

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА**

УТВЕРЖДАЮ

Ректор РХТУ им. Д.И. Менделеева

_____ В.А. Колесников

« _____ » _____ 2011 г.

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»

для направления 241000 «ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ В
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, НЕФТЕХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ»

Программа одобрена

Методической секцией Ученого Совета РХТУ
им. Д.И. Менделеева

« _____ » _____ 2011 г.

Председатель Ю.И. Капустин

Москва 2011 г.

Программа составлена кафедрой процессов и аппаратов химической технологии,
проф., заведующим кафедрой Дмитриевым Е.А.,
доц. Тарасовой Т.А.

Зав. кафедрой процессов и аппаратов
химической технологии

_____ Дмитриев Е.А

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС ВПО) для направления 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», рекомендациями методической секции Ученого совета и накопленным опытом преподавания предмета кафедрой процессов и аппаратов химической технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение курса в течение пятого и шестого семестров.

Цели освоения дисциплины.

Курс "Процессы и аппараты химической технологии" имеет своей целью вместе с курсами общей химической технологии, химических процессов и реакторов и др. связывать общенаучную и общеинженерную подготовку химиков-технологов, что необходимо при подготовке бакалавров по данному направлению для научно-исследовательской, проектной и практической работы на предприятиях.

Задачи курса:

- изучение основ гидромеханики, тепло- и массопередачи ;
- изучение теории и практики базовых процессов с акцентом на основные закономерности и общие принципы анализа, моделирования, расчета и оптимизации этих процессов, их эффективное энергообеспечение и аппаратурное оформление;
- развитие понимания физической сущности и общности процессов химической технологии.

Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

2. КОМПЕТЕНЦИИ БАКАЛАВРОВ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование *следующих компетенций* бакалавра согласно ФГОС ВПО по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»:

Общекультурные компетенции (ОК):

- способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);

- стремление к саморазвитию в изучаемой дисциплине (ОК-7);

Профессиональные компетенции (ПК):

общепрофессиональные:

- использование основных законов сохранения и кинетических закономерностей в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и моделирования (ПК-1);

- способность использовать основные законы сохранения для понимания окружающего мира и явлений природы (ПК-2);

по видам деятельности:

в области производственно-технологической деятельности:

- способность участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду (ПК-8);

- способность обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду (ПК-11);

в области организационно-управленческой деятельности:

- способность анализировать технологический процесс (ПК-15);

в области научно-исследовательской деятельности:

- способность применять современные методы исследования технологических процессов, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе (ПК-20);

в области проектной деятельности:

- способность проектировать отдельные узлы (аппараты) технологических схем (ПК-24).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

ЗНАТЬ:

- явления переноса импульса, массы и энергии; принципы физического моделирования процессов; основные уравнения движения газов и жидкостей; основы массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; основы теории массообмена; методы расчета высокоэффективных тепло- и массообменных аппаратов.
- основные принципы организации процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;
- методы математического моделирования и проектирования процессов химической технологии и биотехнологии; основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов.

УМЕТЬ:

- определять характер движения жидкостей и газов, основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса;
- осуществлять проектирование процессов химической технологии;
- производить выбор аппарата и рассчитывать технологические параметры процесса с учетом реализации задач энерго- и ресурсосбережения.

ВЛАДЕТЬ:

- навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности;
- методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования;
- методами анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах, выбора их конструкции, определения технологических показателей работы аппаратов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.

Вид учебной работы	Зач.ед. 10	Семестр	
	Всего часов	(V)	(VI)
Общая трудоемкость дисциплины	396		
Теоретическое обучение	324		
Аудиторные занятия:	180		
Лекции	72	36	36
Практические занятия (ПЗ)	72	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	36		36
Самостоятельная работа:	144		
Расчетно-графическая работа	72	36	36
Другие виды самостоятельной работы	72		
Вид итогового контроля: (экзамен)	72	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

4.1 РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ.

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего	Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Экзамен
	Введение. Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии.	2	2				
1.	Модуль 1. Гидродинамические процессы и аппараты химической технологии.						

