

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Механико-технологический факультет

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан МТФ

профессор, к.т.н. Буров
Владимир Григорьевич

“ ” г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты химической технологии

ООП: специальность 240802.65 Основные процессы химических производств и химическая кибернетика

Шифр по учебному плану: ОПД.Ф.5

Факультет: механико-технологический очная форма обучения

Курс: 3, семестр: 5 6

Лекции: 102

Практические работы: 16 Лабораторные работы: 68

Курсовой проект: 6 Курсовая работа: - РГЗ: 5

Самостоятельная работа: 163

Экзамен: 6 Зачет: 5

Всего: 357

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании _Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 655400 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. (№ 220 тех/дс от 27.03.2000)

ОПД.Ф.5, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Технологические процессы и аппараты протокол № 5/11 от 21.06.2011

Программу разработал

доцент, к.т.н.

Крутский Юрий Леонидович

Заведующий кафедрой

профессор, д.т.н.

Кувшинов Геннадий Георгиевич

Ответственный за основную образовательную программу

профессор, д.т.н.

Кувшинов Геннадий Георгиевич

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
ОПД.Ф.05	Процессы и аппараты химической технологии: основы теории переноса количества движения, энергии, массы; теории физического и математического моделирования процессов химической технологии; гидродинамика и гидродинамические процессы: основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков, сжатие и перемешивание газов, разделение жидких и газовых неоднородных систем, перемешивание в жидких средах; тепловые процессы и аппараты: основы теории передачи теплоты, промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре; массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии.	357

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	Государственный образовательный стандарт (ГОС) по направлению 655400 "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии".
Адресат курса	Студенты направления 655400 "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" специальностей 240801 "Машины и аппараты химических производств", и 240802 "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика"
Основная цель (цели) дисциплины	На основе анализа теоретических закономерностей протекания гидравлических, тепловых и массообменных процессов изучить принципиальные схемы работы основных циклов и аппаратов химической технологии и энергетических установок

Ядро дисциплины	Курс условно разбит на четыре практически равные части. В первой части рассматриваются общие вопросы прикладной гидравлики в химическо-технологических и энергетических установках; во второй - тепловые процессы, протекающие в аппаратах химической технологии; в третьей - массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры; в четвертой - массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз.
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	Дисциплины, предшествующие по учебному плану: Физика, Процессы переноса в сплошных средах. Последующие дисциплины учебного плана Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Для успешного изучения курса студенту необходимо знать основы курсов: физика, процессы переноса в сплошных средах
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Обсуждение на лекционных занятиях ряда вопросов (снижение себестоимости химической продукции, увеличение скорости процесса, выбор реактора и т.д.) в форме дискуссии.

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	О сущности, основных факторах и характеристиках, влияющих на производительность и экономичность действующих промышленных установок для осуществления процессов массообмена через полунепроницаемые перегородки (мембраны), адсорбции, сушки, растворения и экстрагирования, кристаллизации, абсорбции, перегонки, жидкостной экстракции.
знать	
2	Математические модели процессов, протекающих в аппаратах химической технологии, для определения и оптимизации основных параметров проектируемого технологического оборудования, а также расширения технологических возможностей действующего оборудования
3	Основные методы расчета гидравлических сопротивлений типовых аппаратов для проведения процессов химической технологии
4	Основные конструкции аппаратов для перемещения жидкостей, разделения неоднородных систем и перемешивания жидких сред при проведении процессов химической технологии
5	Основные методы расчета типовых аппаратов для проведения массообменных процессов химической технологии
6	Основные конструкции аппаратов для осуществления массообменных процессов химической технологии
уметь	
7	Физически и математически моделировать технологические процессы, протекающих в энергетических установках и аппаратах химической технологии
8	Проводить гидравлический и тепловой расчет современного технологического оборудования;
иметь опыт (владеть)	
9	Выполнять расчеты типовых технологических массообменных процессов с использованием ЭВМ

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 5		
Модуль: Теория физического и математического моделирования процессов химической технологии		
Дидактическая единица: теории физического и математического моделирования процессов химической технологии;		

