

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН МТФ

к.т.н. Янпольский В. В.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Расчёт и проектирование оборудования химических производств

Образовательная программа: 18.03.01 Химическая технология, профиль: Химические технологии функциональных материалов

Курс: 4, семестр : 7

Механико-технологический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	66
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	10
10	Самостоятельная работа, час.	114
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	КР
12	Вид аттестации	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 18.03.01 Химическая технология

ФГОС введен в действие приказом №1005 от 11.08.2016 г. , дата утверждения: 29.08.2016 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 18.03.01 Химическая технология

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ХХТ, протокол заседания кафедры №2/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете механико-технологического факультета, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Жуков В. И.

Заведующий кафедрой:

д.х.н. Уваров Н. Ф.

Ответственный за образовательную программу:

доцент Апарнев А. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.16 способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; в части следующих результатов обучения:	
34. знать основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов, методы идентификации параметров модели и установления адекватности модели	
Компетенция ФГОС: ПК.17 готовность проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и технологических процессов; в части следующих результатов обучения:	
у2. уметь использовать методы анализа и расчеты процессов в промышленных аппаратах, проводить выбор их конструкций, определять технологические и экономические показатели работы аппаратов; рассчитывать конструктивные и физико-химические параметры процессов	
Компетенция ФГОС: ПК.20 готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; в части следующих результатов обучения:	
31. знать структуру современной электронно-библиографической системы отечественных и зарубежных баз данных	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Расчёт и проектирование оборудования химических производств	
ПК.16.34 знать основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов, методы идентификации параметров модели и установления адекватности модели	
1. О типах технологического оборудования и областях их применения	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
2. О принципах технологических и конструктивных расчётов технологического оборудования	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.20.31 знать структуру современной электронно-библиографической системы отечественных и зарубежных баз данных	
3. Принципы действия и конструкции технологических аппаратов и машин	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.17.у2 уметь использовать методы анализа и расчеты процессов в промышленных аппаратах, проводить выбор их конструкций, определять технологические и экономические показатели работы аппаратов; рассчитывать конструктивные и физико-химические параметры процессов	
4. Порядок и способы расчётов технологического оборудования	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
5. Выбрать тип и конструкцию аппарата для заданного технологического процесса	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
6. Произвести поверочный расчёт аппарата для заданных технологических параметров	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
7. Рассчитать основные параметры и конструктивные размеры технологического аппарата, выбрать оптимальный аппарат из каталогов.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

ПК.16.34 знать основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов, методы идентификации параметров модели и установления адекватности модели	
8.основы теории переноса импульса, тепла и массы; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.17.y2 уметь использовать методы анализа и расчеты процессов в промышленных аппаратах, проводить выбор их конструкций, определять технологические и экономические показатели работы аппаратов; рассчитывать конструктивные и физико-химические параметры процессов	
9.основные характеристики процессов тепло- и массопередачи	Лекции; Самостоятельная работа
10. Уметь определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;	Лекции; Самостоятельная работа
11. умеет рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.16.34 знать основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов, методы идентификации параметров модели и установления адекватности модели	
12.знать основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов, методы идентификации параметров модели и установления адекватности модели	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.17.y2 уметь использовать методы анализа и расчеты процессов в промышленных аппаратах, проводить выбор их конструкций, определять технологические и экономические показатели работы аппаратов; рассчитывать конструктивные и физико-химические параметры процессов	
13. уметь использовать методы анализа и расчеты процессов в промышленных аппаратах, проводить выбор их конструкций, определять технологические и экономические показатели работы аппаратов; рассчитывать конструктивные и физико-химические параметры процессов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.20.31 знать структуру современной электронно-библиографической системы отечественных и зарубежных баз данных	
14.знать структуру современной электронно-библиографической системы отечественных и зарубежных баз данных	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 7			
Дидактическая единица: Выпарные установки			