1.1	Жидкости и газы. Дифференциальная и интегральная форма уравнения неразрывности. Уравнение Навье-Стокса	10	2	4		4	
1.2	Гидростатика. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера	6	2	2		2	
1.3	Гидродинамика. Уравнения движения Эйлера. Энергетический баланс стационарного движения. Уравнение Бернулли.	16	6	4		6	
1.4	Течение в трубах и каналах. Гидродинамическое сопротивление.	24	4	4	8	8	
1.5	Перемещение жидкостей и газов с помощью машин, повышающих давление.	24	6	6	4	8	
2	Модуль 2. Тепловые процессы и аппараты химической технологии.						
2.1	Основные тепловые процессы в химической технологии. Тепловые балансы.	8	2	2		4	
2.2	Дифференциальное уравнение переноса энергии в форме теплоты. Теплопроводность.	10	4	4		2	
2.3	Конвективный перенос теплоты. Теплообмен при изменении агрегатного состояния.	18	6	6		6	
2.4	Теплопередача в поверхностных теплообменниках. Расчет теплообменных аппаратов.	26	4	6	8	8	
3	Модуль 3. Процессы и аппараты разделения гомогенных и гетерогенных систем. (Основные массообменные и гидромеханические процессы)						
3.1	Основы массообменных процессов. Способы выражения состава фаз. Равновесные условия.	12	4	4		4	

3.2	Массопередача. Массообмен в аппаратах химических производств.	26	8	6	8	4	
3.3	Расчет основных размеров массообменных аппаратов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз. Абсорбция.	26	8	10		8	
3.4	Расчет основных размеров дистилляционных колонн с непрерывным и ступенчатым контактом фаз.	24	8	8	4	4	
3.5	Разделение жидких и газовых гетерогенных систем.	20	6	6	4	4	
4	Модуль 4. Расчетно-графическая работа (Расчет трубопровода, подбор насоса и теплообменника участка технологической схемы).	36				36	
5	Модуль 5. Расчетно-графическая работа (абсорбция).	36				36	
	Экзамен	72					72
Итого		396	72	72	36	144	72

4.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Темы и краткое содержание

Введение. Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии.

Предмет курса «Процессы и аппараты химической технологии». Классификация процессов. Непрерывные и периодические, стационарные и нестационарные процессы.

Основы теории явлений переноса: анализ механизмов, моделирования и разработки обобщенных методов расчета гидромеханических, тепловых и массообменных процессов и аппаратов. Феноменологические законы переноса импульса, массы и энергии. Молекулярный и конвективный перенос. Общие закономерности гидродинамики, теплопередачи и массопередачи. Взаимосвязь этих процессов в промышленной аппаратуре. Роль явлений переноса при химических превращениях.

Материальные и энергетические (тепловые) балансы; определение массовых потоков и энергетических затрат. Условия равновесия и определение направления процессов переноса. Общий вид уравнений

скорости процессов; движущие силы и кинетические коэффициенты. Лимитирующие стадии.

Модуль 1. Гидродинамические процессы и аппараты химической технологии.

Тема 1.1 Жидкости и газы. Модель непрерывной среды. Понятие физического элементарного объема. Классификация жидкостей. Идеальная жидкость. Капельные и упругие жидкости. Силы, действующие в жидкости: массовые и поверхностные. Напряжения в жидкостях и газах (тангенциальные и нормальные). Свойства жидкостей. Понятие о режимах движения жидкостей. Дифференциальная и интегральная форма уравнения неразрывности.

Баланс сил при движении вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение Навье-Стокса и его физический смысл.

Тема 1.2 Гидростатика. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Покоящаяся жидкость под действием силы тяжести. Практические приложения основного уравнения гидростатики.

Тема 1.3 Гидродинамика. Уравнение движения Эйлера. Энергетический баланс стационарного движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его практические приложения (истечение жидкостей, трубка Пито-Прандтля). Принципы измерения скоростей и расходов жидкости дроссельными приборами и пневмометрическими трубками. Определение расходов при истечении жидкостей через отверстия или насадки.

Гидродинамические режимы движения жидкостей: ламинарный и турбулентный.

Число Рейнольдса и его критические значения. Механизмы ламинарного и турбулентного течений. Понятие турбулентности. Представления о гидродинамическом пограничном слое при течении по трубам и каналам и при обтекании тел.

Тема 1.4 Течение в трубах и каналах. Определяющий поперечный размер потока в каналах произвольной формы: гидравлический радиус, эквивалентный диаметр.

Распределение скоростей по радиусу трубы постоянного сечения при ламинарном стационарном течении.

Гидравлическое сопротивление при течении жидкостей и газов. Расчет потерь на трение (уравнение Дарси-Вейсбаха) и на местные сопротивления. Соотношения и номограммы для расчета коэффициента трения. Зависимости между расходом и перепадом давления. Расчет напора для перемещения жидкостей через систему трубопроводов и аппаратов.