Классификация процессов по кинетическим закономерностям, протеканию во времени и организационно- технологическому признаку. Уравнение Хагена-Пуазейля. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и	8	1, 2, 3, 4
Модуль: Гидродинамика и гидродинамические процессы		
Дидактическая единица: основы теории переноса количества движения, энергии, массы;		
Пленочное течение жидкостей. Гидродинамика барботажа Диспергирование жидкостей. Принципы и устройства. Перемешивание жидких сред. Принципы и устройства. Расход энергии на перемешивание. Модели	8	2, 3, 4, 5, 8
Модуль: Гидродинамические аппараты		
Дидактическая единица: гидродинамика и гидродинамические процессы: основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков,		
Разделение неоднородных систем. Типы неоднородных систем. Осаждение. Типы отстойников и принципы их действия. Осаждение под действием центробежных сил. Циклоны и отстойные центрифуги. Очистка газ	10	3, 4, 8
Модуль: Тепловые процессы		
Дидактическая единица: тепловые процессы и аппараты: основы теории передачи теплоты,		
Основные виды теплообмена. Передача тепла теплопроводностью при разных граничных условиях. Физические свойства жидкостей и их зависимость от параметров состояния. Ньютоновские и неньютоновские	24	2, 5, 6, 7
Модуль: Тепловые аппараты		
Дидактическая единица: промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре;		
Теплоотдача при непосредственном контакте теплоносителей. Конструктивные особенности теплообменных аппаратов. Гидравлический расчет и испытания.	4	2, 5, 6, 7
Семестр: 6		
Модуль: Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз		
Дидактическая единица: массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция);		
Классификация массообменных процессов. Основное кинетическое уравнение массопереноса.	22	1, 2, 5, 6, 7, 9

Материальный баланс, уравнение рабочей линии, фазовое равновесие. Молекулярная диффузия, I-ый закон Фика.		
Модуль: Массообменные процессы и аппараты в системах с неподвижной границей раздела фаз		
Дидактическая единица: массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии.		
Массообмен между жидкостью, газом (паром) и твердым телом. Массоперенос во внешней и твердой фазах. Элементарные процессы переноса массы в пористых телах: диффузия в твердом теле, конвективный пере	26	1, 2, 5, 6, 7, 9

Практические занятия

Таблица 4.2

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 6			
Дидактическая единица: адсорбция,			
Моделирование процесса эволюции волны сорбции	Анализируя аналитические решения уравнений материального баланса и кинетики адсорбции: а) получает зависимость для стационарной нелинейной волны сорбции в случае выпуклых изотерм адсорбции (уравнения Ленгмюра, Фрейндлиха) б) рассчитывает скорость процесса адсорбции и ширину фронта волны.	4	2, 5, 6, 7, 9
Моделирование неизотермической адсорбции в колонке	Изучает возможности получения аналитических и простых численных решений системы уравнений материального и теплового баланса, кинетики адсорбции при конкретных значениях величины	4	2, 5, 6, 7, 8

	удельной теплоты сорбции и коэффициентов внешней теплоотдачи		
Дидактическая единица: растворение и кристаллизация;			
Моделирование процесса кристаллизации металлов	Получает численные решения уравнений кинетики, материального и теплового баланса. Решает задачу Стефана-Больцмана с подвижной границей.	4	2, 5, 6, 7, 8
Дидактическая единица: сушка,			
Расчет времени сушки различных пористых материалов	Рассчитывает процесс сушки для принципиально различных материалов (картон, ткани, керамика, глины, сухари), проводя интерполяции соответствующих фазовых диаграмм.	4	2, 5, 6, 7, 9

Лабораторная работа

Таблица 4.3

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 5			
Дидактическая единица: гидродинамика и гидродинамические процессы:			
Изучение гидравлического сопротивления трубопровода	На экспериментальной установке студент изучает влияние изменения нивелирного напора на гидравлическое сопротивление трубопровода сложной формы с различными скоростями жидкости на входе. Результаты измерений обрабатываются на ЭВМ	4	3, 8
Дидактическая единица: Гидродинамическая структура потоков,			

Изучение осаждения частиц в гравитационном поле	На лабораторной установке, состоящей из пробирки с вязкой жидкостью, набором шариков различного диаметра, изготовленных из разного материала, определяет установившиеся скорости падения шариков в жидкости. Результаты экспериментов обрабатываются на ЭВМ.	4	2, 9
Дидактическая единица: перемешивание в жидких средах;			
Гидродинамика псевдооживленных слоев	На экспериментальной установке студент получает кривую псевдооживления. Используя программу MathCad, рассчитывает основные гидродинамические параметры псевдооживленного слоя	4	3, 4, 8
Дидактическая единица: разделение жидких и газовых неоднородных систем,			
Изучение работы барабанного вакуум-фильтра	Используя программу MathCad, рассчитывает производительность барабанного вакуум - фильтра в зависимости от параметров разделяемой среды	4	4, 5, 8, 9
Дидактическая единица: основы теории передачи теплоты,			
Тепловые потери здания	Используя программу MathCad, рассчитывает реальные тепловые потери здания. Параметры здания и температурные условия задаются студентом.	4	5, 7, 8, 9
Расчет поверхностного конденсатора	Используя программу MathCad, рассчитывает тепломассообмен в кожухотрубном	4	5, 7, 8, 9

