

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по учебной работе

_____ Э.Ю. Майкова
« _____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»

«Процессы и аппараты химической технологии»

Направление подготовки бакалавров 18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль) – Химическая технология синтетических
биологически активных веществ

Типы задач профессиональной деятельности – научно-исследовательский и
технологический

Форма обучения – очная

Химико-технологический факультет
Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»

Тверь 20__

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки бакалавров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы:
профессор кафедры БХС

В.Ю. Долуда

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БХС
« ____ » _____ 20__ г., протокол № ____.

Заведующий кафедрой

М.Г. Сульман

Согласовано:
Начальник учебно-методического
отдела УМУ

Д.А.Барчуков

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» является изучение основных процессов общей химической технологии, машин и аппаратов для осуществления химико-технологических превращений.

Задачами дисциплины являются:

- приобретение знаний об основных закономерностях и способах математического описания технологических процессов и их совокупностей;
- формирование способности теоретически обосновывать расчетные методы перехода от процесса в лабораторных условиях к промышленным, т.е. перенос данных, полученных на модели, к объекту натуральной величины (моделирование);
- приобретение способности выбирать рациональные технологические режимы эксплуатации действующих производств;
- овладение знаниями по способам разработки высокоэффективных и малоотходных технологических схем и формирование способности выбирать наиболее рациональные типы аппаратов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной дисциплине Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания, умения и навыки, полученные в процессе изучения дисциплин: «Математика», «Общая химическая технология», «Прикладная механика», «Электротехника и электроника».

Знания, полученные в данном курсе необходимы для последующего изучения таких дисциплин учебного процесса, как «Химические реакторы», «Моделирование химико-технологических процессов», «Системы управление химико-технологическими процессами», «Проектирование и оборудование предприятий химической промышленности», «Химическая технология лекарственных форм и косметических средств», «Химическая технология синтеза биологически активных соединений». Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем при подготовке выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИУК-1.2. Осуществляет поиск и критический анализ необходимой информации, обобщает результаты анализа для решения поставленной задачи.

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

31.1. Основные закономерности и способы математического описания технологических процессов и их совокупностей.

Уметь:

У1.1. Обобщать результаты анализа литературных данных, полученных в ходе изучения предмета, с целью объективного математического описания изучаемых технологических процессов и их совокупностей.

Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:

УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИУК-2.1. *Определяет совокупность задач в рамках поставленной цели проекта.*

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

32.1. Расчетные методы перехода от процесса в лабораторных условиях к промышленным.

Уметь:

У2.1. Проводить планирование выбора рациональных технологических режимов эксплуатации действующих производств.

Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:

ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.

Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:

ИОПК-4.1. *Использует знание основных принципов организации химического производства, его иерархической структуры, общих закономерностей организации и реализации химических процессов, основных химических производств при решении задач профессиональной деятельности.*

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

33.1. Типы аппаратов, применяемых в химической технологии и соответствующих им химические процессы.

Уметь:

У3.1. Использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции.

ИОПК-4.2. *Демонстрирует умение рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта и оценивать технологическую эффективность производства.*

Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций

Знать:

34.1. Основные характеристики химического процесса, рациональную схему производства заданного продукта и правила оценки технологической эффективности производства.

Уметь:

У4.1. Проводить расчеты основных параметров химического производства.

3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций

Проведение лекционных занятий; выполнение лабораторных работ; выполнение практических работ; выполнение курсовой работы; самостоятельная работа под руководством преподавателя.

4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
Общая трудоемкость дисциплины	7	252
Аудиторные занятия (всего)		120
В том числе:		
Лекции		45
Практические занятия (ПЗ)		30
Лабораторные работы (ЛР)		45
Самостоятельная работа обучающихся (всего)		96+36(экз)
В том числе:		
Курсовая работа		35
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к практическим занятиям		20
- подготовка к лабораторным занятиям		20
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		не предусмотрен
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		21+36(экз)
Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)		0

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. практикум	Сам. работа
1	Основы гидравлики. общие вопросы прикладной гидравлики в химической аппаратуре	19	3	3	4	6+3(экз)
2	Перемещение жидкостей (насосы). Перемещение и сжатие газов (компрессорные машины)	19	3	3	4	6+3(экз)

3	Разделение неоднородных систем	14	3	-	3	6+2 (экз)
4	Перемешивание в жидких средах	16	3	3	2	6+2 (экз)
5	Основы теплопередачи в химической аппаратуре	17	3	3	3	6+2 (экз)
6	Нагревание, охлаждение и конденсация	17	3	3	3	6+2 (экз)
7	Выпаривание	13	3	-	2	6+2 (экз)
8	Основы массопередачи	16	3	3	2	6+2 (экз)
9	Абсорбция	11	3	-	-	6+2 (экз)
10	Перегонка жидкостей	13	3	-	2	6+2 (экз)
11	Экстракция	11	3	-	-	6+2 (экз)
12	Адсорбция	11	2	-	2	5+2 (экз)
13	Сушка	11	2	-	2	5+2 (экз)
14	Кристаллизация	9	2	-	-	5+2 (экз)
15	Искусственное охлаждение	17	2	6	2	5+2 (экз)
16	Измельчение твердых материалов	19	2	3	7	5+2 (экз)
17	Классификация и сортировка материалов. Смешение твердых материалов	19	2	3	7	5+2 (экз)
Всего на дисциплину		252	45	30	45	96+36(экз)

5.2. Содержание дисциплины

МОДУЛЬ 1 «ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРИКЛАДНОЙ ГИДРАВЛИКИ В ХИМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЕ»

Основные определения. Физические свойства жидкостей. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Гидродинамика. Основные характеристики движения жидкостей. Уравнение Бернули. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Течение неньютоновских жидкостей. Гидродинамика кипящих (псевдоожиженных) зернистых слоев. Элементы гидродинамики двухфазных потоков. Структура потоков и распределение времени пребывания жидкости в аппаратах.

МОДУЛЬ 2 «ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ (НАСОСЫ). ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И СЖАТИЕ ГАЗОВ (КОМПРЕССОРНЫЕ МАШИНЫ)»

Основные параметры насосов. Напор насоса. Высота всасывания. Центробежные насосы. Поршневые насосы. Специальные типы поршневых и центробежных насосов. Сравнение и области применения насосов различных типов.