Подобное преобразование уравнения Навье-Стокса. Безразмерные переменные - критерии гидродинамического подобия (Эйлера, Рейнольдса, Фруда, гомохронности), их физический смысл; параметрические критерии.

Расчет диаметра трубопроводов и аппаратов; выбор скоростей потоков и оптимального диаметра трубопроводов.

Тема 1.5 Перемещение жидкостей и газов с помощью машин, повышающих давление. Объемные (поршневые, ротационные и др.) и динамические (центробежные, осевые и др.) насосы и компрессоры. Основные параметры работы гидравлических машин: производительность, напор, мощность, КПД.

Расчет напора и потребляемой мощности; подбор двигателя к насосу. Определение допустимой высоты всасывания. Явление кавитации и его предотвращение.

Особенности работы, сопоставление и области применения основных типов насосов - центробежных, поршневых (плунжерных) и др. Связь напора, мощности и к.п.д. с производительностью (характеристики насосов). Работа насосов на сеть и их выбор; регулирование производительности.

Модуль 2. Тепловые процессы и аппараты химической технологии.

Тема 2.1 Основные тепловые процессы в химической технологии: нагревание и охлаждение, конденсация паров и испарение жидкостей. Расход теплоносителей; тепловой баланс как частный случай энергетического баланса.

Стационарный и нестационарный перенос теплоты. Основные понятия и определения: температурное поле, градиент температуры и тепловой поток; теплопередача и теплоотдача.

Тема 2.2. Дифференциальное уравнение переноса энергии в форме теплоты, уравнение Фурье-Кирхгофа и теплопроводности.

Температуропроводность – теплоинерционные свойства среды. Стационарный перенос теплоты через плоские и цилиндрические стенки. Сочетание механизмов переноса теплоты (теплопроводности, конвекции, излучения).

Тема 2.3. Конвективный перенос теплоты. Безразмерные переменные – числа Нуссельта, Пекле, Прандтля, Грасгофа, Фурье. Расчет коэффициентов теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции.

Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Конденсация паров. Формула Нуссельта. Теплообмен при кипении.

Радиантный теплоперенос. Взаимное излучение тел. Радиантно-конвективный перенос теплоты. Расчет потерь теплоты аппаратами в окружающую среду и тепловой изоляции.

Тема 2.4. Теплопередача в поверхностных теплообменниках. Аддитивность термических сопротивлений. Понятие средней движущей силы. Взаимное направление движения теплоносителей.

Способы подвода и отвода теплоты в химической технологии. Требования, предъявляемые к теплоносителям. Обогрев водяным паром, высокотемпературными органическими теплоносителями, топочными газами. Способы электрообогрева. Отвод теплоты водой, воздухом и низкотемпературными теплоносителями.

Теплообменные аппараты; их классификация. Основные типы поверхностных теплообменников (трубчатые, пластинчатые и т.д.)

Смесительные теплообменники: градирни, конденсаторы смешения.
Основные тенденции совершенствования теплообменных аппаратов.

Основные элементы расчета размеров теплообменных аппаратов. Выбор теплообменников.

Модуль 3. Процессы и аппараты разделения гомогенных и гетерогенных систем (Основные массообменные и гидромеханические процессы)

Тема 3.1 Основы массообменных процессов.

Классификация процессов массообмена. Основные понятия и определения. Процессы со свободной и фиксированной границей раздела фаз и с разделяющей фазы перегородкой (мембраной). Носители и распределяемые вещества. Способы выражения состава фаз.

Физико-химические основы массообменных процессов. Равновесные условия и определение направления переноса вещества из фазы в фазу. Коэффициенты распределения. Понятие о массопередаче и массоотдаче.

Концентрационное поле, градиент концентрации, общий и удельный поток массы. Молекулярная диффузия в жидкостях, газах (парах) и твердых телах.

Механизмы переноса массы. Уравнение неразрывности для двухкомпонентной системы.

Дифференциальное уравнение конвективного переноса массы в бинарных средах. Диффузионный пограничный слой; профили концентраций и скоростей в потоках.

Коэффициенты массоотдачи. Основные модельные представления о механизме массоотдачи.

Моделирование конвективного массообмена. Числа Нуссельта, Пекле, Прандтля, Фурье и др., их физический смысл, аналогии с тепловым подобием применительно к газам и жидкостям. Расчет коэффициентов массоотдачи в аппаратах различных типов по уравнениям с безразмерными переменными.

Тема 3.2 Массопередача. Соотношение между коэффициентами массопередачи и массоотдачи, аддитивность диффузионных сопротивлений. Интенсификация массопередачи путем воздействия на лимитирующую стадию.