1. Определения. Процесс выпаривания, назначение, методы. Классификация выпарных установок. Требования к выпарным установкам. Состав проектирования выпарных установок.	0	2	1, 12, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7
2. Схемы и конструкции выпарных установок. Схемы и конструкции трубчатых вертикальных выпарных аппаратов. Схема однокорпусной выпарной установки. Схема многокорпусной выпарной установки.	0	2	1, 12, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7
3. Материальный и тепловой балансы выпарной установки. Материальный баланс. Тепловые балансы: общий и его составные части. Теплоёмкость растворов в зависимости от концентрации. Удельная теплота парообразования в зависимости от давления.	0	4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
4. Температура кипения раствора. Температурная депрессия: гидродинамическая, гидростатическая, концентрационная. Зависимость температуры кипения растворов от концентрации: закон Рауля, эбуллиоскопическая константа. Зависимость температуры кипения от давления: по закону Рауля, правило Бабо и поправка Стабникова, правило линейности химико-технических функций.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
5. Теплопередача в выпарном аппарате	0	2	1, 10, 11, 12, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Сушильные установки. Расчёт сушилок.			
6. Процесс сушки. Общие сведения.	0	3	1, 2, 3, 4, 5, 7
7. Расчёт барабанных сушилок. Материальный и тепловой балансы, расход тепла и воздуха на сушку. Габариты барабана. Время сушки. Частота вращения барабана и мощность.	0	3	1, 2, 3, 4, 5, 7
8. Расчёт распылительных сушилок. Зоны в распылительной сушилке. Радиус факел распыла. Объёмные характеристики теплообмена. Определение геометрических размеров сушильной камеры. Средняя температура и длительность сушки.	0	3	1, 2, 3, 4, 5, 7
9. Расчёт слоевых сушилок. Гидравлическое сопротивление подвижного и неподвижного слоя. Скорость газа, высота слоя и размеры сушилки. Теплообменные характеристики сушилки: объёмные и поверхностные коэффициенты теплопередачи. Сушка во взвешенном состоянии: вихревые и пневматические сушилки (труба-сушилка): определение объёмного коэффициента теплообмена, основных размеров, гидравлического сопротивления.	0	3	1, 2, 3, 4, 5, 7
Дидактическая единица: Машины для измельчения материалов			

10. Измельчение материалов. Процесс измельчения. Основные характеристики процесса. Теории измельчения: Риттингера, Кирпичева, ВНИИстройдормаш. Способы измельчения, классификация измельчителей.	0	6	1, 10, 11, 12, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9
11. Расчёт оборудование для измельчения материалов. Область применения, принцип действия (слайды). Щековые дробилки. Конусные дробилки. Валковые дробилки. Дробилки ударного действия. Барабанные измельчители (мельницы). Измельчители раздавливающего и истирающего действия. Мельницы ударного действия. Вибрационные и струйные измельчители.	0	6	1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Выпарные установки				
1. Расчет температурной депрессии растворов. Правило Бабо, поправка Стабникова, правило линейности физико-химических функций	4	4	1, 2, 4, 7	Решение задач на тему
2. Гидростатическая и гидродинамическая депрессия	2	2	1, 2, 4, 6, 7	Решение задач на тему
Дидактическая единица: Сушильные установки. Расчёт сушилок.				
3. Конвективная сушка, свойства влажного воздуха	4	4	1, 3, 4, 5, 7	Решение задач на тему
4. Кондуктивные сушилки	4	4	1, 4, 5, 6, 7	Решение задач на тему
Дидактическая единица: Машины для измельчения материалов				
5. Измельчение твердых материалов	4	4	1, 2, 4, 7	Решение задач на тему

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	Курсовая работа	10, 11, 12, 13, 14	50	9
: Баннов А. Г. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Г. Баннов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065 . - Загл. с экрана. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. 1 / [Островский Г. М. и др. ; ред. тома : Островский Г. М.]. - СПб., 2007. - 841 с. : ил.. - Авт. указаны на обороте тит. л..				
2	Подготовка к занятиям	1, 2	28	0
: Баннов А. Г. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Г. Баннов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065 . - Загл. с экрана.				