	конденсаторе поверхностного типа. Анализируется необходимость использования в расчетных методиках начального участка.		
Дидактическая единица: промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре;			
Теплообмен испарителя погружного типа	С помощью программы MathCad, рассчитывает тепломассообмен в испарителе погружного типа, используя полуэмпирические формулы для пузырькового кипения.	4	5, 7, 8, 9
Изучение работы теплообменного аппарата	На экспериментальной установке студент изучает работу теплообменного аппарата. Измеряет коэффициент теплопередачи методом Вильсона.	8	2, 5, 6, 7, 9
Семестр: 6			
Дидактическая единица: массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция);			
Расчет абсорбционной колонны	Рассчитывает на ЭВМ абсорбционную колонну. Вычисляет минимальный расход абсорбента, определяет скорость, соответствующую режиму захлебывания и выбирает рабочую скорость процесса.	4	2, 5, 6, 7, 9
Расчет процесса ректификации бинарной смеси.	Строит изобары состояния бинарной смеси идеальных растворов, находит число единиц переноса, минимальное и рабочее	4	2, 5, 6, 7, 9

	флегмовое число.		
Расчет жидкостного экстрактора	Рассчитывает на ЭВМ жидкостный экстрактор. Получает навыки работы с треугольными диаграммами	4	2, 5, 6, 7, 9
Дидактическая единица: массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии.			
Изучение процесса экстракции в системе твердое тело-жидкость.	Экспериментально определяет коэффициент диффузии сухих веществ свекловичного сока через ткань свекловичных клеток. Результаты экспериментов обрабатываются на ЭВМ. В процессе работы знакомится с основными уравнениями массопередачи.	4	2, 5, 6, 7, 9
Решение уравнений равновесной и неравновесной адсорбции	Используя программу MathCad, рассчитывает эволюцию стационарного фронта равновесной (нелинейной) сорбции и анализирует динамику фронта нестационарной сорбции в линейном приближении	4	2, 5, 6, 7, 9
Очистка водорода от примеси метана адсорбцией активированным углем	Используя программу MathCad, учится решать конкретные задачи, связанные с очисткой водорода от примеси метана адсорбцией: а) определение времени кинетики адсорбции; б) определение толщины засыпки адсорбента в колонке;	4	2, 5, 6, 7, 9

	в) определение времени вытеснительной десорбции.		
Диаграмма энтальпия - влагосодержание воздуха (H-X),	Используя программу MathCad, учится пользоваться (H-X)-диаграммой и определять параметры влажного воздуха при конвективной сушке.	4	2, 5, 6, 7, 9
Расчеты процессов в сушильных аппаратах	Используя программу MathCad, определяет расход и параметры влажного воздуха, расход тепла и время сушки при изменении начальных параметров материала.	4	2, 5, 6, 7, 9

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 5, Подготовка к зачету

При подготовке к зачету студенту рекомендуется повторять лекционный курс и самостоятельно работать со справочной литературой.

Общая трудоемкость составляет не менее 9 часов.

Семестр- 5, РГЗ

В рамках данной дисциплины студент конспектирует материал лекций и изучает его. Кроме того, он работает на практических и лабораторных занятиях. Также он в 5-ом семестре выполняет расчетно-графическое задание (два его варианта приведены ниже), а в 6-ом - курсовой проект, в котором выполняет материальный, технологический, гидравлический и конструктивный расчеты конкретного химико-технологического аппарата.

Расчетно-графическая работа (Задание 1)

Студенту необходимо:

Определить множество рассчитываемых параметров заданного гидромеханического аппарата;

Определить режимы течения жидкости на отдельных участках аппарата в зависимости от заданных входных параметров;

Рассчитать гидравлические сопротивления на отдельных участках течения жидкости в аппарате и полное гидравлическое сопротивление аппарата;

Построить соответствующие графики изменения давления в аппарате;

Проанализировать полученные результаты и сделать выводы;

Составить расчетно-пояснительную записку объемом 10-15 машинописных листов.

Расчетно-графическая работа (Задание 2)

Студенту необходимо:

Определить тип аппарата для проведения конкретного массообменного процесса;

Выбрать метод расчета и обосновать выбор;

Построить алгоритмическую модель расчета аппарата;

Рассчитать геометрические размеры аппарата с помощью определенных методов.

Проанализировать полученные результаты и сделать выводы;
Составить расчетно-пояснительную записку объемом 10-15 машинописных листов.

Общая трудоемкость составляет 12 часов.

Семестр- 5, Подготовка к занятиям

При подготовке к лабораторным занятиям студенту рекомендуется повторять лекционный курс и самостоятельно работать со справочной литературой.

Общая трудоемкость составляет не менее 8 часов.

Семестр- 6, Курсовой проект

При выполнении курсового проекта преследуются следующие цели:

приобретение навыков работы с технической и учебной литературой (для составления введения и литературного обзора расчетно-пояснительной записки, а также нахождения необходимых справочных данных);

приобретение умения анализировать полученные расчетные данные путём сравнения с имеющимися в литературе и делать на основе этого выводы, а также предлагать возможные рекомендации, направленные на оптимизацию процесса.

Курсовые проекты даются по следующим темам.

1. Расчёт насадочного абсорбера.
2. Расчёт барботажного абсорбера.
3. Расчёт тарельчатой ректификационной колонны.
4. Расчёт теплового насоса для теплоснабжения коттеджа.