Моделирование и расчет массообменных процессов и аппаратов для систем с одним распределяемым компонентом.

Влияние условий (температуры, давления, концентраций) на направление массопереноса на примерах абсорбции; принципы выбора абсорбентов.

Материальный баланс непрерывного установившегося процесса при различных способах выражения составов фаз и их расходов; уравнения рабочих линий.

Рациональный выбор взаимного направления движения фаз и организации потоков в массообменных аппаратах. Аппараты с непрерывным и ступенчатым контактом фаз.

Предельные концентрации распределяемого компонента в отдающей и извлекающей фазах для противоточных процессов. Максимально возможная степень извлечения, минимальный и оптимальный расходы извлекающей фазы.

Тема 3.3 Расчет поперечного сечения (диаметра) колонны; предельно допустимая и экономически оптимальная скорости сплошной фазы.

Основы расчета высоты массообменных аппаратов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз. Два основных метода расчета: на основе коэффициентов массопередачи и на основе понятия теоретической ступени разделения. Расчет высоты колонных аппаратов с непрерывным контактом фаз на основе коэффициентов массопередачи с использованием модели идеального вытеснения в обеих фазах. Случаи малых и больших концентраций в изотермических условиях. Понятие числа единиц переноса и высоты единицы переноса. Фактор массопередачи. Влияние продольного перемешивания на среднюю движущую силу массопередачи. Процедура расчета, основанная на объемных коэффициентах массопередачи. Графический и аналитический методы расчета.

Расчет высоты массообменных аппаратов со ступенчатым контактом фаз. Модель идеального смешения в обеих фазах в пределах одной ступени. Эффективность ступени по Мэрфри. Модель идеального вытеснения в газовой (паровой) фазе и идеального смешения в жидкой. Связь числа единиц переноса и локального КПД ступени по Мэрфри. Численный расчет «от ступени к ступени» и его графическая интерпретация с использованием «кинетической линии». Учет структуры потоков и КПД тарелки. Особенности расчета тарельчатых колонн на основе понятия теоретической тарелки. Число действительных и теоретических тарелок. Эффективность тарелки.

Основные методы интенсификации массообмена в системах со свободной границей раздела фаз: создание оптимальных гидродинамических режимов и повышение интенсивности массопередачи, увеличение удельной поверхности контакта фаз, снижение продольного перемешивания в потоках фаз.

Общие принципы устройства и классификация аппаратов для массообменных процессов в системах "газ(пар)-жидкость". Особенности конструкций абсорберов.

Основные типы абсорберов: насадочные и тарельчатые колонны, аппараты со сплошным и секционированным барботажным слоем, аппараты с диспергированием жидкости.

Области применения, сравнительные характеристики и выбор аппаратов различных конструкций. Основные тенденции их совершенствования.

Схемы абсорбционно-десорбционных установок с выделением извлеченного компонента и регенерацией абсорбента (десорбцией при повышенной температуре, понижением давления, отдувкой инертным носителем).

Тема 3.4. Основы расчета и аппараты для дистилляции.

Разделение дистилляцией жидких гомогенных смесей и сжиженных газов; области применения и особенности проведения процессов при различном давлении.

Парожидкостное равновесие для систем с полной и ограниченной взаимной растворимостью и его влияние на возможность разделения компонентов дистилляционными методами. Расчет равновесия для идеальных бинарных смесей.

Простая и фракционная перегонка; перегонка с дефлегмацией. Материальный баланс, расчет выхода продукта и его среднего состава при перегонке бинарных смесей. Схемы установок. Тепловые балансы и расчет расходов теплоносителей для этих процессов.

Ректификация. Физико-химические основы и особенности условий проведения процессов. Схемы установок для непрерывной и периодической ректификации бинарных смесей. Особенности устройства аппаратов (насадочных и тарельчатых колонн) и выбора режимов их работы при ректификации (по сравнению с абсорбцией). Особенности устройства и варианты работы испарителей и дефлегматоров.

Моделирование и расчет процессов и аппаратов при непрерывной ректификации бинарных систем. Основы численного и графоаналитического методов. Материальный баланс. Рабочие линии. Определение минимального и рабочего флегмового числа. Тепловой баланс и расчет расходов теплоносителей. Принципы технико-экономической оптимизации при расчете рабочего флегмового числа, размеров аппаратуры и энергетических затрат. Основы расчета тарельчатых и насадочных ректификационных колонн.

Тема 3.5 Разделение жидких и газовых гетерогенных систем.

Классификация жидких и газовых гетерогенных систем: суспензии, эмульсии, пены, пыли, туманы.