3	Дополнительная учебная деятельность	1, 12, 2, 3, 8	16	0
: Жуков В. И. Расчет и конструирование оборудования химических производств [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. И. Жуков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: http://courses.edu.nstu.ru/index.php?show=155&curs=2089 . - Загл. с экрана.				
4	Подготовка к аттестации	3, 4, 5, 6, 7, 9	20	1
: Баннов А. Г. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Г. Баннов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065 . - Загл. с экрана. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. 1 / [Островский Г. М. и др. ; ред. тома : Островский Г. М.]. - СПб., 2007. - 841 с. : ил.. - Авт. указаны на обороте тит. л..				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ
Консультирование	Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Дискуссия	ПК.16;
Формируемые умения: 34. знать основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов, методы идентификации параметров модели и установления адекватности модели		
Краткое описание применения: Расчет температурной депрессии растворов. Правило Бабо, поправка Стабникова, правило линейности физико-химических функций. Измельчение твердых материалов		
Подробная информация об использовании технологии приводится в "Баннов А. Г. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Г. Баннов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065 . - Загл. с экрана."		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		

<i>Практические занятия:</i>	25	50
<i>Курсовая работа:</i>	0	30
Контролирующие материалы приводятся в "Жуков В. И. Расчет и конструирование оборудования химических производств [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. И. Жуков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: http://courses.edu.nstu.ru/index.php?show=155&курс=2089 . - Загл. с экрана."		
<i>Зачет:</i>	10	20

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита КР/КР	Зачет
ПК.16	34. знать основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов, методы идентификации параметров модели и установления адекватности модели		+
ПК.17	у2. уметь использовать методы анализа и расчеты процессов в промышленных аппаратах, проводить выбор их конструкций, определять технологические и экономические показатели работы аппаратов; рассчитывать конструктивные и физико-химические параметры процессов	+	+
ПК.20	31. знать структуру современной электронно-библиографической системы отечественных и зарубежных баз данных		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. - М., 2007. - 575 с. : ил., табл.
2. Процессы и аппараты хим. технологий. Основ. процессы и оборудование пр-ва пигментов, суспензий и...: Уч. пос./Макаренков Д.А., Назаров В.И., Баринский Е.А. и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 211 с.: 60х90 1/16. - (ВО: Бакалавриат) (п) ISBN 978-5-16-011431-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=524388> - Загл. с экрана.
3. Леонтьева А.И. Оборудование химических производств. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.И. Леонтьева— Электрон. текстовые данные.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.— 281 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64133.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Леонтьева А.И. Оборудование химических производств. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.И. Леонтьева— Электрон. текстовые данные.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.— 234 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64134.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : [учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов] / [Г. С. Борисов и др.] ; под ред. Ю. И. Дытнерского. - М., 2007. - 493 с. : ил.. - Перепечатка с изд. 1991 г..

Дополнительная литература

1. Бакластов А. М. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок : учебное пособие для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / А. М. Бакластов, В. А. Горбенко, П. Г. Удыма; под ред. А. М. Бакластова. - М., 1981. - 336 с. : табл., схемы
2. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем / [Авт.-сост. А. С. Юрьев и др.]. - СПб., 2006. - 1152 с. : ил.
3. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов / [Варгафтик и др.]. - М., 1990. - 348, [1] с. : табл.
4. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. - М., 1972. - 720 с. : табл., граф.
5. Кафаров В. В. Принципы математического моделирования химико-технологических систем (Введение в системотехнику химических производств) : учебное пособие / В. В. Кафаров, В. Л. Перов, В. П. Мешалкин. - М., 1974. - 343, [1] с. : ил.
6. Теория и расчет сушильных аппаратов взвешенного слоя : учебное пособие для спец. 0308 и 0516 / [Д. Н. Мухитдинов и др.] ; Ташкент. политех. ин-т им. Беруни. - Ташкент, 1986. - 75, [1] с. : ил.
7. Бакластов А. М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок : учебное пособие для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / А. М. Бакластов. - М., 1970. - 567, [1] с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. 1 / [Островский Г. М. и др. ; ред. тома : Островский Г. М.]. - СПб., 2007. - 841 с. : ил.. - Авт. указаны на обороте тит. л..
2. Жуков В. И. Расчет и конструирование оборудования химических производств [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. И. Жуков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: <http://courses.edu.nstu.ru/index.php?show=155&curs=2089>. - Загл. с экрана.
3. Баннов А. Г. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Г. Баннов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178065. - Загл. с экрана.
4. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. 2 / [Островский Г. М. и др. ; ред. тома : Островский Г. М.]. - СПб., 2006. - 915 с. : ил.. - Авт. указаны на обороте тит. л..