МОДУЛЬ 3 «РАЗДЕЛЕНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМ»

Неоднородные системы и методы их разделения. Материальный баланс процесса разделения. Отстаивание. Фильтрация. Центрифугирование. Разделение газовых систем.

МОДУЛЬ 4 «ПЕРЕМЕШИВАНИЕ В ЖИДКИХ СРЕДАХ»

Механическое перемешивание. Механические перемешивающие устройства. Пневматическое перемешивание. Перемешивание в трубопроводах. Перемешивание с помощью сопел и насосов.

МОДУЛЬ 5 «ОСНОВЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ХИМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЕ»

Тепловые балансы. Основное уравнение теплопередачи. Температурное поле и температурный градиент. Передача тепла теплопроводностью. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Численные значения коэффициентов теплопередачи. Сложная теплоотдача. Теплопередача. Нестационарный теплообмен.

МОДУЛЬ 6 «НАГРЕВАНИЕ, ОХЛАЖДЕНИЕ И КОНДЕНСАЦИЯ»

Нагревающие агенты и способы нагревания. Охлаждающие агенты, способы охлаждения и конденсации. Конструкции теплообменных аппаратов. Сравнительная характеристика теплообменных процессов. Конденсаторы смешения. Расчет теплообменных аппаратов. Расчет конденсаторов паров.

МОДУЛЬ 7 «ВЫПАРИВАНИЕ»

Однокорпусные выпарные установки. Многокорпусные выпарные установки. Устройство выпарных аппаратов. Расчет многокорпусных выпарных аппаратов.

МОДУЛЬ 8 «ОСНОВЫ МАССОПЕРЕДАЧИ»

Равновесие при массопередаче. Скорость массопередачи. Движущая сила массопередачи. Расчет основных размеров массообменных аппаратов. Массопередача с твердой фазой.

МОДУЛЬ 9 «АБСОРБЦИЯ»

Равновесие при абсорбции. Материальный и тепловой балансы абсорбции. Скорость абсорбции. Устройство абсорбционных аппаратов. Расчет абсорберов. Десорбция. Схемы абсорбционных установок.

МОДУЛЬ 10 «ПЕРЕГОНКА ЖИДКОСТЕЙ»

Характеристика двухфазных систем жидкость-пар. Простая перегонка. Ректификация. Специальные виды перегонки.

МОДУЛЬ 11 «ЭКСТРАКЦИЯ»

Процессы экстракции в системах жидкость-жидкость. Процессы растворения и экстракции в системах твердое тело-жидкость. Устройство и расчет экстракционных аппаратов.

МОДУЛЬ 12 «АДСОРБЦИЯ»

Характеристика адсорбентов и их видов. Равновесие при адсорбции. Динамика адсорбции. Устройство адсорберов и схемы адсорбционных установок. Расчет адсорберов. Ионообменные процессы.

МОДУЛЬ 13 «СУШКА»

Основные параметры влажного газа. Материальный и тепловой баланс сушки. Определение расходов воздуха и тепла на сушку. Специальные виды и типы сушилок.

МОДУЛЬ 14 «КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ»

Равновесие при кристаллизации. Скорость кристаллизации. Влияние условий кристаллизации на свойства кристаллов. Способы кристаллизации. Устройство кристаллизаторов. Расчеты кристаллов.

МОДУЛЬ 15 «ИСКУССТВЕННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ»

Термодинамические основы получения холода. Другие методы получения низких температур. Умеренное охлаждение. Глубокое охлаждение. Сравнение основных циклов глубокого охлаждения.

МОДУЛЬ 16 «ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Физико-механические основы измельчения. Расход энергии. Крупное дробление. Среднее и мелкое дробление. Тонкое измельчение. Сверхтонкое измельчение. Щековые, конусные, валковые, ударно-центробежные дробилки. Барабанные, кольцевые, для сверхтонкого измельчения мельницы.

МОДУЛЬ 17 «КЛАССИФИКАЦИЯ И СОРТИРОВКА МАТЕРИАЛОВ. СМЕШЕНИЕ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Грохочение. Гидравлическая классификация и воздушная сепарация. Смешение твердых тел.

5.3. Лабораторные работы

Таблица 3. Лабораторные работы и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели лабораторных работ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в часах
Модуль 1. Цель: Практически ознакомиться с некоторыми конструкциями тарелок и их работой. Приобрести навыки визуального определения различных гидродинамических процессов	Изучение гидродинамики на тарелках массообменных аппаратов	2
Модули 1, 2. Цель: Закрепление теоретических знаний по вопросам гидродинамических режимов движения жидкостей (газов) в условиях внутренней задачи	Исследование гидродинамических режимов движения жидкости по прямым гладким трубам	3
Модули 1, 2. Цель: Практическое ознакомление с работой и устройством установки для изучения параметров гидродинамики процесса псевдооживления	Изучение гидродинамики псевдооживленного слоя	3
Модули 2,3. Цель: Экспериментальным путем определить константы фильтрования	Определение констант фильтрования на барабанном вакуум-филт্রে	4
Модуль 3. Цель: Практическое ознакомление с работой осадительной шнековой центрифуги непрерывного действия НОТШ-325 и установление режима работы, обеспечивающего классификацию по крупности или разделение суспензии	Исследование процесса разделения суспензий в центрифуге непрерывного действия	2
Модули 4, 8. Цель: Практическое ознакомление с устройством фильтрующей центрифуги типа ФВБ-403-К-1: определение фактора разделения, индекса производительности, мощности на вале центрифуги, давления фильтрования, определение производительности центрифуги	Исследование работы фильтрующей центрифуги периодического действия	2
Модуль 5. Цель: Ознакомиться с практическим применением для целей теплообмена насыщенного	Исследование процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменнике	3