Основы теории осаждения. Расчет скоростей свободного и стесненного осаждения твердых частиц шарообразной и отличных от нее форм в поле силы тяжести.

Материальный баланс процессов разделения гетерогенных систем. Оценка эффективности, сопоставление и преимущественные области применения различных процессов и аппаратов для разделения гетерогенных смесей.

Процессы отстаивания и устройство аппаратов разделения суспензий, эмульсий и пылей. Расчет поверхности осаждения и производительности отстойников. Устройство и действие циклонов (простых и батарейных), гидроциклонов.

Течение через неподвижные зернистые слои. Значение гидродинамики зернистых слоев в процессах фильтрования, тепло- и массообмена, гетерогенного катализа и др. Основные характеристики этих слоев: дисперсность, удельная поверхность, порозность, эквивалентный диаметр каналов. Расчет гидравлического сопротивления слоя. Гидравлическое

сопротивление слоев насадок промышленных массо- и теплообменных аппаратов.

Режимы течения потоков в насадочных колоннах. Гидравлическое сопротивление насадочных колонн. Явления подвисания, захлебывания и инверсии фаз и расчет соответствующих скоростей. Работа колонн в режиме эмульгирования.

Гидродинамика псевдооживенных (кипящих) слоев. Роль псевдооживения в интенсификации промышленных процессов теплообмена, сушки, адсорбции, гетерогенного катализа, обжига и др. Основные характеристики псевдооживенного состояния. Гидравлическое сопротивление. Расчет скоростей псевдооживения свободного витания, высоты псевдооживенного слоя. Однородное и неоднородное псевдооживение. Особенности псевдооживения полидисперсных слоев. Пневно- и гидротранспорт зернистых твердых материалов.

Фильтрование суспензий и очистка газов от пылей на фильтрах. Специфика поведения осадков как зернистых слоев: сжимаемые и несжимаемые осадки. Виды фильтровальных перегородок. Факторы, влияющие на скорость фильтрования. Фильтрование при постоянной скорости фильтрования. Экспериментальное определение констант уравнений фильтрования. Классификация и устройство основных типов непрерывно и периодически работающих фильтров и фильтрующих центрифуг.

Другие процессы разделения гомогенных смесей: экстракция в системе жидкость-жидкость, адсорбция, сушка, мембранные процессы. Преимущественные области применения. Краткое описание типичных аппаратов.

Модуль 4. Расчетно-графическая работа (Расчет оборудования участка подогрева жидкой смеси ректификационной установки).

Гидродинамическая часть: расчет гидравлического сопротивления при течении жидкости по трубопроводу на участке подачи исходной смеси из емкости в ректификационную колонну. Расчет и подбор насоса.

Теплообменная часть: расчет и подбор теплообменника – подогревателя исходной смеси на этом участке. Определение расхода пара, подбор кожухотрубного теплообменника, поверочный расчет теплообменника.

Модуль 5. Расчетно-графическая работа (абсорбция).

Поиск данных по равновесию в заданной системе газ-жидкость. Материальный баланс, построение рабочей и равновесной линий, определение коэффициентов массоотдачи в газовой и жидкой фазах. Расчет диаметра и высоты насадочной части абсорбционной колонны.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ КОМПЕТЕНЦИЯМ БАКАЛАВРА

№	Компетенции	Мод уль 1	Мод уль 2	Мод уль 3	Мод уль 4	Мод уль 5
	Знать:					
1	- явления переноса импульса, массы и энергии; принципы физического моделирования процессов; основные уравнения движения газов и жидкостей;	+			+	
2	-основы массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; основы теории массообмена;			+		
3	- методы расчета высокоэффективных теплообменных аппаратов;		+		+	
4	- методы расчета высокоэффективных массообменных аппаратов;	+	+	+		
5	- методологию явлений переноса на всех масштабных уровнях;			+		
6	- основные принципы организации процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;			+		+
7	- методы математического моделирования и проектирования процессов химической технологии и биотехнологии; основные модели структуры потоков, теплообменных и массообменных процессов.	+	+	+		
	Уметь:					
8	- определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи;	+	+	+	+	+

9	рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса;						
10	- осуществлять проектирование процессов химической технологии;					+	+
	- производить выбор аппарата и рассчитывать технологические параметры процесса с учетом реализации задач энерго- и ресурсосбережения.		+	+		+	
Владеть:							
11	- навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности;		+	+		+	+
12	- методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования;	+	+	+		+	+
13	- методами анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах, выбора их конструкции, определение технологических показателей работы аппаратов.					+	+
Общекультурные компетенции:							
14	-способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);	+	+	+		+	+
15	-стремление к саморазвитию в изучаемой дисциплине (ОК-7)	+	+	+		+	+
Профессиональные компетенции:							
Общепрофессиональные:							
16	- использование основных законов сохранения и кинетических закономерностей в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и моделирования,	+	+	+		+	+

