влаги с материалом
26. Что показывает точка E на графике сушки?
- 26 а) достижение равновесия между парциальным давлением механической влаги и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
- 26 б) начало периода испарения гигроскопической влаги из материала
- 26 в) достижение равновесия между парциальным давлением физико-химической влаги и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
- 26 г) достижение равновесия между парциальным давлением влаги макропор (внешней влаги) и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
- 26 д) достижение равновесия между парциальным давлением общей влаги материала и парциальным давлением водяных паров в окружающем сушильном агенте
27. В общем случае влагосодержание воздуха зависит от его относительной влажности
- 27 а) да, если относительная влажность воздуха больше, то больше и его влагосодержание
- 27 б) нет, они независимы друг от друга
- 27 в) да, если относительная влажность воздуха меньше, то больше его влагосодержание
28. Если известно начальное и конечное влагосодержание сушильного агента, можно ли определить удельный расход тепла на сушку?
- 28 а) да, этих величин достаточно
- 28 б) нет, надо знать еще энтальпию сушильного агента
- 28 в) нет надо знать еще температуру сушильного агента

29. Какая влага не может быть удалена из материала методом сушки?
- 29 а) гигроскопическая
  - 29 б) химическая
  - 29 в) физико-механическая
  - 29 г) свободная
  - 29 д) адсорбционная
  - 29 е) осмотическая
  - 29 ж) физико-химическая
30. Для чего в сушилках устраивают рециркуляцию сушильного агента?
- 30 а) для увеличения влажности сушильного агента
  - 30 б) для уменьшения градиента температур
  - 30 в) для уменьшения градиента влажности
31. Средняя движущая сила процесса противоточной экстракции:
- 31 а) больше, чем экстракции в перекрестном токе
  - 31 б) меньше, чем экстракции в перекрестном токе
  - 31 в) такая же, как при экстракции в перекрестном токе
  - 31 г) для экстракции в перекрестном токе точно не установлено
32. Движущая сила на начальной ступени процесса противоточной экстракции ( $E_{n-1}$ ):
- 32 а) такая же, как и как на начальной ступени процесса экстракции в перекрестном токе
  - 32 б) больше, чем на начальной ступени процесса экстракции в перекрестном токе
  - 32 в) меньше, чем на начальной ступени процесса экстракции в перекрестном токе











Задание на курсовую работу по «Массообменным процессам химической технологии»

Тема 10

Рассчитать тарельчатую ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси изопропиловый спирт - бутанол производительностью по исходной смеси  $F = 18$  тыс. кг/ч. Содержание НКК: в исходной смеси  $x_F = 45\%$  (масс.);

в дистилляте  $x_P = 97\%$  (масс.);

в кубовом остатке  $x_W = 1,5\%$  (масс.).

Давление в паровом пространстве дефлегматора 0,1 МПа.

Задание на курсовую работу по «Массообменным процессам химической технологии»

Тема 11

Рассчитать тарельчатую ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси изопропиловый спирт - бутанол производительностью по исходной смеси  $F = 25$  тыс. кг/ч. Содержание НКК: в исходной смеси  $x_F = 55\%$  (масс.);

в дистилляте  $x_P = 97\%$  (масс.);

в кубовом остатке  $x_W = 1,5\%$  (масс.).

Давление в паровом пространстве дефлегматора 0,1 МПа.

Задание на курсовую работу по «Массообменным процессам химической технологии»

Тема 12

Рассчитать тарельчатую ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси изопропиловый спирт - бутанол производительностью по исходной смеси  $F = 15$  тыс. кг/ч. Содержание НКК: в исходной смеси  $x_F = 65\%$  (масс.);

в дистилляте  $x_P = 97\%$  (масс.);

в кубовом остатке  $x_W = 2,5\%$  (масс.).

Давление в паровом пространстве дефлегматора 0,105 МПа.

Задание на курсовой проект по «Массообменным процессам химической технологии» Барышевой Е.В.

Тема 13

1. Рассчитать тарельчатую ректификационную колонну непрерывного действия для разделения бинарной смеси метиловый спирт – бутиловый спирт производительностью по исходной смеси  $F = 11$  тыс. кг/ч. Содержание НКК: в исходной смеси  $x_F = 55\%$  (масс.);

в дистилляте  $x_P = 97\%$  (масс.);

в кубовом остатке  $x_W = 2,5\%$  (масс.).

Давление в паровом пространстве дефлегматора 0,105 МПа.

II. Рассчитать нагрев бинарной смеси в теплообменнике влажным насыщенным водяным паром давления 0,44 МПа за счёт тепла конденсации водяного пара.

III. Подобрать центробежный насос для подачи бинарной смеси в ректификационную колонну.

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Задачи для практических работ:

1. Расчёт минимального и оптимального флегмового числа.
2. Расчёт диаметра колонны.
3. Расчёт кинетики процесса массообмена и определение числа единиц переноса.
4. Расчёт кинетической кривой и определение действительного числа тарелок.
5. Расчёт гидравлического сопротивления колонны.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен.