Каждая из тем имеет не менее чем по 10 вариантов, отличающихся исходными данными. Расчетно-пояснительные записки объёмом не менее 30 страниц формата А4 оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 - 2001 "Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления".

Одна из тем курсового проекта - "Расчёт насадочного абсорбера". В задании на курсовой проект указываются следующие данные:

расход газовой смеси в единицу времени;
содержание поглощаемого компонента в газовой смеси;
степень извлечения поглощаемого компонента;
вид поглотителя;
коэффициент избытка поглотителя;
данные для построения линии равновесия;

температура;

давление.

Остальные, необходимые для расчётов данные, студент находит в справочной литературе самостоятельно.

Расчётно-пояснительная записка состоит из следующих разделов:

1. Введение.
2. Аналитический обзор.
3. Расчётная часть (материальный, конструктивный, гидравлический и механический расчёты).
4. Выводы.
5. Список использованной литературы.

В аналитическом обзоре приводятся сведения о теоретических основах процесса абсорбции, об общем устройстве и принципе действия абсорбера. Наличие правильно оформленных ссылок на соответствующие литературные источники обязательно.

Срок защиты расчетно-графического задания и курсового проекта: 15-17 недели 5-го и 6-го семестров соответственно.

Общая трудоемкость составляет 108 часов.

Семестр- 6, Индив. работа

К основным формам индивидуальной работы преподавателя со студентами относятся: консультирование отдельных студентов по их просьбе; оказание индивидуальной помощи студентам в изучении рекомендуемой литературы в ходе подготовки курсового проекта, проведение индивидуальных собеседований со студентами, у которых имеются трудности или текущая задолженность в процессе изучения дисциплины.

На индивидуальную работу отводится 8 часов.

Семестр- 6, Подготовка к занятиям

При подготовке к лабораторным и практическим занятиям студенту рекомендуется повторять лекционный курс и самостоятельно работать со справочной литературой.

Общая трудоемкость составляет не менее 26 часов.

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине 5 СЕМЕСТР

Текущая аттестация – 80 баллов.

1. Расчетно-графическое задание (10 – 20 баллов).

Начисление баллов за срок выполнения приведено в таблице 6.1

Таблица 6.1

Этапы работы	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 рассчитываемых параметров аппарата	5	4	3	2
II часть Определение режимов течения жидкости в аппарате		5	4	3
III часть Расчет гидравлических сопротивлений в аппарате			5	4

Начисление баллов за защиту РГЗ приведено в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Защита (при ответах на 3 вопроса)	Срок защиты	
	В течение семестра	После 16-ой недели
3 подробных ответа	5	4
2 подробных ответа и 1 неполный	4	3
1 подробный ответ и 2 неполных	3	2
3 неполных ответа	2	1

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

2. Лабораторные работы (4 – 32 балла).

Выполнение лабораторной работы в срок (в тот же день) – 1 балл (правильно); - 0,5 балла (с небольшими ошибками). Если расчеты по лабораторной работе выполнены неправильно, она переделывается во внеурочное время.

Итого за выполнение 8-ми лабораторных работ начисляется 4 – 8 баллов. Начисление баллов за защиту лабораторных работ приведено в таблице 6.3.

Таблица 6.3

Защита (при ответах на 2 вопроса)	Срок защиты		
	В тот же день	В течение семестра*	После 16-ой недели
2 подробных ответа	3	2,5	2
1 подробный ответ и 1 неполный	2	1,5	1
2 неполных ответа	1	0,5	0

* - последняя лабораторная работа выполняется обычно в конце семестра

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

Итого за защиту 8-ми лабораторных работ начисляется $(0 - 3) \cdot 8 = 0 - 24$ балла.

Если суммарное количество баллов за выполнение и защиту лабораторных работ не будет целым, оно увеличивается до целого значения.

3. Лекции (0 – 10 баллов)

Отсутствие пропусков по неуважительной причине (100 %-ая посещаемость) – 5 баллов.

Работа на занятиях (тщательное конспектирование материала) – 5 баллов.

Незначительное количество пропусков по неуважительной причине (не менее чем 80 %-ая посещаемость) – 3 балла.

Нарушение дисциплины на занятиях (в том числе и опоздания) и наличие неполного конспекта – 3 балла.

Значительное количество пропусков по неуважительной причине (менее чем 80 %-ая посещаемость) – 0 баллов.

Отсутствие дисциплины на занятиях (в том числе и систематические опоздания) и отсутствие конспекта – 0 баллов.

4. Выполнение и защита реферата по какой-либо теме дисциплины (0 – 8 баллов).

Начисление баллов за качество выполнения на защите производится следующим образом

- | | |
|---------------------------|-----------|
| - тема раскрыта полностью | 8 баллов; |
| - тема раскрыта частично | 4 балла; |
| - тема не раскрыта | 0 баллов. |

5. Коллоквиум (0 – 10 баллов).

На коллоквиуме студент отвечает на два вопроса.