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Windows
- 2 Office

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	применяется для проведения лекций

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ
к.т.н., доцент В.В. Янпольский
“ ” Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Расчёт и проектирование оборудования химических производств

Образовательная программа: 18.03.01 Химическая технология, профиль: Химические технологии функциональных материалов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине проектирование оборудования химических производств приведена в Таблице.

Расчёт и

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.16/НИ способность планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	34. знать основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов, методы идентификации параметров модели и установления адекватности модели	Гидростатическая и гидродинамическая депрессия Измельчение материалов. Процесс измельчения. Основные характеристики процесса. Теории измельчения: Риттингера, Кирпичева, ВНИИстройдормаш. Способы измельчения, классификация измельчителей. Измельчение твердых материалов Материальный и тепловой балансы выпарной установки. Материальный баланс. Тепловые балансы: общий и его составные части. Теплоёмкость растворов в зависимости от концентрации. Удельная теплота парообразования в зависимости от давления. Определения. Процесс выпаривания, назначение, методы. Классификация выпарных установок. Требования к выпарным установкам. Состав проектирования выпарных установок. Процесс сушки. Общие сведения. Расчет температурной депрессии растворов. Правило Бабо, поправка Стабникова, правило линейности физико-химических функций Расчет барабанных сушилок. Материальный и тепловой балансы, расход тепла и воздуха на сушку. Габариты барабана. Время сушки. Частота вращения барабана и мощность. Расчет оборудования для измельчения материалов. Область применения, принцип действия (слайды). Щековые дробилки. Конусные дробилки. Валковые дробилки. Дробилки ударного действия. Барабанные измельчители (мельницы). Измельчители	Курсовая работа.	Зачет, вопросы теста 1-13

		раздавливающего и истирающего действия. Мельницы ударного действия. Вибрационные и струйные измельчители. Расчёт распылительных сушилок. Зоны в распылительной сушилке. Радиус факел распыла. Объёмные характеристики теплообмена. Определение геометрических размеров сушильной камеры. Средняя температура и длительность сушки. Расчёт слоевых сушилок. Гидравлическое сопротивление подвижного и неподвижного слоя. Скорость газа, высота слоя и размеры сушилки. Теплообменные характеристики сушилки: объёмные и поверхностные коэффициенты теплопередачи. Сушка во взвешенном состоянии: вихревые и пневматические сушилки (труба-сушилка): определение объёмного коэффициента теплообмена, основных размеров, гидравлического сопротивления. Схемы и конструкции выпарных установок. Схемы и конструкции трубчатых вертикальных выпарных аппаратов. Схема однокорпусной выпарной установки. Схема многокорпусной выпарной установки. Температура кипения раствора. Температурная депрессия: гидродинамическая, гидростатическая, концентрационная. Зависимость температуры кипения растворов от концентрации: закон Рауля, эбуллиоскопическая константа. Зависимость температуры кипения от давления: по закону Рауля, правило Бабо и поправка Стабникова, правило линейности химико-технических функций. Теплопередача в выпарном аппарате		
ПК.17/НИ готовность проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и	у2. уметь использовать методы анализа и расчеты процессов в промышленных аппаратах, проводить выбор их конструкций,	Гидростатическая и гидродинамическая депрессия Измельчение материалов. Процесс измельчения. Основные характеристики процесса. Теории измельчения: Риттингера, Кирпичева,	Курсовая работа	Зачет, вопросы теста 7, 8, 10-13