17	<p>теоретического и экспериментального исследования (ПК-1);</p> <p>- способность использовать основные законы сохранения для понимания окружающего мира и явлений природы (ПК-2);</p> <p><u>по видам деятельности:</u></p> <p><u>в области производственно-технологической деятельности:</u></p>	+	+	+	+	+
18	<p>- способность участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду (ПК-8);</p>				+	+
19	<p>- способность обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду (ПК-11);</p> <p><u>в области организационно-управленческой деятельности:</u></p>				+	+
20	<p>- способность анализировать технологический процесс (ПК-15);</p> <p><u>в области научно-исследовательской деятельности:</u></p>	+	+	+	+	+
21	<p>- способность применять современные методы исследования технологических процессов, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе (ПК-20);</p> <p><u>в области проектной деятельности:</u></p>				+	+

22	- способность проектировать отдельные узлы (аппараты) технологических схем (ПК-24).	+	+	+	+	+
----	---	---	---	---	---	---

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ (СЕМИНАРСКИЕ) ЗАНЯТИЯ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических (семинарских) занятий
1	Модуль 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные свойства жидкостей и газов. Размерности величин. Основное уравнение гидростатики и его приложения. 2. Гидродинамика: массовый и объемный расходы, средняя скорость. Распределение скоростей по поперечному сечению канала. Режимы течения жидкостей и газов. 3. Идеальная жидкость. Баланс механической энергии. Уравнение Бернулли. 4. Применение уравнения Бернулли для решения практических задач: истечение жидкостей, определение расходов. 5. Гидродинамическое сопротивление : потери на трение и местные сопротивления в трубопроводах. 6. Расчет гидродинамического сопротивления трубопроводов. 7. Насосы: производительность, напор, мощность, высота всасывания. 8. Работа насоса на гидравлическую сеть. Выбор насосов. 9. Контрольная работа по гидродинамике.
2	Модуль 2	<ol style="list-style-type: none"> 10. Энергетические балансы теплообменных процессов. Основное уравнение теплопередачи. Поверхность теплообмена. 11. Теплопроводность. Многослойная плоская стенка. 12. Расчет движущей силы теплопередачи. Взаимное направление движения теплоносителей. 13. Коэффициенты теплоотдачи при неизменном агрегатном состоянии. Коэффициенты теплопередачи. 14. Коэффициенты теплоотдачи при конденсации и кипении. 15. Элементы расчета теплообменных аппаратов.

		16. Контрольная работа по теплообменным процессам.
3	Модуль 3	<p>Разделение гомогенных и гетерогенных систем.</p> <p>1. Способы выражения состава фаз. Рабочие и равновесные концентрации. Направление массопередачи.</p> <p>2. Материальные балансы. Построение рабочих и равновесных линий на примере абсорбции. Основное уравнение массопередачи.</p> <p>3. Расчет движущей силы массопередачи. Взаимное направление движения фаз.</p> <p>4. Расчет коэффициентов массоотдачи и массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений.</p> <p>5. Расчет высоты массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз.</p> <p>6. Расчет высоты массообменных аппаратов со ступенчатым контактом фаз. Эффективность ступени по Мэрфри.</p> <p>7. Контрольная работа по основам массопередачи. Абсорбция.</p> <p>8. Ректификация бинарных смесей. Фазовые диаграммы и рабочие линии.</p> <p>9. Непрерывная ректификация двухкомпонентных смесей. Минимальное и рабочее флегмовое число.</p> <p>10. Тепловой баланс ректификационной колонны. Тепловые нагрузки испарителя и дефлегматора.</p> <p>11. Определение основных размеров ректификационной колонны с непрерывным контактом фаз.</p> <p>12. Расчет основных размеров ректификационной колонны со ступенчатым контактом фаз.</p> <p>13. Контрольная работа по ректификации.</p>

		<p>14. Разделение гетерогенных систем. Осаждение.</p> <p>15. Элементы гидродинамики неподвижных зернистых слоев и псевдоожижение.</p> <p>16. Фильтрование. Элементы расчета.</p>
--	--	--