водяного пара в качестве горячего теплоносителя (греющего) и воды в качестве холодного теплоносителя(нагреваемого)		
Модули 5, 6. Цель: Экспериментальное определение коэффициента теплопередачи в аппарате воздушного охлаждения для воздуха при различных его расходах и получение обобщенной расчетной зависимости между критериями Nu и Re для воздушного потока	Исследование теплообмена в аппарате воздушного охлаждения	3
Модуль 7. Цель: Практическое ознакомление с процессом выпаривания и работой двухкорпусной выпарной установки непрерывного действия	Испытание двухкорпусной выпарной установки с определением коэффициентов теплопередачи	2
Модуль 10. Цель: Практическое ознакомление с процессом ректификации бинарных жидких смесей, устройством и работой ректификационной установки	Испытание ректификационной установки	4
Модуль 12. Цель: Закрепить теоретические знания по основам адсорбции как одного из массообменных процессов химической технологии; практически ознакомиться с одним из вариантов технологической и аппаратурной организации процесса адсорбционной сушки воздуха, а также, одним из наиболее распространенных адсорбентов – силикагелем	Исследование процесса сушки зернистых материалов в псевдооживленном слое	2
Модуль 13. Цель: Практическое ознакомление с работой и устройством сушки с кипящим (псевдооживленным) слоем высушиваемого материала	Исследование процесса сушки зернистых материалов в псевдооживленном слое	2
Модуль 15. Цель: Экспериментально в конкретных условиях определить холодопроизводительность, холодильный коэффициент, термодинамический КПД холодильной установки, затрачиваемую мощность и общий КПД компрессора	Изучение работы компрессионной фреоновой холодильной установки	2

Модули 16, 17. Цель: Экспериментальная проверка теоретической формулы измельчения материалов по величине затраты энергии на измельчение материала в щековой дробилке со сложным качанием щеки	Измельчение твердых материалов	3
Модули 16, 17. Цель: Ознакомление с процессом дозирования сыпучих материалов, с конструкцией и работой двухшнековых дозаторов непрерывного действия	Исследование процесса дозирования сыпучих материалов в двухшнековых дозаторах	2
Модули 16,17 Цель: Практическое ознакомление с работой механического перемешивающего устройства, закрепление теоретических основ гидромеханических процессов	Исследование затрат мощности, потребляемой механическими мешалками	2
Модули 16, 17. Цель: Практическое ознакомление работы вибрационного грохота	Исследование работы вибрационного грохота	2
Модули 16, 17. Цель: Практическое ознакомление с процессом смешения сыпучих материалов, с конструкцией и работой двухбарабанного механического смесителя	Исследование процесса смешения сыпучих материалов в барабанном смесителе	2

5.4. Практические занятия

Таблица 4. Тематика, форма практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

Порядковый номер модуля. Цели практических занятий	Примерная тематика занятий и форма их проведения	Трудоемкость в часах
Модули 1, 2. Цель: Теоретическое ознакомление с работой и устройством установки для изучения параметров гидродинамики процесса псевдооживления	Представление презентаций и решение задач по теме: изучение параметров гидродинамики процесса псевдооживления	6
Модули 4, 8. Цель: Теоретическое ознакомление с устройством фильтрующей центрифуги типа ФВБ-403-К-1: определение фактора разделения, индекса производительности, мощности на вале центрифуги, давления фильтрования, определение производительности центрифуги	Представление презентаций и решение задач по теме: определение фактора разделения, индекса производительности, мощности на вале центрифуги, давления фильтрования, определение производительности центрифуги.	6
Модули 5, 6. Цель: Теоретическое определение коэффициента теплопередачи в	Представление презентаций и решение задач по теме: определение коэффициента теплопередачи в аппарате	6

аппарате воздушного охлаждения для воздуха при различных его расходах и получение обобщенной расчетной зависимости между критериями Nu и Re для воздушного потока	воздушного охлаждения для воздуха при различных его расходах и получение обобщенной расчетной зависимости между критериями Nu и Re для воздушного потока	
Модуль 15. Цель: Теоретическое изучение методов расчета холодопроизводительности, холодильного коэффициента, термодинамического КПД холодильной установки, затрачиваемой мощности и общего КПД компрессора	Представление презентаций и решение задач по теме: определение холодопроизводительности, холодильного коэффициента, термодинамического КПД холодильной установки, затрачиваемой мощности и общего КПД компрессора	6
Модули 16, 17. Цель: Вывод теоретической формулы измельчения материалов по величине затраты энергии на измельчение материала в щековой дробилке со сложным качанием щеки	Представление презентаций и решение задач по теме: Классификация и сортировка материалов, смешение твердых материалов.	6

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

6.1. Цели самостоятельной работы

Основными целями самостоятельной работы бакалавров является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых, рациональных и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

6.2. Организация и содержание самостоятельной работы

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к лабораторным и практическим занятиям; подготовке курсовой работы, доклада и презентации; к текущему контролю успеваемости; подготовке к экзамену.

После вводных лекций, в которых обозначается содержание дисциплины, ее проблематика и практическая значимость, студентам выдаются задания на лабораторные и практические занятия. В рамках дисциплины выполняются 19 лабораторных работ. Студенты выполняют задания в часы СРС в течение семестра в соответствии с освоением учебных разделов. Защита выполненных заданий производится поэтапно в часы лабораторных занятий. Оценивание осуществляется путем устного опроса проводится по содержанию и качеству выполненного задания.

После вводных лекций студентам выдаются темы курсовой работы, определяется порядок подготовки доклада и презентации для его защиты.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература по дисциплине

1. Комиссаров Ю.А. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие: в составе учебно-методического комплекса / Ю.А. Комиссаров, Л.С. Гордеев, Д.П. Вент; под ред. Ю.А. Комиссарова. - Москва: Химия, 2011. - 1229 с. - (Для высшей школы) (УМК-У). - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-98109-082-0: 1650 р. - (ID=92529-12)

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов: в составе учебно-методического комплекса / А.Г. Касаткин. - Москва: Альянс, 2006. - 750 с.: ил. - (УМК-У). - Библиогр.: с. 715 - 718. - Текст: непосредственный. - ISBN 5-903034-04-7: 819 р. 50 к. - (ID=60291-9)

3. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для студентов хим.-технол. спец. вузов: в 2 кн.: в 2 ч. Ч. 2: Массообменные процессы и аппараты / Ю.И. Дытнерский. - 2-е изд. - Москва: Химия, 1995. - 368 с.: ил. - (Для высшей школы). - ISBN 5-7245-1007-3: 9 р. 40 к. - (ID=6395-39)

4. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для студентов хим.-технол. спец. вузов : в 2 ч. Ч. 1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю.И. Дытнерский. - 2-е изд. - Москва : Химия, 1995. - 400 с. : ил. - ISBN 5-7245-1006-5 : 9 р. 40 к. - (ID=6378-35)

7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учеб. пособие для вузов / П.Г. Романков [и др.]. - СПб.: Химия, 1993. - 496 с. - Текст: непосредственный. - ISBN 5-7245-0809-5: 2600 р. - (ID=104028-6)

2. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию: учеб. пособие для студентов хим.-технол. спец. вузов: в составе учебно-методического комплекса / Г.С. Борисов [и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. - 2-е изд.; перераб. и доп. - М.: Химия, 1991. - 496 с.: ил. - (УМК-У). - Текст: непосредственный. - 5 р. 89 к. - (ID=85889-28)

5. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / А.А. Безденежных [и др.]. - 6-е изд.; перераб. и доп. - Ленинград: Химия, 1990. - 271 с. - Текст: непосредственный. - 90 к. - (ID=107645-42)

6. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии: учебник для вузов по спец. "Машины и аппараты хим. пр-в" / А.Н. Плановский, П.И. Николаев. - 3-е изд.; доп. и испр. - Москва: Химия, 1987. - 496 с.: ил. - Библиогр.: с. 492 - 496. - Текст: непосредственный. - 1 р. 40 к. - (ID=57777-71)

7. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. - 10-е изд. ; доп. и перераб. - Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1987. - 576 с. : ил. - Текст : непосредственный. - 18 р. 53 к. - (ID=86163-58)

8. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; под ред. П.Г. Романкова. - 13-е изд. ; стер. - Москва : Альянс, 2006. - 575 с. : ил. - Библиогр. : с. 502 - 509. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-98535-020-7 : 447 р. 50 к. - (ID=60290-20)
9. Романков П.Г. Гидромеханические процессы химической технологии : в составе учебно-методического комплекса / П.Г. Романков, М.И. Курочкина. - 3-е изд. ; доп. и перераб. - Л. : Химия, 1982. - 287 с. - (Процессы и аппараты хим. и нефтехим. технологии). - Текст : непосредственный. - 1 р. 30 к. - (ID=108890-10)
10. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. пособие для хим.-технол. специальностей вузов . Кн. 1 / Н.И. Гельперин. - М. : Химия, 1981. - 384 с. - Текст : непосредственный. - 1 р. 10 к. - (ID=85680-65)
11. Гельперин, Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии : учеб. пособие. Кн. 2 / Н.И. Гельперин. - М. : Химия, 1981. - 384 с. - Текст : непосредственный. - 1 р. 20 к. - (ID=85681-60)
12. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / Т.И. Козлова [и др.]; под ред. П.Г. Романкова. - 5-е изд. ; перераб. - Л. : Химия, 1979. - 255 с. - Текст : непосредственный. - 70 к. - (ID=108939-17)

7.3. Методические материалы

1. Процессы и аппараты химических производств : учебно-метод. пособие / сост.: И.В. Бобров, Т.С. Копылова, В.В. Лебедев, В.В. Шелгунов ; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. МАХП ; под общ. ред. В.В. Бескорвайного. - Тверь : ТвГТУ, 2010. - Сервер. - CD. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/81754> . - (ID=81754-2)
2. Иванов, Г.Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие : в составе учебно-методического комплекса / Г.Н. Иванов; Иванов Г.Н. - Тверь : ТвГТУ, 2015. - (УМК-У). - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0769-5 : 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/108787> . - (ID=108787-1)
3. Иванов, Г.Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие : в составе учебно-методического комплекса / Г.Н. Иванов; Тверской государственный технический университет. - Тверь : ТвГТУ, 2015. - 167 с. : ил. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0769-5 : [б. ц.]. - (ID=64304-65)
4. Учебно-методический комплекс дисциплины "Процессы и аппараты химической технологии" направления подготовки 18.03.01 Химическая технология. Направленность (профиль): Химическая технология синтетических биологически активных веществ, Химическая технология высокомолекулярных соединений : ФГОС 3++ / Каф. Биотехнологии, химии и стандартизации ; сост. В.Ю. Долуда. - 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/116125> . - (ID=116125-1)

7.4. Программное обеспечение по дисциплине

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 p. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/116125>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» используются современные средства обучения, возможна демонстрация лекционного материала с помощью проектора. Аудитория для проведения лекционных занятий, проведения защит и презентаций курсовых работ оснащена современной компьютерной и офисной техникой, необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно-правовой поисковой системой, имеющей выход в глобальную сеть.

Для проведения лабораторного практикума используется специально оборудованная учебная лаборатория. В таблице 5 представлен рекомендуемый перечень материально-технического обеспечения лабораторного практикума по дисциплине.