Каждый ответ на вопрос на коллоквиуме оценивается следующим образом

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| - полностью правильный ответ | 5 баллов; |
| - ответ с небольшими недочетами | 4 балла; |
| - ответ с незначительными ошибками | 3 балла; |
| - ответ с грубыми ошибками | 2 балла; |
| - неправильный ответ | 1 балл; |
| - нет ответа | 0 баллов. |

Допуск студентов к зачету возможен только при выполненных и защищенных РГЗ и лабораторных работах. Минимальное количество баллов, которое студент должен набрать в течение семестра, равно 25 (10 за выполнение и защиту РГЗ, 4 за выполнение и защиту лабораторных работ, 3 за работу на лекциях, 4 за выполнение и защиту реферата, 4 за сдачу коллоквиума). Если студент набрал менее 25 баллов, то к сдаче зачета он допускается только при предъявлении полного конспекта лекций и практических занятий.

Итоговая аттестация (зачет) – 20 баллов.

На зачете студент отвечает на 3 вопроса.

Каждый ответ на вопрос на зачете оценивается следующим образом

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| - полностью правильный ответ | 6 баллов; |
| - ответ с небольшими недочетами | 5 баллов; |
| - ответ с незначительными ошибками | 4 балла; |
| - ответ с грубыми ошибками | 3 балла; |
| - неправильный ответ | 2 балла; |
| - нет ответа | 0 баллов. |

Если студент при ответах на 3 вопроса получил 18 баллов, ему задается дополнительный вопрос на понимание материала. При правильном ответе на этот вопрос он получает 2 балла, при ответе с небольшими недочетами – 1 балл

6 СЕМЕСТР

Текущая аттестация – 60 баллов.

1. Курсовой проект (10 – 20 баллов). Начисление баллов за срок выполнения приведено в таблице 6.4.

Таблица 6.4

Этапы работы	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 Механические расчеты основных узлов аппарата			5	4

Начисление баллов за защиту курсового проекта приведено в таблице 6.5

Таблица 6.5

Защита (при ответах на 3 вопроса)	Срок защиты	
	В течение семестра	После 16-ой недели
3 подробных ответа	5	4
2 подробных ответа и 1 неполный	4	3
1 подробный ответ и 2 неполных	3	2
3 неполных ответа	2	1

Примечание. Курсовой проект не будет защищен, если хотя бы на 1 вопрос нет ответа.

2. Лабораторные работы (4 – 32 балла).

Выполнение лабораторной работы в срок (в тот же день) – 1 балл (правильно); - 0,5 балла (с небольшими ошибками). Если расчеты по лабораторной работе выполнены неправильно, она переделывается во внеурочное время.

Итого за выполнение 8-ми лабораторных работ начисляется 4 – 8 баллов. Начисление баллов за защиту лабораторных работ приведено в таблице 6.3.

Примечание. Последняя лабораторная работа выполняется обычно в конце семестра. Лабораторная работа не будет защищена, если хотя бы на 1 вопрос нет ответа.

Итого за защиту 8-ми лабораторных работ начисляется $(0 - 3) \cdot 8 = 0 - 24$ балла.

3. Лекции (0 – 4 балла)

Отсутствие пропусков по неуважительной причине (100 %-ая посещаемость) – 2 балла.

Работа на занятиях (тщательное конспектирование материала) – 2 балла.

Незначительное количество пропусков по неуважительной причине (не менее чем 80 %-ая посещаемость) – 1 балл.

Нарушение дисциплины на занятиях (в том числе и опоздания) и наличие неполного конспекта – 1 балл.

Значительное количество пропусков по неуважительной причине (менее чем 80 %-ая посещаемость) – 0 баллов.

Отсутствие дисциплины на занятиях (в том числе и систематические опоздания) и отсутствие конспекта – 0 баллов.

4. Практические занятия (0 – 4 балла)

Отсутствие пропусков по неуважительной причине (100 %-ая посещаемость) – 2 балла.

Работа на занятиях (самостоятельное решение задач) – 2 балла.

Незначительное количество пропусков по неуважительной причине (не менее чем 80 %-ая посещаемость) – 1 балл.

Нарушение дисциплины (в том числе и опоздания) и незначительная активность на занятиях – 1 балл.

Значительное количество пропусков по неуважительной причине (менее чем 80 %-ая посещаемость) – 0 баллов.

Отсутствие дисциплины (в том числе и систематические опоздания) и активности на занятиях – 0 баллов.

Допуск студентов к экзамену возможен только при выполненных и защищенных курсовом проекте и лабораторных работах.

Минимальное количество баллов, которое студент должен набрать в течение семестра, равно 18 (10 за выполнение и защиту курсового проекта, 4 за выполнение и защиту лабораторных работ, 2 за работу на лекциях, 2 за работу на практических занятиях). Если студент набрал менее 18 баллов, то к сдаче экзамена он допускается только при предъявлении полного конспекта лекций и практических занятий.