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1.1	Определение режимов течения жидкостей.
2	1.2	Изучение профиля скоростей потока в трубопроводе.
3	1.3	Гидравлическое сопротивление в трубопроводах (металлическом и стеклянном) и элементах трубопроводной арматуры.
4	1.4	Определение гидравлического сопротивления прямого участка трубопровода.
5	1.4	Определение гидравлического сопротивления в элементах трубопроводной арматуры (диафрагма, дроссельный вентиль).
6	1.4	Определение гидродинамического сопротивления сухой ситчатой тарелки колонного аппарата.
7	1.4	Определение гидравлического сопротивления орошаемой ситчатой тарелки колонного аппарата.
8	1.4	Измерение гидравлического сопротивления трубного и межтрубного пространства теплообменного аппарата.
9	1.4	Калибровка расходомера весовым методом.
10	1.5	Изучение характеристик центробежных насосов.
11	2.1-2.4	Определение коэффициента теплопередачи в двухтрубных теплообменниках.
12	2.1-2.4	Теплопередача в металлическом и стеклянном кожухотрубных теплообменниках.

13	2.1-2.4	Изучение процесса нестационарного теплообмена в аппарате с мешалкой и погружным змеевиком.
14	3.1-3.3	Определение коэффициентов массоотдачи в газовой фазе при испарении жидкости в воздушный поток в насадочной колонне.
15	3.1-3.3	Определение коэффициентов массоотдачи в жидкой фазе при десорбции диоксида углерода из воды в пленочной колонне.
16	3.1-3.3	Изучение совместного тепло- и массообмена в насадочной колонне.
17	3.4	Изучение процесса простой перегонки бинарной смеси изопропанол-вода.
18	3.4	Изучение процесса периодической ректификации бинарной смеси.
19	3.2	Изучение кинетики сушки в воздушной циркуляционной сушилке.
20	3.2	Изучение процесса обратного осмоса.
21	3.5	Изучение процесса фильтрования суспензии.
22	3.5	Гидродинамика неподвижных и псевдооживленных слоев зернистых материалов.
23	3.5	Гидродинамическая структура потоков в аппаратах с зернистыми слоями.

8. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА.

8.1. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ.

МОДУЛЬ 4:

- Расчет оборудования участка подогрева жидкой смеси ректификационной установки для разделения смеси, указанной в задании. Гидродинамическая часть: расчет, включающий определение гидравлического сопротивления сети, подбор насоса, определение напора, коэффициента полезного действия и мощности на валу насоса, определение максимально допустимой высоты установки насоса над уровнем жидкости в емкости при заданных размерах труб и указанных в задании местных сопротивлений. Теплообменная часть: тепловой расчет теплообменника-подогревателя исходной смеси, указанной в

задании, при известных размерах и общем числе труб кожухотрубного теплообменника.

Варианты смесей: ацетон-хлороформ, метанол-этанол, бензол-дихлорэтан, метанол-вода и т. д. (всего 22 варианта смесей).

МОДУЛЬ 5:

- Определение высоты и диаметра насадочного абсорбера, в который поступает заданное количество сероводорода в природном газе. Абсорбер орошается пропиленкарбонатом. Размеры насадки, исходные концентрации компонентов заданы;
- Определение высоты и диаметра насадочного абсорбера, в который поступает заданное количество сероводорода в метане. Абсорбер орошается пропиленкарбонатом. Размеры насадки, исходные концентрации компонентов заданы;
- Определение высоты и диаметра насадочного абсорбера, в который поступает заданное количество диоксида углерода в метане. Абсорбер орошается пропиленкарбонатом. Размеры насадки, исходные концентрации компонентов заданы.
- Определение высоты и диаметра насадочного абсорбера, в который поступает заданное количество диоксида углерода в метане. Абсорбер орошается N-метилпирролидоном -2. Размеры насадки, исходные концентрации компонентов заданы.

8.2. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

- Расчет насосов и трубопроводов.
- Расчет теплообменника.
- Расчет абсорбера.
- Расчет ректификационной колонны непрерывного действия.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

9.1. Рекомендуемая литература.

А) Основная литература:

1. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов: В 2 ч. / Ю.И. Дытнерский. - 3-е изд. - М.: Химия, 2002 с.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / ред. Ю. И. Дытнерский. - 4-е изд. М.: Альянс, 2008. - 493 с.

3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): Учебн.пособие для вузов.- СПб.: Химиздат, 2009. -544 с.

Б) Дополнительная литература:

1. Касаткин А.Г. - Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. М.: Химия, 1973. 750 с.

2. Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. - Явления переноса. М.: Химия, 1974. 688с.

3 Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч. Массопередача. Пер с англ.- М.:Химия,1982.-696 с.

