

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Химический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающие химико-технологических систем

Кафедра неорганической химии и химической экологии
химический факультет

Образовательная программа
18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки
Охрана окружающей среды и рациональное использование природных
ресурсов

Уровень высшего образования
Магистратура

Форма обучения
Очно-заочная

Статус дисциплины: входит в обязательную часть ОПОП

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающие химико-технологических систем» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (уровень магистратуры), утвержденный приказом Минобрнауки России от «07» августа 2020 г. №909.

Разработчик: кафедра неорганической химии и химической экологии, Исаев А.Б. - к.х.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры неорганической химии и химической экологии
от «16» 01 2021г., протокол № 5

Зав. кафедрой  Исаев А.Б.
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета
от «19» 02 2021г., протокол № 6

Председатель  Гасангаджиева У.Г.
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим
управлением « 03 » 03 2021г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающие химико-технологических систем» входит в обязательную часть ОПОП магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой неорганической химии и химической экологии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием у обучающихся представлений о химико-технологических системах, оптимизации химико-технологических процессов, синтезе оптимальных энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем, компьютерных программах оптимизации химико-технологических систем. Дисциплина направлена на развитие навыков разрабатывать и анализировать наиболее приемлемые и альтернативные технологические процессы, прогнозировать технологические последствия на основе методов оптимизации, овладение методами оптимизации и организации, ресурсосберегающих химико-технологических систем.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: ОПК-3, ПК- 7.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе 144 академических часа по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
	Лекц ии	Лабора- торные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации				
3	144	32	12	20				112	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающие химико-технологических систем» являются подготовка к решению производственных задач на базе знания основных принципов оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико- технологических систем, с тем, чтобы, используя полученные знания и навыки, магистрант мог грамотно решать организационные, научные и технические задачи в области организации энерго- и ресурсосберегающих систем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающие химико-технологических систем» входит в обязательную часть ОПОП магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

До освоения дисциплины «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем» должны быть изучены следующие дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии», «Массообменные процессы и аппараты», «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов».

При изучении указанных дисциплин формируются «входные» знания, умения, опыт и компетенции, необходимые для успешного освоения дисциплины «Методы оптимизации и организации энерго-и ресурсосберегающих химико-технологических систем».

Дисциплина «Методы оптимизации и организации энерго-и ресурсосберегающих химико-технологических систем» является основой для осуществления научно-исследовательской работы, выполнения их магистерской диссертации, а также других дисциплин из учебного плана магистров «Моделирование технологических и природных систем» и т.д.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-3. Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического	ОПК-3.1. Способен разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов	Знает: основы реализации мероприятий по комплексному использованию сырья и замене дефицитных материалов. Умеет: составлять задания для формирования оптимальной сырьевой базы производства, на основе теоретических знаний и экспериментальных исследований осуществляет подбор и замену дефицитных материалов Владеет: приемами и методами по	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа Экзамен

процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку		разработке решений для комплексного использования сырья и замене дефицитных материалов	
	ОПК-3.2. Способен разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку	<p>Знает: методику применения современных информационных технологий для создания элементов математических моделей для процессов и технологий и приемов их экспериментальной проверки</p> <p>Умеет: применять современные технологии для самостоятельного формирования математических моделей с выбором оптимальных технологических параметров и подтверждением их экспериментальными исследованиями</p> <p>Владеет: приемами и методами создания математических моделей с применением современного информационного обеспечения; использует прикладные программные продукты для обоснования математических моделей и их экспериментальной проверки</p>	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа Экзамен
	ОПК-3.3. Способен к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке	<p>Знает: специфику функционирования энерго- ресурсосберегающих технологий, виды и особенности оборудования и технологической оснастки</p> <p>Умеет: разрабатывать мероприятия по энерго- ресурсосбережению, проводить выбор оборудования и технологической оснастке.</p> <p>Владеет: приемами и методами использования мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке</p>	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа Экзамен
ПК-7. Способен оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов	ПК-7.1. Способен анализировать новые технологии утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов с целью выявления экологических и технологических рисков	<p>Знает: технологии утилизации отходов и системы обеспечения экологической безопасности производства</p> <p>Умеет: решать задачи определения рисков технологических процессов утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов; оценивать эффективность управления экологической безопасностью предприятия в соответствии с отечественными и зарубежными экологическими стандартами;</p> <p>Владеет: навыками эксплуатации современного оборудования по переработке отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов; навыками организации работы коллектива исполнителей по обеспечению экологической безопасности предприятия с минимальными рисками</p>	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа Экзамен

	ПК-7.2. Способен разрабатывает методы утилизации отходов при внедрении новых технологий	<p>Знает: воздействие техногенных отходов и технологий их утилизации на объекты окружающей среды с учетом физико-химических процессов</p> <p>Умеет: создавать технологии переработки техногенных отходов с использованием знаний о физико-химических процессах, протекающих при их утилизации и попадании в окружающую среду</p> <p>Владеет: навыками реализации различных мероприятий по предотвращению попадания отходов в окружающую среду с использованием представлений о физико-химических процессах переработки отходов</p>	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа Экзамен
	ПК-7.3. Применяет инструменты оценки рисков при внедрении новых технологий	<p>Знает: методологические подходы к созданию модели систем повторного использования отходов с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения.</p> <p>Умеет: создавать модели систем повторного использования отходов с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения.</p> <p>Владеет: навыками создания инновационных систем переработки техногенных отходов.</p>	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа Экзамен