Таблица 5. Рекомендуемое материально-техническое обеспечение дисциплины

№	Рекомендуемое материально-техническое обеспечение дисциплины
---	--

пп	
	Лабораторные установки и стенды
1	Лаб. установка Барабанный вакуум-фильтр
2	Лаб. установка «Двухкорпусная выпарная установка»
3	Лаб. установка для изучения гидродинамики на тарелках массообменных аппаратов
4	Лаб. установка для исследования процесса разделения суспензий в центрифуге непрерывного действия
5	Лаб. установка Измельчение твердых материалов
6	Лаб. установка Изучение работы компрессионной фреоновой холодильной установки
7	Лаб. установка «Исследование процессов теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменнике»
8	Лаб. установка «Исследование процесса дозирования сыпучих материалов в двухшнековых дозаторах»
9	Лаб. установка «Исследование затрат мощности, потребляемой механическими мешалками»
10	Лаб. установка «Исследование работы вибрационного грохота»
11	Лаб. установка «Исследование процесса смешения сыпучих материалов в барабанном смесителе»
12	Лаб. установка «Испытания ректификационной установки»
13	Лаб. установка «Исследование работы фильтрующей центрифуги периодического действия»
14	Лаб. установка «Изучение гидродинамики псевдооживленного слоя»
15	Лаб. установка «Исследование процесса сушки зернистых материалов в псевдооживленном слое»
16	Лаб. установка «Исследование работы электрического калорифера для нагрева воздуха»
17	Лаб. установка «Исследование гидродинамических режимов движения жидкости по прямым гладким трубам»
18	Лаб. установка «Исследование теплообмена в аппарате воздушного охлаждения»
19	Лаб. установка «Испытание адсорбционной установки для осушки воздуха»
	Лабораторное оборудование
1	Механические мешалки
2	Механические центрифуги
3	Барабанный смеситель
4	Электрический калорифер
5	Выпарная установка
6	Кожухотрубчатый теплообменник
7	Весы технические
8	Весы аналитические
9	Весы седиментационные
10	Шкаф суховоздушный
11	Муфельная печь
12	Рефрактометры
13	Стандартные наборы химических реактивов
14	Стандартные наборы химической стеклянной посуды
15	Стандартные наборы мерной стеклянной посуды
	Стандартные измерительные приборы
1	Стандартные измерительные приборы для измерения температуры

9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 20. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность экзамена – 60 минут.

2. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

3. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

выше базового – 2;

базовый – 1;

ниже базового – 0;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

4. Вид экзамена – письменный экзамен, включающий решение задач с использованием справочного материала и непрограммируемого калькулятора.

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамен

1. Цель, предмет и задачи курса процессов и аппаратов. Понятие процесса и технологии.

2. Классификация основных процессов химической технологии (в зависимости от законов, определяющих скорость их протекания; по способу организации; в зависимости от изменения параметров во времени).

3. Идеализированные модели структуры потоков. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов. Материальный и энергетический балансы.

4. Движущая сила, скорость и интенсивность процесса. Основное уравнение процесса.

5. Гидростатика и предмет ее изучения. Понятие идеальной и реальной жидкости, их свойства. Капельные и упругие жидкости. Физические свойства жидкостей.

6. Классификация сил, действующих в жидкости. Гидростатическое давление и его свойства, единицы измерения в системе СИ.

7. Понятие абсолютного, внешнего (атмосферного), избыточного давления и величины вакуума. Физические и технические атмосферы, соотношения между различными единицами давления.

8. Основное уравнение гидростатики, его геометрическая и энергетическая интерпретация.

9. Уравнение Паскаля. Давление на дно и стенку сосуда.

10. Практические приложения основного уравнения гидростатики: принцип сообщающихся сосудов, пневматический измеритель уровня, работа гидравлического пресса.

11. Гидродинамика и предмет ее изучения. Внутренняя, внешняя и смешанная задачи гидродинамики. Понятие вязкости, мгновенной и средней скорости, расхода жидкости, единицы их измерения в системе СИ. Уравнения расхода.

12. Уравнение неразрывности (сплошности) потока.

13. Опыты Рейнольдса, режимы движения жидкостей и их характеристика, понятие эквивалентного диаметра и его расчет.

14. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости Л.Эйлера.

15. Уравнение Д.Бернулли для идеальной жидкости (вывод), геометрический и энергетический смысл членов этого уравнения.

16. Уравнение Д.Бернулли для реальной жидкости, его физическая и геометрическая интерпретации.

17. Использование уравнения Бернулли для расчета процесса истечения жидкости из отверстия при постоянном уровне заполнения.

18. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Понятие местного сопротивления, типы местных сопротивлений, расчет потерь напора и давления на местных сопротивлениях.

19. Режимы трения жидкостей и их характеристика. Понятие абсолютной и относительной шероховатости, гладкости трубопровода. Расчет потерь напора и давления на трение.

20. Основы теории подобия, ее преимущества. Физическое и математическое моделирование. Условия и теоремы подобия.

21. Геометрическое, физическое, временное подобие. Подобие начальных и граничных условий. Понятие коэффициента подобия, инвариантов, симплексов и критериев подобия.

22. Подобие гидродинамических процессов. Обработка уравнения Навье-Стокса методом анализа размерностей. Критерии гидродинамического подобия. Обобщенное критериальное уравнение.

23. Классификация насосов. Основные параметры насоса: подача, напор, потребляемая мощность, КПД.

24. Схема насосной установки и ее описание. Напор, создаваемый насосом для проектируемой и действующей установки. Расчет напора по показаниям манометра и вакуумметра.

25. Расчет предельно допустимой высоты всасывания насоса. Явление кавитации. Выбор насоса.

26. Последовательное и параллельное включение насосов. Способы регулирования подачи насосов.

27. Устройство и принцип действия центробежного насоса, характеристики насоса при постоянном числе оборотов. Определение рабочей точки при работе насоса на трубопровод. Формулы пропорциональности.

28. Осевые, вихревые и шестеренчатые насосы. Устройство и принцип действия. Преимущества и недостатки.

29. Поршневые насосы: классификация, устройство, принцип действия, область применения. График подачи.

30. Перемещение и сжатие газов. Классификация компрессорных машин.

31. Термодинамические основы работы компрессоров.

32. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.

33. Теоретическая удельная работа, затрачиваемая на сжатие газа в компрессорной машине. Подача и мощность поршневого компрессора. Объемный КПД поршневого компрессора. Число ступеней сжатия.

34. Гидромеханические процессы. Понятие неоднородной системы. Классификация неоднородных систем.

35. Цели процесса разделения неоднородных систем. Выбор методов разделения. Классификация методов разделения неоднородных систем.

36. Материальный баланс процесса разделения. Стесненное осаждение.

37. Физические основы разделения неоднородных систем под действием силы тяжести. Режимы осаждения и их характеристика.

38. Осаждение частиц под действием силы тяжести. Расчет скорости осаждения частиц в любом режиме, недостаток метода. Формула Стокса.

39. Метод Лященко. Диаграмма Лященко. Порядок расчета скорости осаждения по диаграмме Лященко.