Итоговая аттестация (экзамен) – 40 баллов.

На экзамене студент отвечает на 2 вопроса и решает 1 задачу.

Каждый ответ на вопрос на экзамене оценивается следующим образом

- полностью правильный ответ 15 баллов;
- ответ с небольшими недочетами 12 баллов;
- ответ с незначительными ошибками 9 баллов;
- ответ с грубыми ошибками 6 баллов;
- неправильный ответ 3 балла;
- нет ответа 0 баллов.

Решение задачи на экзамене оценивается следующим образом

- решение полностью правильное, грамотное объяснение решения 10 баллов;
- решение полностью правильное, объяснение решения неполное 7 баллов;
- решение полностью правильное, объяснения нет 4 балла;
- решение неправильное, студент сам нашел ошибку в процессе объяснения 2 балла;
- решение неправильное 0 баллов.

Оценка знаний студентов по балльно-рейтинговой системе приведена в таблице 6.6

Таблица 6.6

Традиционная 4-х уровневая шкала оценки		Оценка ECTS	Диапазон баллов
Зачтено	Отлично	A+	98-100
		A	95-97
		A-	90-94
		B+	87-89
	Хорошо	B	84-86
		B-	80-83
		C+	77-79
		C	74-76
	Удовлетворительно	C-	70-73
		D+	67-69
		D	64-66
		D-	60-63
		E	50-59

Не зачтено	Неудовлетворительно	FX (с возможностью пересдачи)	25-49
		F (без возможности пересдачи)	0-24

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2 кн. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты : учебник для химико-технологических специальностей вузов. - М., 2002. - 400 с. : ил. - Рекомендовано МО.
2. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2 кн. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты : учебник для химико-технологических специальностей вузов. - М., 2002. - 368 с. : ил. - Рекомендовано МО.
3. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 1 : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и специальностям / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под ред. В. Г. Айнштейна. - М., 2006. - 887, [1] ; XXII с. : ил. - Рекомендовано МО.
4. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 2 : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и специальностям / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; под ред. В. Г. Айнштейна. - М., 2006. - 1757, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.
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..
6. 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.
7. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие для вузов / [А. А. Захарова, Л. Т. Бахшиева, Б. П. Кондауров и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. - М., 2006. - 521, [1] с. : ил., табл. - Рекомендовано УМО.

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры : учебник для теплоэнергетических специальностей втузов / В. М. Черкасский. - М., 1984. - 414, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.
2. Сугак А. В. Процессы и аппараты химической технологии : [учебное пособие] / А. В. Сугак, В. К. Леонтьев, В. В. Туркин. - М., 2005. - 223, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Жуков В. И. Массообменные процессы и аппараты. Ч. 1 : учебное пособие / В. И. Жуков, Г. Г. Кувшинов, С. И. Лежнин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 122 с. : ил.
2. Лежнин С. И. Массообменные процессы и аппараты. Ч. 2 : учебное пособие / С. И. Лежнин, В. И. Жуков, Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 122, [1] с. : ил.

3. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода : лабораторная работа по курсу "Гидромеханические процессы и аппараты" для 3 курса (специальность 170500, 170600) дневного отд-ния МТФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Г. Г. Кувшинов, В. И. Жуков]. - Новосибирск, 1999. - 19 с. : ил.
4. Изучение процесса экстракции в системе твердое тело-жидкость : лабораторная работа по курсу "Массообменные процессы и аппараты" для специальностей 170500, 170600, 271200, 270300, 210200 дневной и заоч. форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. И. Жуков]. - Новосибирск, 2000. - 15 с. : ил.
5. Теплотехнический расчет компрессионного теплового насоса : методические указания к расчетно-графической работе для 3 курса МТФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. И. И. Гогонин, В. А. Мухин]. - Новосибирск, 2000. - 30 с.
6. Расчет барботажного абсорбера : методические указания к выполнению курсовых проектов по дисциплине "Процессы и аппараты химической технологии" для 3 курса МТФ (специальности 240801, 240802 и др. / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Ю. Л. Крутский]. - Новосибирск, 2006. - 27, [4] с. : ил.
7. Расчет насадочного абсорбера : методические указания к выполнению курсовых проектов по дисциплине "Процессы и аппараты химической технологии" для 3 курса, специальностей 240801, 240802 и других специальностей химико-технологического профиля / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Ю. Л. Крутский]. - Новосибирск, 2006. - 38, [1] с. : ил.

В электронном виде

1. Лежнин С. И. Массообменные процессы и аппараты. Ч. 2 : учебное пособие / С. И. Лежнин, В. И. Жуков, Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 122, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2005/leshn.rar>
2. Расчет барботажного абсорбера : методические указания к выполнению курсовых проектов по дисциплине "Процессы и аппараты химической технологии" для 3 курса МТФ (специальности 240801, 240802 и др. / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Ю. Л. Крутский]. - Новосибирск, 2006. - 27, [4] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/krut.rar>
3. Расчет насадочного абсорбера : методические указания к выполнению курсовых проектов по дисциплине "Процессы и аппараты химической технологии" для 3 курса, специальностей 240801, 240802 и других специальностей химико-технологического профиля / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Ю. Л. Крутский]. - Новосибирск, 2006. - 38, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/3156.rar>

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

Примерные вопросы для оценки знаний студентов на зачёте (5 - ый семестр).