технологических процессов	определять технологические и экономические показатели работы аппаратов; рассчитывать конструктивные и физико-химические параметры процессов	ВНИИстройдормаш. Способы измельчения, классификация измельчителей. Измельчение твердых материалов Конвективная сушка, свойства влажного воздуха Кондуктивные сушилки Материальный и тепловой балансы выпарной установки. Материальный баланс. Тепловые балансы: общий и его составные части. Теплоёмкость растворов в зависимости от концентрации. Удельная теплота парообразования в зависимости от давления. Определения. Процесс выпаривания, назначение, методы. Классификация выпарных установок. Требования к выпарным установкам. Состав проектирования выпарных установок. Процесс сушки. Общие сведения. Расчет температурной депрессии растворов. Правило Бабо, поправка Стабникова, правило линейности физико-химических функций Расчёт барабанных сушилок. Материальный и тепловой балансы, расход тепла и воздуха на сушку. Габариты барабана. Время сушки. Частота вращения барабана и мощность. Расчёт оборудования для измельчения материалов. Область применения, принцип действия (слайды). Щековые дробилки. Конусные дробилки. Валковые дробилки. Дробилки ударного действия. Барабанные измельчители (мельницы). Измельчители раздавливающего и истирающего действия. Мельницы ударного действия. Вибрационные и струйные измельчители. Расчёт распылительных сушилок. Зоны в распылительной сушилке. Радиус факел распыла. Объёмные характеристики теплообмена. Определение геометрических размеров сушильной камеры. Средняя температура и длительность сушки. Расчёт слоевых сушилок. Гидравлическое сопротивление подвижного и неподвижного слоя. Скорость газа, высота слоя и размеры		
---------------------------	---	--	--	--

		сушилки. Тепломассообменные характеристики сушилки: объёмные и поверхностные коэффициенты теплопередачи. Сушка во взвешенном состоянии: вихревые и пневматические сушилки (труба-сушилка): определение объёмного коэффициента теплообмена, основных размеров, гидравлического сопротивления. Схемы и конструкции выпарных установок. Схемы и конструкции трубчатых вертикальных выпарных аппаратов. Схема однокорпусной выпарной установки. Схема многокорпусной выпарной установки. Температура кипения раствора. Температурная депрессия: гидродинамическая, гидростатическая, концентрационная. Зависимость температуры кипения растворов от концентрации: закон Рауля, эбуллиоскопическая константа. Зависимость температуры кипения от давления: по закону Рауля, правило Бабо и поправка Стабникова, правило линейности химико-технических функций. Теплопередача в выпарном аппарате		
ПК.20/НИ готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	з1. знать структуру современной электронно-библиографической системы отечественных и зарубежных баз данных	Измельчение материалов. Процесс измельчения. Основные характеристики процесса. Теории измельчения: Риттингера, Кирпичева, ВНИИстройдормаш. Способы измельчения, классификация измельчителей. Конвективная сушка, свойства влажного воздуха Материальный и тепловой балансы выпарной установки. Материальный баланс. Тепловые балансы: общий и его составные части. Теплоёмкость растворов в зависимости от концентрации. Удельная теплота парообразования в зависимости от давления. Определения. Процесс выпаривания, назначение, методы. Классификация выпарных установок. Требования к выпарным установкам. Состав проектирования выпарных	Курсовая работа.	Зачет, вопросы теста 1-5, 9-11

		установок. Процесс сушки. Общие сведения. Расчёт барабанных сушилок. Материальный и тепловой балансы, расход тепла и воздуха на сушку. Габариты барабана. Время сушки. Частота вращения барабана и мощность. Расчёт оборудования для измельчения материалов. Область применения, принцип действия (слайды). Щековые дробилки. Конусные дробилки. Валковые дробилки. Дробилки ударного действия. Барабанные измельчители (мельницы). Измельчители раздавливающего и истирающего действия. Мельницы ударного действия. Вибрационные и струйные измельчители. Расчёт распылительных сушилок. Зоны в распылительной сушилке. Радиус факел распыла. Объёмные характеристики теплообмена. Определение геометрических размеров сушильной камеры. Средняя температура и длительность сушки. Расчёт слоевых сушилок. Гидравлическое сопротивление подвижного и неподвижного слоя. Скорость газа, высота слоя и размеры сушилки. Теплообменные характеристики сушилки: объёмные и поверхностные коэффициенты теплопередачи. Сушка во взвешенном состоянии: вихревые и пневматические сушилки (труба-сушилка): определение объёмного коэффициента теплообмена, основных размеров, гидравлического сопротивления. Схемы и конструкции выпарных установок. Схемы и конструкции трубчатых вертикальных выпарных аппаратов. Схема однокорпусной выпарной установки. Схема многокорпусной выпарной установки. Температура кипения раствора. Температурная депрессия: гидродинамическая, гидростатическая, концентрационная. Зависимость температуры кипения растворов от		
--	--	---	--	--

		концентрации: закон Рауля, эбуллиоскопическая константа. Зависимость температуры кипения от давления: по закону Рауля, правило Бабо и поправка Стабникова, правило линейности химико-технических функций. Теплопередача в выпарном аппарате		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.16/НИ, ПК.17/НИ, ПК.20/НИ.