40. Сущность процесса отстаивания. Схема процесса отстаивания на примере простого отстойника-сгустителя. Расчет отстойника-сгустителя.

41. Классификация отстойников. Устройство и принцип работы отстойников: с наклонными перегородками, с гребковой мешалкой.

42. Классификация отстойников. Устройство и принцип работы отстойника для разделения эмульсий.

43. Очистка газов. Устройство и принцип работы пылеосадительной камеры. Расчет пылеосадительной камеры.

44. Физическая сущность мокрой очистки газов. Способы осуществления контакта запыленного газа с жидкостью. Устройство и принцип работы скруббера Вентури.

45. Устройство и принцип работы полого и насадочного скрубберов. Расчет аппаратов мокрой очистки газов.

46. Физические основы фильтрования (понятия: фильтрата, осадка; типы фильтрующих перегородок и требования, предъявляемые к ним; типы образующихся осадков; виды фильтрования и их характеристика).

47. Принципиальная схема фильтрования. Классификация фильтров. Движущая сила фильтрования и способы ее создания.

48. Дифференциальное уравнение фильтрования. Физический смысл входящих в него величин.

49. Уравнение фильтрования при постоянной движущей силе процесса (вывод).

50. Уравнение фильтрования при постоянной скорости процесса (вывод). Уравнение фильтрования при постоянных перепаде давления и скорости процесса (вывод).

51. Экспериментальное определения констант сжимаемых осадков. Определение показателя сжимаемости.

52. Классификация конструкций фильтров. Устройство и принцип работы нутч – фильтра, характеристика стадий процесса.

53. Конструкции фильтров для очистки газовых систем. Устройство и принцип работы рукавного фильтра.

54. Расчет фильтров. Расчет периодически действующих фильтров. Устройство и принцип работы вертикального листового фильтра.

55. Расчет непрерывно действующих фильтров. Устройство и принцип работы барабанного вакуум-фильтра.

56. Физические основы электроочистки газов. Сущность метода электроосаждения. Формы электродов для создания неоднородного электрического поля.

57. Скорость электроосаждения. Расчет электрофильтра. Устройство и принцип работы трубчатого электрофильтра.

58. Принцип разделения неоднородных систем в электрофильтрах. Устройство и принцип работы пластинчатого электрофильтра.

59. Разделение неоднородных систем под действием центробежной силы. Скорость осаждения под действием центробежной силы.

60. Определение скорости центробежного осаждения при ламинарном режиме. Фактор разделения. Определение скорости центробежного осаждения по методу Лященко.

61. Конструкции простейшего и батарейного циклонов. Преимущества и недостатки циклонов. Расчет циклонов.

62. Центрифугирование. Классификация центрифуг. Фактор разделения. Принцип работы отстойных центрифуг. Приведите схему и опишите конструкцию подвесной отстойной центрифуги.

63. Центрифугирование. Принцип работы фильтрующих центрифуг. Приведите схему и опишите конструкцию фильтрующей центрифуги с пульсирующим поршнем.

64. Приведите схему и опишите конструкцию центрифуги со шнековым устройством для выгрузки осадка. Расчет центрифуг.

65. Применение процесса центрифугирования для разделения эмульсий. Приведите схему и опишите принцип работы тарельчатого сепаратора.

66. Перемешивание в жидких средах. Цели процесса перемешивания. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность процесса.

67. Механическое перемешивание. Классификация мешалок. Конструкции механических мешалок, их характеристика.

68. Пневматическое и циркуляционное перемешивание. Перемешивание в трубопроводах.

69. Определение мощности, затрачиваемой на перемешивание. Расчет рабочей мощности механической мешалки (с выводом). Расчет пусковой мощности мешалки. Расчет мощности двигателя.

70. Основное критериальное уравнение процесса перемешивания с модифицированными критериями подобия. Режимы перемешивания. Определение констант критериального уравнения.

71. Принцип псевдооживления. Достоинства и недостатки кипящего слоя. Области применения. Типы зернистых слоев.

72. Разновидности псевдооживленного слоя.

73. Основные характеристики псевдооживленного слоя.

74. Кривые псевдооживления. Расчет критических и оптимальной рабочей скоростей.

75. Основные конструкции аппаратов с псевдооживленным слоем. Расчет аппаратов с псевдооживленным слоем.

76. Три способа переноса теплоты. Физические основы теплопередачи, основные понятия и определения. Тепловые балансы.

77. Передача теплоты теплопроводностью. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл, размерность.

78. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности, его физический смысл, размерность.

79. Уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенок.

80. Уравнения теплопроводности плоской многослойной и цилиндрической многослойной стенок.

81. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа. Определение количества теплоты при взаимном излучении двух твердых тел.

82. Конвективный теплообмен. Закон теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, размерность. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи.

83. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.

84. Тепловое подобие. Основные критерии подобия и их физический смысл. Обобщенное критериальное уравнение.

85. Теплоотдача при конденсации паров и кипении жидкостей.

86. Теплопередача как сложный вид теплообмена. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи, его физический смысл, размерность и расчет.

87. Взаимные направления движения теплоносителей. Определение средней движущей силы процесса теплопередачи при различных взаимных направлениях теплоносителей.

88. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Разновидности конструкций, области применения.

89. Классификация теплообменных аппаратов. Спиральные, пластинчатые, оросительные теплообменники. Области применения.

90. Нагревающие агенты и способы нагревания.