1. Основное уравнение гидростатики.
2. Следствия и приложения основного уравнения гидростатики.
3. Уравнение Бернулли.
4. Уравнение Хагена-Пуазейля.
5. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов.
6. Обтекание жидкостью твердых тел.
7. Движение жидкости через слои зернистых материалов.
8. Гидродинамика псевдооживленных слоев.
9. Диспергирование жидкостей. Принципы и устройства.
10. Перемешивание жидких сред. Принципы и устройства
11. Расход энергии на перемешивание.
12. Гидродинамика барботажа.
13. Насосы. Классификация насосов.
14. Основные параметры насосов. Схема насосной установки.
15. Поршневые насосы.
16. Центробежные насосы. Принцип действия.
17. Основное уравнение центробежного насоса.
18. Характеристики ЦБ насосов.
19. Совместная характеристика насоса и сети и выбор рабочих точек.
20. Достоинства и недостатки насосов разного типа.
21. Разделение неоднородных систем. Типы неоднородных систем. Способы разделения.
22. Осаждение. Отстаивание.
23. Типы отстойников и принципы их действия.
24. Осаждение под действием центробежных сил.
25. Циклоны и отстойные центрифуги.
26. Очистка газов в электрическом поле сил.
27. Фильтрование. Вакуум- фильтры и фильтрующие центрифуги.
28. Рукавные фильтры для фильтрации газов.
29. Мокрая очистка газов. Принципы мокрой очистки и основные аппараты.
30. Выбор аппаратов для разделения неоднородных систем.
31. Механизм передачи тепла в твердом теле, жидкости и газе.
32. Температурное поле и температурный градиент. Закон Фурье.
33. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности и граничные условия.
34. Распространение теплоты теплопроводностью в плоской однослойной и многослойной стенке.
35. Распространение теплоты теплопроводностью в цилиндрической стенке.
36. Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через ребристую поверхность.
37. Теплопередача через цилиндрическую стенку.
38. Уравнение Ньютона, движения, энергии, сплошности. Динамический и тепловой пограничный слой. Условия однозначности и граничные условия.
39. Критериальные уравнения конвективного теплообмена
40. Теория пленочной конденсации Нуссельта.
41. Теплообмен при конденсации движущегося пара на пакете горизонтальных труб.
42. Диффузионные процессы при конденсации парогазовых смесей.
43. Теплообмен при кипении. Кривая Нукияма.
44. Критический тепловой поток при кипении. Формула Кутателадзе для определения 1-го критического теплового потока.
45. Критический тепловой поток при кипении недогретой жидкости.

46. Механизм теплообмена при пузырьковом режиме кипения. Критериальная зависимость Лабунцова.
47. Влияние скорости жидкости на интенсивность теплообмена при кипении.
48. Способы интенсификации теплообмена при кипении.
49. Основные понятия теории теплового излучения. Интегральное излучение.
50. Законы теплового излучения (Планка, Стефана-Больцмана, Кирхгофа).
51. Теплообмен при излучении между телами, разделенными прозрачной средой.
52. Теплообмен излучением при наличии экранов.

Примерные экзаменационные вопросы (6 - ой семестр)

1. Классификация массообменных процессов.
2. Понятие процесса массопередачи. Массоотдача.
3. Молекулярный и конвективный перенос вещества.
4. Уравнение массопередачи. Размерность коэффициента массопередачи.
5. Материальный баланс массообменных процессов.
6. Фазовое равновесие. Линия равновесия.
7. Законы Генри и Рауля.
8. Линии: равновесия и рабочие для процессов абсорбции и ректификации.
9. Молекулярная диффузия. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии.
10. Конвекция и массоотдача.
11. Основное уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
12. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика).
13. Модели процессов массопереноса (модель Льюиса и Уитмена).
14. Модели процессов массопереноса (модель Ландау и Левича).
15. Критерии конвективной диффузии (критерий Нуссельта).
16. Критерии конвективной диффузии (критерии Рейнольдса и Прандтля).
17. Зависимость между коэффициентами массоотдачи и массопередачи.
18. Движущая сила массообменных процессов.
19. Понятия числа и высоты единицы переноса.
20. Определение числа единиц переноса графическим методом.
21. Абсорбция, области её применения.
22. Равновесие при абсорбции. Закон Генри, константа Генри.
23. Материальный баланс и расход абсорбента.
24. Плёночные абсорберы.
25. Гидродинамические режимы в плёночных колоннах.
26. Общее устройство и принцип действия насадочных абсорберов.
27. Выбор насадки для насадочных абсорберов.
28. Гидродинамические режимы в насадочных абсорберах.
29. Общее устройство и принцип действия тарельчатых колонн со сливными устройствами.
30. Гидродинамические режимы работы тарелок.
31. Колпачковые, ситчатые, клапанные тарелки.
32. Колонны с тарелками без сливных устройств.
33. Распыливающие абсорберы.
34. Методика расчёта абсорберов.
35. Десорбция.
36. Перегонка жидкостей.
37. Ректификация. Общее устройство и принцип действия ректификационной колонны.
38. Диаграммы t - x - y и y^* - x (процесс ректификации).
39. Первый закон Коновалова и первое правило Вревского.
40. Второй закон Коновалова и второе правило Вревского.
41. Простая перегонка.
42. Перегонка с водяным паром и инертным газом.