Зачет проводится в письменной форме, по тестам. Пример теста приведен в паспорте зачета

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.16/НИ, ПК.17/НИ, ПК.20/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным

материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по дисциплине «Расчет и проектирование оборудования химических производств», 7
семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по тестам. Тестовые задания включают следующие типы вопросов: одиночный, множественный, соответствие, числовой. Тест включает в себя задания по темам: установки для измельчения материалов, выпарные установки, сушильные установки. На выполнение тестовых заданий отводится 90 минут. В тесте 13 заданий, из них 12 первых заданий оцениваются в 1,5 балла, а последнее задание оценивается в 2 балла.

Пример теста для зачета

1. Измельчение в щековых дробилках производят ...

1. ударом
2. истиранием
3. раздавливанием
4. раскалыванием

2. С помощью гладких валцов осуществляют измельчение ...

1. среднее
2. мелкое
3. тонкое
4. крупное

3. Дробилки от мельниц отличаются ...

1. мощностью
2. степенью измельчения
3. характером измельченного материала
4. устройством

4. Удельная поверхность частицы равна...

1. отношению пустот между частицами к объему, занятому частицами
2. отношению поверхности частицы к ее объему
3. отношению площади поверхности шара к площади частицы при условии, что объем шара равен объему частицы.

5. Общая разность температур в выпарной установке это...

1. разность температур теплоносителя в первом корпусе и кипящего раствора в последнем корпусе
2. суммарная разность температур кипения раствора в средней части кипяtilьных труб и температур вторичных паров во всех корпусах установки
3. разность между температурой греющего пара в первом корпусе и температурой вторичного пара, поступающего в барометрический конденсатор
4. сумма температурных потерь во всех корпусах установки

6. Формула для определения теплообменной поверхности выпарного аппарата

...

1.
$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{cp}}$$

2.
$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{пол}}$$

3.
$$F = \frac{Q}{K\Delta t_{общ}}$$

7. Процесс выпаривания в многокорпусных выпарных установках проводить выгодно потому что ...

1. более глубоко происходит процесс выпаривания
2. уменьшается время проведения процесса выпаривания
3. используется вторичный пар вместо греющего пара в последующих после первого аппаратах

8. Температурная депрессия это ...

1. увеличение температуры кипения раствора по сравнению с температурой кипения чистого растворителя при данном давлении
2. замедление реагирования процесса испарения на изменение температуры
3. замедление выпаривания при повышении температуры выше некоторого предела
4. разность между температурами греющего и вторичного паров

9. Процесс сушки это ...

1. удаление влаги из материалов путем испарения и отвода паровой фазы
2. процесс разделения жидких неоднородных смесей на составляющие компоненты, основанной на их различной летучести
3. процесс выделения твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или сплава
4. процесс концентрирования растворов, заключающийся в частичном удалении растворителя путем его испарения при кипении

10. Уравнение для определения количества влаги, удаляемой при сушке ...

а)
$$W = G_n \left(\frac{w_n - w_k}{1 - w_n} \right)$$

б)
$$W = G_k \left(\frac{w_n - w_k}{1 - w_k} \right)$$

в)
$$W = G_k \left(\frac{w_n - w_k}{1 - w_n} \right)$$

г)
$$W = G_n \left(\frac{w_n - w_k}{1 - w_k} \right)$$

11. Контактная сушка происходит при ...

1. передаче тепла инфракрасными лучами
2. нагревании в поле токов высокой частоты
3. непосредственном контактировании высушиваемого материала с сушильным агентом
4. передаче тепла от теплоносителя к влажному материалу через разделяющую их стенку

12. Процесс конвективной сушки в периоде падающей скорости сушки (во втором периоде сушки) лимитирует ...

1. скорость внешней диффузии
2. скорость внутренней диффузии
3. скорость внутренней и внешней диффузии (они примерно одинаковы)

13. При нагревании в калорифере влажного воздуха не изменяются параметры...