4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. - Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. 10-е изд. Л.: Химия, 1987. 560с.

5. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для вузов: в 2-х книгах. под ред В.Г. Айнштейна. М.:Химия, 1999.

6. Дмитриев Е.А. Явления переноса массы в примерах и задачах: Учебное пособие. – М.: РХТУ им Д.И.Менделеева, 2005.-120 с.

7. Моргунова Е.П., Дмитриев Е.А.Процессы и аппараты химической технологии. Экстракция в системе жидкость – жидкость: Учебн. пособие. - М.:РХТУ им Д.И.Менделеева, 2005.-192 с.

8. Комиссаров Ю.А. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент; ред. Ю. А. Комиссаров. - М.: Химия, 2011. - 1229 с.

9.2. Средства обеспечения освоения дисциплины.

- Справочные материалы на сайте кафедры процессов и аппаратов www.chem.-eng.ru

- Компьютерный класс с программным обеспечением для расчета гидродинамического, теплообменного и массообменного оборудования (в курсовых работах и курсовых проектах).

- Мультимедийные средства (основные типы гидродинамических, теплообменных и массообменных аппаратов химической технологии).

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

- Лаборатория гидродинамических и теплообменных процессов;

- Лаборатория массообменных процессов;

- Многофункциональный гидродинамический лабораторный комплекс с автоматизированным сбором информации (в лаборатории массообменных процессов).

11. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ (МОДУЛЕЙ).

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p style="text-align: center;">Модуль 1. Гидродинамические процессы и аппараты химической технологии.</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристика процессов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы гидродинамического оборудования; <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - явления переноса импульса, массы и энергии; принципы физического моделирования процессов; - основные уравнения движения газов и жидкостей. 	<p>Контрольная работа.</p> <p>Лабораторные работы.</p> <p>Опрос на экзамене.</p>
<p>Модуль 2. Тепловые процессы и аппараты химической технологии.</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять основные характеристики процессов теплопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного теплообменного процесса; - осуществлять проектирование тепловых процессов химической технологии. <p>Владеет:</p>	<p>Контрольная работа.</p> <p>Лабораторные работы.</p> <p>Опрос на экзамене.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности (теплообменников); - методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы теплообменного оборудования; - методами анализа и расчета процессов в промышленных теплообменных аппаратах, выбора их конструкции, определения технологических показателей работы аппаратов. <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы расчета высокоэффективных теплообменных аппаратов; - основные модели структуры потоков, теплообменных процессов. 	
<p>Модуль 3. Процессы и аппараты разделения гомогенных и гетерогенных систем. (Основные массообменные и гидромеханические процессы)</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять основные характеристики массообменных и гидромеханических процессов; - рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного процесса разделения. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности. - методами определения 	<p>Контрольная работа.</p> <p>Лабораторные работы.</p> <p>Опрос на экзамене.</p>

	<p>оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.</p> <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; основы теории массообмена; методы расчета высокоэффективных массообменных аппаратов; - основные принципы организации процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии; методы оценки эффективности этих производств и их воздействия на окружающую среду. - основные модели структуры потоков, массообменных процессов. 	
<p>Модуль 4. Расчетно-графическая работа (Расчет трубопровода, подбор насоса и теплообменника участка технологической схемы).</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять характер движения жидкостей и газов; - рассчитывать параметры и выбирать теплообменную аппаратуру для конкретного технологического процесса; - производить выбор теплообменника и рассчитывать технологические параметры процесса с учетом реализации задач энерго- и ресурсосбережения. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками проектирования 	<p>Проверка расчетно-графической работы</p>

	<p>простейших аппаратов химической промышленности;</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; - методами анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах, выбора их конструкции, определение технологических показателей работы аппаратов. <p>Знает: - явления переноса импульса; принципы физического моделирования процессов; основные уравнения движения газов и жидкостей; методы расчета высокоэффективных теплообменных аппаратов;</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные принципы организации процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии; - основные модели структуры потоков, теплообменных процессов. 	
<p>Модуль 5. Расчетно-графическая работа (абсорбция).</p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса; - осуществлять проектирование массообменных процессов химической технологии. <p>Владеет:</p>	<p>Проверка расчетно-графической работы</p>

	<p>- методами анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах, выбора их конструкции, определение технологических показателей работы аппаратов.</p> <p>Знает:</p> <p>- методы математического моделирования и проектирования процессов химической технологии и биотехнологии; основные модели массообменных процессов.</p>	
--	--	--