43. Непрерывная бинарная ректификация.
44. Схема ректификационной установки.
45. Допущения, принимаемые при расчёте ректификационных колонн.
46. Материальный баланс ректификационной установки.
47. Построение рабочих линий процесса ректификации на диаграмме $y - x$.
48. Расчёт минимального флегмового числа.
49. Тепловой баланс ректификационной установки.
50. Периодическая ректификация.
51. Специальные виды перегонки (экстрактивная и азеотропная ректификация).
52. Жидкостная экстракция. Основные понятия.
53. Равновесие при жидкостной экстракции. Закон распределения.
54. Выбор растворителя (экстрагента) при жидкостной экстракции.
55. Материальный баланс жидкостной экстракции.
56. Основные способы проведения жидкостной экстракции.
57. Дифференциально-контактные экстракторы для жидкостной экстракции.
58. Расчёт ступенчатой жидкостной экстракции по треугольной диаграмме.
59. Массоперенос в твёрдой фазе.
60. Адсорбция, области её применения.
61. Основные промышленные адсорбенты и их свойства.
62. Изотерма адсорбции. Уравнение Ленгмюра, уравнение Фрейндлиха.
63. Кинетика адсорбции.
64. Общее устройство и принцип действия адсорберов и адсорбционных установок.
65. Сушка, области её применения. Виды сушки.
66. Параметры влажного воздуха: относительная влажность, влагосодержание, энтальпия.
67. Анализ процесса нагрева воздуха в калориферах по диаграмме Рамзина.
68. Анализ процесса охлаждения воздуха при постоянном влагосодержании до насыщения по диаграмме Рамзина.
69. Анализ процесса адиабатической сушки по диаграмме Рамзина.
70. Формы связи влаги с материалом.
71. Характеристика капиллярно-пористых, коллоидных и капиллярно-пористых коллоидных тел.
72. Влажность материала и изменение его состояния в процессе сушки.
73. Материальный баланс процесса сушки.
74. Тепловой баланс процесса сушки.
75. Скорость процесса сушки.
76. Классификация сушилок.
77. Общее устройство и принцип действия камерной сушилки.
78. Общее устройство и принцип действия туннельной сушилки.
79. Общее устройство и принцип действия петлевой сушилки.
80. Растворение и экстрагирование в системе твёрдое тело - жидкость, области применения.
81. Способы растворения и экстрагирования (в системе твёрдое тело - жидкость).
82. Общее устройство и принцип действия экстракторов и аппаратов для растворения.
83. Равновесие при кристаллизации.
84. Кинетика кристаллизации.
85. Общее устройство и принцип действия кристаллизаторов.
86. Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны), области применения.
87. Виды мембран.
88. Баромембранные процессы.
89. Диффузионно-мембранные процессы.
90. Термомембранные процессы.

Примеры ситуационных задач.

1. Пользуясь формулой определения коэффициента молекулярной диффузии газа в газе, приведённой в справочной литературе, показать, как зависит этот коэффициент от:
температуры;
давления;
мольных объёмов газов;
мольных масс газов.

Найти зависимость коэффициента диффузии от одного из приведённых выше параметров и интерпретировать полученные результаты.

2. Пользуясь формулой определения коэффициента диффузии растворённых веществ в разбавленных растворах, приведённой в справочной литературе, показать, как зависит этот коэффициент от:
мольной массы растворителя;
температуры;
динамического коэффициента вязкости растворителя;
мольного объёма диффундирующего вещества.

Найти зависимость коэффициента диффузии от одного из приведённых выше параметров и интерпретировать полученные результаты.

3. По данным о равновесных составах жидкости и пара для бинарных систем, приведённым в справочной литературе, построить диаграммы равновесия в координатах y^* - x и t - x, y для одной из следующих систем:
хлороформ - бензол;
вода - уксусная кислота;
азот - кислород.

Интерпретировать полученные результаты для диаграммы равновесия t - x, y .

4. Пользуясь диаграммой Рамзина, определить по двум любым параметрам влажного воздуха остальные три параметра. Например, по заданным значениям энтальпии и влагосодержания определить:
температуру;
относительную влажность;
парциальное давление водяного пара.