91. Охлаждающие агенты, способы охлаждения и конденсации.
92. Физические основы выпаривания. Способы выпаривания.
93. Однокорпусное выпаривание. Тепловой и материальный балансы.
94. Температурные потери и полезная разность температур. Расчет температуры кипения раствора.
95. Физическая сущность многокорпусного выпаривания. Определение оптимального числа корпусов выпарной установки.
96. Материальный и тепловой балансы многокорпусных установок.
97. Классификация массообменных процессов. Основные понятия и определения. Способы выражения составов фаз.
98. Равновесие между фазами. Линия равновесия. Правило фаз. Закон Генри. Закон Рауля.
99. Материальный баланс массообменного аппарата (на примере противоточного абсорбера). Уравнение рабочей линии. Направление массопередачи и движущая сила массообменного процесса.
100. Молекулярная диффузия. Первый и второй законы Фика. Коэффициент молекулярной диффузии, его физический смысл и от каких факторов он зависит.
101. Массоотдача. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
102. Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи. Понятие фазовых сопротивлений.
103. Уравнение массопередачи при переменной движущей силе процесса. Расчет среднего значения движущей силы процесса массопередачи. Число единиц переноса.
104. Подобие диффузионных процессов. Критерии диффузионного подобия. Обобщенное критериальное уравнение конвективного массообмена.
105. Абсорбция: физическая сущность и разновидности процесса. Закон равновесия при абсорбции. Тепловой эффект абсорбции. Материальный баланс противоточного абсорбера.
106. Уравнение рабочей линии противоточного абсорбера. Влияние удельного расхода абсорбента на габариты аппарата.
107. Классификация абсорбционных аппаратов. Конструкции поверхностных и насадочных абсорберов.
108. Классификация абсорбционных аппаратов. Конструкции насадочных и барботажных абсорберов. Типы тарелок.
109. Дистилляция и ректификация: назначение и физическая сущность процессов. Иллюстрация принципа осуществления этих процессов на диаграмме температура-состав.
110. Простая дистилляция. Варианты осуществления и области применения процесса. Схема установки. Материальный баланс процесса.
111. Физические основы непрерывной ректификации. Схема установки и ее принцип работы. Общий материальный баланс.
112. Схема ректификационной установки непрерывного действия и ее принцип работы. Материальный баланс верхней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций для этой части.

113. Схема ректификационной установки непрерывного действия и ее принцип работы. Материальный баланс нижней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций для этой части.

114. Изображение процесса непрерывной ректификации на У-Х диаграмме. Построение рабочих линий, определение теоретического и действительного числа тарелок.

115. Сушка. Физическая сущность процесса. Способы тепловой сушки. Формы связи влаги с материалом.

116. Основные параметры влажного воздуха. I-х диаграмма влажного воздуха.

117. I-х диаграмма влажного воздуха. Изображение теоретического процесса сушки на I-х диаграмме. Определение температуры мокрого термометра и точки росы.

118. Способы количественной оценки влагосодержания материала. Материальный баланс процесса сушки.

119. Тепловой баланс воздушной калориферной сушилки. Изображение действительного процесса сушки на I-х диаграмме. Определение расхода воздуха и теплоты на сушку.

120. Изображение вариантов сушильного процесса I-х диаграмме: сушка с промежуточным подогревом воздуха по зонам, сушка с частичной рециркуляцией отработанного воздуха. Определение расхода воздуха и теплоты.

121. Кинетические закономерности процесса сушки. Скорость сушки. Кривые сушки и скорости сушки, температурная кривая. Их анализ. Периоды процесса сушки.

122. Конструкции туннельной и барабанной сушилок.

123. Конструкции ленточной и вальцевой сушилок.

124. Конструкции сушилок кипящего слоя и распылительной.

125. Биореактора классификация, конструкция, типы.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы и решенных на компьютере задач задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы

1. Шкала оценивания курсовой работы – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Примерная тематика курсовой работы.

Темы курсовых работ основаны на выполнении основных расчетов реакционного оборудования. Варианты с исходными данными представлены в таблице 6. Основная схема реактора представлена на рисунке 1.

Цель: Научиться проводить расчеты емкостного оборудования для проведения химических процессов, обосновывать подбор их геометрических параметров и проводить их подбор на основе установленных стандартов.

Задание 1. Рассчитать основные конструктивные и энергетические показатели реактора общим объемом $V \text{ м}^3$ (Рисунок 1). Реактор предназначен для проведения процесса этерификации олеиновой кислоты этиловым спиртом. Плотность среды $\rho_{\text{ср}}$ кг/м³, динамическая вязкость среды $\mu_{\text{ср}}$ (н с)/м², теплоемкость среды $c_{\text{ср}}$ Дж/(кг К), коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{ср}}$ Вт/(м К), коэффициент заполнения аппарата К, рабочее избыточное давление $P_{\text{пара}}$, атм. Произвести расчет одноступенчатого редуктора привода мешалки. Предоставить чертежи 1 – реактор – общий вид (Чертеж в автокаде или компасе формат чертежа А1), редуктор сборочные чертеж (Чертеж от руки в формате А1).

Таблица 6. Исходные данные к индивидуальному заданию 1.1

№	$V, \text{ м}^3$	$\rho_{\text{ср}}, \text{ кг/м}^3$	$\mu_{\text{ср}}, \text{ (н с)/м}^2$	$c_{\text{ср}}, \text{ Дж/(кг К)}$	$\lambda_{\text{ср}}, \text{ Вт/(м К)}$	К	$P_{\text{изб. пара}}, \text{ атм}$
1	0.1	1010	0.0011	4186	0.6	0.5	0.5
2	0.2	1020	0.0012	4196	0.65	0.525	1
3	0.3	1030	0.0013	4216	0.7	0.55	1.5
4	0.4	1040	0.0014	4226	0.75	0.575	2
5	0.5	1050	0.0015	4236	0.8	0.6	2.5
6	0.6	1060	0.0016	4246	0.85	0.625	3
7	0.7	1070	0.0017	4256	0.9	0.65	3.5
8	1	1010	0.0011	4186	0.6	0.5	4
9	2	1020	0.0012	4196	0.65	0.525	0.5
10	3	1030	0.0013	4216	0.7	0.55	1
11	4	1040	0.0014	4226	0.75	0.575	1.5
12	5	1050	0.0015	4236	0.8	0.6	2
13	6	1060	0.0016	4246	0.85	0.625	2.5
14	7	1070	0.0017	4256	0.9	0.65	3
15	20	1010	0.0011	4186	0.6	0.5	3.5
16	25	1020	0.0012	4196	0.65	0.525	4
17	30	1030	0.0013	4216	0.7	0.55	0.5
18	35	1040	0.0014	4226	0.75	0.575	1
19	40	1050	0.0015	4236	0.8	0.6	1.5

20		45	1060	0.0016	4246	0.85	0.625	2
----	--	----	------	--------	------	------	-------	---

Студент по согласованию с преподавателем может самостоятельно выбрать объект курсовой работы на базе организации или предприятия, на котором проводится практика или научно-исследовательская работа.