Ниже представлен образец билета для экзамена, проводимого в устной форме.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МИСиС»

НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра математики и естествознания

БИЛЕТ К ЭКЗАМЕНУ № 0 (ОПК-2.1, У-1.3-1 ; ПК-1.1, У-1.3-1; ПК-1.4, У-1.3-1; УК-9.2, У-1.3-1)

Дисциплина: «Массообменные процессы химической технологии»

Направление: 18.03.01 «Химическая технология»

Форма обучения: очная

- 1) Насадочные абсорберы. Принцип действия, типы, направления применения.
- 2) Тепловой баланс аппарата на примере абсорбера.
- 3) Расчёт гидравлического сопротивления колонны

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Показатели и критерии оценивания экзамена:

- на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень освоения компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень освоения компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень освоения компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.1	Логинов В.С., Крайнов А.В., Юхнов В.Е., Феоктистов Д.В.	Примеры и задачи по тепломассообмену. : Учебное пособие.		СПб ЛАНЬ, 2011,
Л1.2	Фролов В.Ф., Флисюк О.М.	Массообменные процессы химической технологии: Учебное пособие.		СПб ХИМИЗДАТ, 2011,
Л1.3	В.Ф. Фролов	Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии		СПб : Химиздат, 2008, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=270290">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=270290</a>
Л1.4	Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк.	Массообменные процессы химической технологии : учебное пособие		СПб : Химиздат, 2011, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=99360">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=99360</a>
Л1.5	О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко	Тепломассообмен: учебник		ИНФРА - М, Высшее образование, бакалавриат, 2013 г,
Л1.6	А.И. Разинов, П.П. Суханов	Процессы массопереноса с участием твердой фазы=Mass transfer processes with a solid phase participation : учебное пособие		Казань : КНИТУ, 2012, URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259392">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=259392</a> (18.11.2015).

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.1	Под ред. Леонтьевой А.И.	Теория тепломассообмена: Учебник для вузов.		М. изд. МГТУ им. Баумана, 1997,
Л2.2	Телегин А.С. и др	Тепломассоперенос: Учебник для вузов./		М. Металлургия, , 1995,
Л2.3	Вейнский В.В., Горохов А.В.	Изучение процесса перегонки с водяным паром: Методические указания к лабораторной работе		Издательский центр ФГБОУ ВПО "МГТУ" , 2012,
Л2.4	Вейнский В.В., Горохов А.В.	Определение числа единиц переноса в процессе ректификации бинарной смеси: Методические указания к лабораторной работе		Издательский центр ФГБОУ ВПО "МГТУ", 2012,

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.5	Бесков В.С.	Общая химическая технология: учебник		М.: Академкнига, 2006 г,
Л2.6	Кутепов А.М., Т.И. Бондарева, М.Г.Беренгартен	Общая химическая технология: учебник		М: Академкнига, 2005 г.,

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л3.1	Вейский В.В., Горохов В.В., Волощук Т.Г.	Определение коэффициента распределения при экстракции в жидкостях: Методические указания к лабораторной работе		Издательский центр ГОУ ВПО "МГТУ", 2010,
Л3.2	Вейский В.В., Горохов А.В.	Кинетика процесса сушки твердых материалов : Методические указания к лабораторной работе		Издательский центр ФГБОУ ВПО "МГТУ", 2012,

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Российская научная электронная библиотека	www.elibrary.ru
Э2	КиберЛенинка	www.cyberleninka.ru
Э3	НФ НИТУ "МИСиС"	www.nf.misis.ru

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ПО Компас 3D V18-19
П.2	ПО Solidworks Education Edition
П.3	ПО Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian OLP NL AcademicEdition;
П.4	ПО Zoom

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	- Официальный сайт Новотроицкого филиала НИТУ "МИСиС" <a href="http://nf.misis.ru/">http://nf.misis.ru/</a>
И.2	- Электронная библиотека НИТУ "МИСиС" <a href="http://elibrary.misis.ru">http://elibrary.misis.ru</a>
И.3	
И.4	- Университетская библиотека онлайн <a href="http://bibliclub.ru">http://bibliclub.ru</a>

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине заключается в изучении теоретического материала по конспектам лекций, источникам основной и дополнительной литературы, включая темы самостоятельного изучения, ориентируясь на список контрольных вопросов по соответствующим темам.

При самостоятельном изучении материала рекомендуется заносить в тетрадь основные понятия, термины, формулировки законов, формулы и уравнения, выводы по изучаемой теме. Изучение любого вопроса необходимо проводить на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений. Это способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

В случае затруднения при изучении дисциплины следует обращаться за консультацией к преподавателю. Все лекционные материалы, а также практические задания приведены в LMS Canvas по адресу курса <https://lms.misis.ru/enroll/GRFGTT>