1. влагосодержание X , кг/кг сухого воздуха
2. относительная влажность ϕ , %
3. энтальпия I , кДж/кг сухого воздуха
4. температура сухого термометра t , °C
5. температура точки росы t_p , °C
6. температура мокрого термометра $t_{m.t.}$, °C

2. Критерии оценки

- Ответ на тест для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *0-10 баллов*.
- Ответ на тест для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *10-12 баллов*.
- Ответ на тест для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *12-16 баллов*.
- Ответ на тест для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *16-20 баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. **Вопросы для подготовки к зачету по дисциплине «Расчет и проектирование оборудования химических производств»**
 1. Процесс измельчения материалов. Основные характеристики.
 2. Гранулометрические и физические свойства и характеристики сыпучих материалов.
 3. Механические свойства сыпучих материалов.
 4. Теория измельчения Риттингера.
 5. Теория измельчения Кирпичева-Кика.
 6. Теория измельчения Бонда. Определение затрат мощности на измельчение по рекомендациям ВНИИстройдормаш.
 7. Способы измельчения, классификация измельчителей.
 8. Устройство и выбор основных характеристик щековых дробилок.
 9. Устройство и выбор основных характеристик конусных дробилок.
 10. Устройство и выбор основных характеристик валковых дробилок.
 11. Устройство и выбор основных характеристик дробилок ударного действия.
 12. Устройство и выбор основных характеристик барабанных мельниц.
 13. Устройство и выбор основных характеристик измельчителей раздавливающего и истирающего действия.
 14. Устройство и выбор основных характеристик мельниц ударного действия.
 15. Устройство и выбор основных характеристик вибрационных и струйных измельчителей.
 16. Выпарные установки: назначение, методы выпаривания, типы, конструкции.
 17. Схемы и конструкции трубчатых вертикальных выпарных аппаратов.
 18. Схема многокорпусной выпарной установки.
 19. Материальный и тепловой балансы выпарной установки.
 20. Материальный баланс многокорпусной выпарной установки.
 21. Температура кипения раствора. Типы депрессий.
 22. Концентрационная температурная депрессия.
 23. Гидродинамическая и гидростатическая депрессия.
 24. Теплопередача в выпарном аппарате.
 25. Конструктивный расчёт выпарного аппарата.
 26. Порядок расчёта многокорпусной выпарной установки. Упрощения и допущения.
 27. Выбор числа корпусов многокорпусной выпарной установки.
 28. Адиабатные выпарные установки.
 29. Выпарные установки с тепловым насосом.
 30. Выпарные аппараты контактного типа: барботажные, с погружными горелками.
 31. Барометрический конденсатор. Определение основных характеристик.
 32. Расчёт процесса сушки.
 33. Материальный баланс конвективной сушилки.
 34. Тепловой баланс конвективной сушилки. Теоретическая сушилка
 35. Диаграмма состояния влажного воздуха. Точка росы, температура мокрого термометра. Процессы сушки на диаграмме состояния.
 36. Расчёт барабанных сушилок.
 37. Расчёт распылительных сушилок.
 38. Расчёт слоевых сушилок.
 39. Расчет кондуктивных сушилок.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра химии и химической технологии

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Расчет и проектирование оборудования химических производств», 7
семестр

1. Методика оценки.

Задание: Спроектировать многокорпусную выпарную установку для концентрирования G_n кг/с водного раствора от начальной массовой концентрации x_n до конечной x_k .
(Вариант задания выдается преподавателем)

Структура и правила оформления:

Расчётно-пояснительная записка (объёмом не менее 20 страниц формата А4) оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 – 2001 «Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» и состоит из следующих разделов:

1. Введение.
2. Аналитический обзор (в аналитическом обзоре приводятся сведения о теоретических основах процесса, об общем устройстве и принципе действия заданного аппарата).
3. Расчётная часть (материальный, конструктивный, гидравлический и механический расчёты).
4. Выводы.
5. Библиографический список.