Курсовая работа может являться этапом подготовки к написанию ВКР.

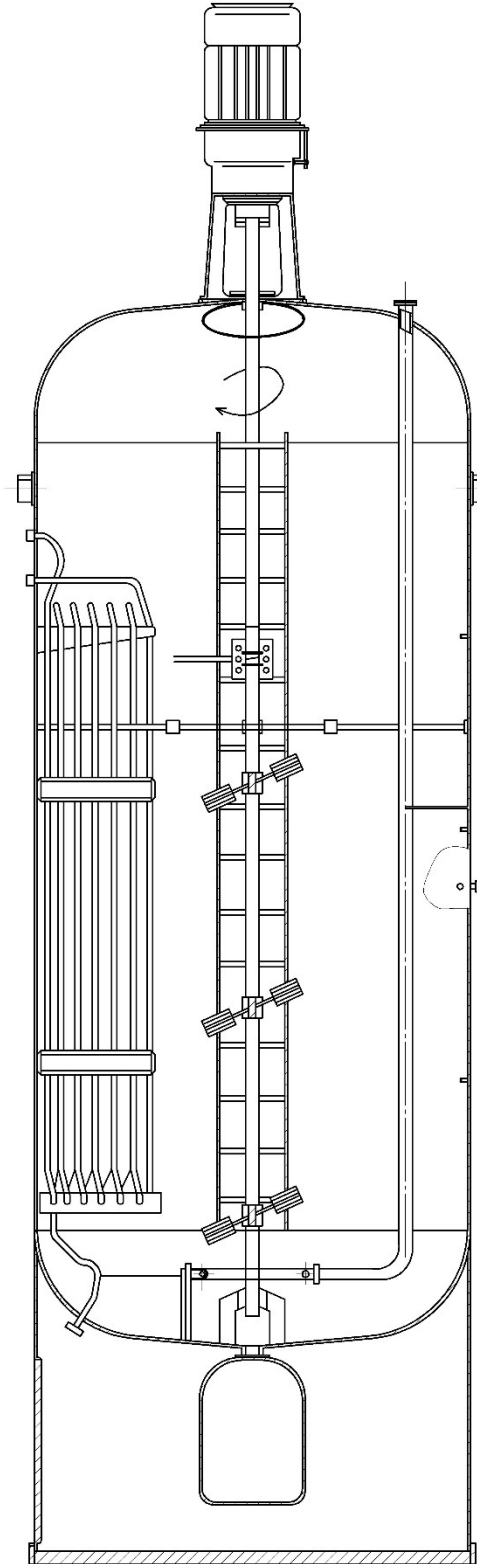


Рисунок 1. Схема реактора к заданию 1

3. Критерии итоговой оценки за курсовую работу.

Таблица 7. Оцениваемые показатели для проведения промежуточной аттестации в форме курсовой работы

№ раздела	Наименование раздела	Баллы по шкале уровня
	Термины и определения	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Введение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
1	Общая часть (обзор литературы и нормативно-технических документов по теме курсовой работы)	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
2	Специальная часть (расчет, проектирование и подготовка комплектов эскизной и рабочей конструкторской документации, включающей сборочный чертеж, чертеж аксонометрической проекции, спецификацию и чертежи общего вида всех нестандартных деталей)	Выше базового – 6 Базовый – 3 Ниже базового – 0
	Заключение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Список использованных источников	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0
	Приложения (при необходимости)	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового – 0

Критерии итоговой оценки за курсовую работу:

«отлично» – при сумме баллов от 19 до 22;
 «хорошо» – при сумме баллов от 15 до 18;
 «удовлетворительно» – при сумме баллов от 11 до 15;
 «неудовлетворительно» – при сумме баллов менее 11, а также при любой другой сумме, если по разделам «Общая часть» или «Специальная часть» работа имеет 0 баллов.

4. В процессе выполнения курсовой работы руководитель осуществляет систематическое консультирование.

5. Дополнительные процедурные сведения:

- студенты выбирают тему для курсовой работы самостоятельно из предложенного списка и согласовывают свой выбор с преподавателем в течение двух первых недель обучения;

- проверку и оценку работы осуществляет руководитель, который доводит до сведения обучающего достоинства и недостатки курсовой работы, и ее

оценку. Оценка проставляется в зачетную книжку обучающегося и ведомость для курсовой работы. Если обучающийся не согласен с оценкой руководителя, проводится защита работы перед комиссией, которую назначает заведующий кафедрой;

- защита курсовой работы проводится в течение двух последних недель семестра и выполняется в форме устной защиты в виде доклада и презентации на 5-7 минут с последующим ответом на поставленные вопросы, в ходе которых выясняется глубина знаний студента и самостоятельность выполнения работы;
- работа не подлежит обязательному внешнему рецензированию;
- курсовые работы хранятся на кафедре в течение трех лет.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечиваются электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению практических работ, всех видов самостоятельной работы.

В учебный процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов» форме.

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

Направление подготовки бакалавров – 19.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль) – Химическая технология синтетических
биологически активных веществ
Кафедра «Биотехнологии, химии и стандартизации»
Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии»
Семестр 6

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Задание для проверки уровня «знать» – или 0, или 1, или 2 балла:
Классификация основных процессов химической технологии (в зависимости от законов, определяющих скорость их протекания; по способу организации; в зависимости от изменения параметров во времени).
2. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:
Основное критериальное уравнение процесса перемешивания с модифицированными критериями подобия. Режимы перемешивания. Определение констант критериального уравнения.
3. Задание для проверки уровня «уметь» – или 0, или 2 балла:
Рассчитать схему ректификационной установки непрерывного действия и описать принцип ее работы. Рассчитать материальный баланс верхней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций для этой части.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

- «отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
- «хорошо» - при сумме баллов 4;
- «удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
- «неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2 балла;

Составитель: проф. кафедры БХС

В.Ю. Долуда

Заведующий кафедрой БХС

М.Г. Сульман