Этапы выполнения и защиты:

1. Курсовая работа (15 – 30 баллов). Начисление баллов за срок выполнения приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Этапы выполнения	Срок выполнения, недели семестра			
	До 7-ой недели	С 7-ой по 13-ую недели	С 13-ой по 16-ую недели	После 16-ой недели
I часть Определение основных габаритов аппарата	5	4	3	2
II часть Гидравлический расчет аппарата		5	4	3
III часть Тепловые расчеты основных узлов аппарата			5	4

Начисление баллов за защиту курсовой работы приведено в таблице 1.2

Таблица 1.2

Защита (при ответах на 3 вопроса)	Срок защиты	
	В течение семестра	После 16-ой недели

3 подробных ответа	15	14
2 подробных ответа и 1 неполный	14	13
1 подробный ответ и 2 неполных	13	12
3 неполных ответа	12	11

Примечание. Курсовая работа не будет защищена, если хотя бы на 1 вопрос нет ответа.

2. Критерии оценки.

- работа считается **не выполненной**, если есть грубые ошибки в расчетах, работа выполнена после 16 недели, при защите работы студент не знает как исправить ошибки в расчетах, оценка составляет 0 баллов.
- работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если при выполнении этапы выполнены не в срок, допущены ошибки в расчетах, при защите студент не знает как исправить ошибки, дает неполные ответы на некоторые вопросы, оценка составляет 10-15 баллов.
- работа считается выполненной **на базовом** уровне, если есть ошибки в расчетах, в процессе защиты студент исправляет ошибки, оценка составляет 16-20 баллов.
- работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если выполнены правильно (с некоторыми недочетами) и в срок все расчеты и работа защищена до 16-й недели, оценка составляет 21-30 баллов.

3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

Задание на проектирование. Спроектировать многокорпусную выпарную установку для концентрирования G_n кг/с водного раствора от начальной массовой концентрации x_n до конечной x_k при следующих условиях:

- 1) обогрев осуществляется насыщенным водяным паром давлением $p_{г.п}$;
- 2) абсолютное давление в барометрическом конденсаторе $p_{б.к}$;
- 3) температура раствора, поступающего на установку, t_0 ;
- 4) начальная температура охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе $t_{л}$;
- 5) температура смеси охлаждающей воды и конденсата, выходящей из барометрического конденсатора, ниже температуры конденсации на Δt_k ;

Таблица 1

	№ варианта		G_n , кг/с	x_n , %	x_k , %	$p_{б.к}$, МПа	$p_{г.п}$, МПа	t_0 , °C	t_k , °C	Δt_k , °C
Двухкорпусная установка	1	(NH ₄) ₂ SO ₄	24	8	40	0.014	0.25	25	18	8
	2	NaCl	20	6	25	0.016	0.30	20	16	5
	3	K ₂ SO ₄	16	5	15	0.020	0.35	30	20	9
	4	KCl	28	10	28	0.018	0.35	24	15	6
	5	KNO ₃	22	7	25	0.015	0.25	28	22	8
	6	Na ₂ CO ₃	30	6	25	0.022	0.30	32	16	7
	7	NaOH	25	10	40	0.014	0.30	25	18	5
	8	MgCl ₂	32	7	32	0.020	0.35	18	20	6
	9	Ca(NO ₃) ₂	28	25	60	0.018	0.60	26	25	9
	10	NH ₄ Cl	30	12	30	0.016	0.40	32	16	7
Трехкорпусная установка	1	CaCl ₂	28	18	38	0.020	0.60	20	15	6
	2	NH ₄ NO ₃	25	10	50	0.014	0.50	25	20	9
	3	(NH ₄) ₂ SO ₄	20	6	38	0.016	0.55	32	18	5
	4	Na ₂ CO ₃	30	5	26	0.022	0.50	24	22	8
	5	NaCl	25	7	26	0.018	0.55	22	20	7

	6	K_2CO_3	32	10	40	0.015	0.65	20	16	10
	7	K_2SO_4	28	6	16	0.018	0.50	30	25	6
	8	KOH	35	10	40	0.014	0.70	25	18	8
	9	$MgSO_4$	32	8	26	0.020	0.55	28	20	9
	10	$NaNO_3$	36	9	50	0.015	0.70	20	18	7

5. Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

1. Из-за чего возникает гидродинамическая депрессия?
2. Как определить температурную или концентрационную депрессию?
3. Как рассчитывается ориентировочная площадь поверхности теплопередачи?
4. Что такое полезная разность температур?