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практические	Лабораторные	Контроль		
Модуль 1. Описание химико-технологических систем								
1	Обобщенный образ технологической системы	3	2		3		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
2	Интегральные уравнения преобразования потоков вещества и энергии в технологических системах	3	2		3		14	Устный опрос, решение задач, домашняя работа

	<i>Итого по модулю 1:</i>		4		6		26	Коллоквиум
	Модуль 2. Основные технологические принципы создания энерго- и ресурсосберегающих химических технологий.							
3	Принципы создания ресурсосберегающих химических технологий.	3	2		3		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
4	Использование методов оптимизации при создании энерго- и ресурсосберегающих производств	3	2		3		14	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 2:</i>		4		6		26	Коллоквиум
	Модуль 3. Оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем							
5	Стратегия оптимизации и организации энерго- и ресурсосбережения	3	2		4		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
6	Интеллектуальные системы оптимизации химико-технологических систем	3	2		4		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 3:</i>		4		8		24	Коллоквиум
	Модуль 4. Подготовка к экзамену							
	Подготовка к экзамену	3					36	экзамен
	<i>Итого по модулю 4:</i>						36	экзамен
	ИТОГО:		12		20		112	экзамен

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Описание химико-технологических систем

Тема 1. Обобщенный образ технологической системы. Основные понятия и определения: ресурсосбережение, энергосбережение, безотходное химическое производство и малоотходное химическое производство, ресурсосберегающее химическое производство. Проблемы энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии, биотехнологии: - энергоемкость существующих технологических процессов в химической и нефтехимической технологии, биотехнологии; - показатели ресурсосбережения промышленных химических производств; - пути энерго- и ресурсосбережения на различных иерархических уровнях; - роль термодинамического подхода в решении задач энерго- и ресурсосбережения в химическом производстве. Модель «черного ящика» как термодинамическая модель функционирования химико-технологической системы. Первое начало термодинамики. Совокупный материальный поток, поток теплоты, поток энергии. Примеры моделей ряда систем: аппарат, агрегат, промышленное производство, химико-технологическая система.

Тема 2. Интегральные уравнения преобразования потоков вещества и энергии в технологических системах. Уравнение балансов

потоков масс Системы уравнений материальных балансов по: - общим массовым расходам физических потоков; - общим массовым расходам химических компонентов; - общим массовым расходам химических элементов. Теоретический и практический материальный баланс. Определение стехиометрически независимых реакций в их системе по критерию Грама. Представление материальных потоков в форме потоковой диаграммы. Критерии оценки хода процесса и критерии эффективности использования сырья.

Модуль 2. Основные технологические принципы создания энерго- и ресурсосберегающих химических технологий.

Тема 3. Основные технологические принципы создания ресурсосберегающих химических технологий. Уравнение баланса потоков энергии. Различные варианты технологических схем производства азотной кислоты из аммиака как пример оценки эффективности использования сырьевых ресурсов. Интегральное уравнение сохранения энергии в технологической системе. Энтальпийный баланс, как частный случай энергетического баланса. Представление энтальпийного и энергетического балансов в форме потоковой диаграммы. Частные формы уравнения баланса энергии: течение жидкости в трубопроводе, противоточный теплообменник, адиабатный реактор и реактор с внешним теплообменом, электрохимический реактор. Роль энергетического баланса системы в решении вопроса энергосбережения. Коэффициент преобразования энергии и эффективность функционирования химико-технологической системы.

Тема 4. Использование методов оптимизации при создании энерго- и ресурсосберегающих производств. Прямая структурно-декомпозиционная, структурно-параметрическая оптимизация ХТС в задачах энерго- и ресурсосбережения в химической технологии. Классификация методов многокритериальной оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов и систем. Техничко-экономический критерий эффективности. Методология энерго- и ресурсосбережения многокомпонентных каталитических процессов. Гипотетически обобщенная технологическая структура. Парето оптимизация технологических, конструкционных и структурных параметров.

Модуль 3. Оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем

Тема 5. Стратегия оптимизации и организации энерго- и ресурсосбережения. Декомпозиция по составляющим критерия. Оценка степени рассогласования по составляющим критерия. Блок-схема решения задачи оптимизации и энерго- и ресурсосбережения многокритериальной системы. Неформализованные задачи оптимальной эксплуатации химических производств. Объекты ситуационного управления. Диагностика причин отклонений в работе промышленных установок. Формирование математических моделей для решения задач ситуационного управления.

Тема 6. Интеллектуальные системы оптимизации химико-технологических систем. Физико-химические модели - основа для

построения интеллектуальных систем. Теоретические основы построения интеллектуальных систем оптимизации и организации энерго- и ресурсосбережения процессов химической технологии. Построение интеллектуальных систем для расчета, оптимизации и прогнозирования химических производств. Теоретические основы, расчет и оптимизация нестационарных ХТП. Учет физико-химических особенностей процесса при разработке новых компьютерных технологий. Выбор и обоснование рациональных способов представления экспертных знаний об изучаемом процессе. Принципы выбора гидродинамического режима работы реактора при математическом моделировании. Оценка численных значений параметров математических моделей.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Модуль 1. Описание химико-технологических систем

Тема 1. Обобщенный образ технологической системы.

Тема 2. Интегральные уравнения преобразования потоков вещества и энергии в технологических системах. Составление материальных балансов и материальные расчеты химико-технологических процессов.

Модуль 2. Основные технологические принципы создания энерго- и ресурсосберегающих химических технологий.

Тема 3. Основные технологические принципы создания ресурсосберегающих химических технологий. Расчеты теплового баланса промышленных процессов.

Тема 4. Использование методов оптимизации при создании энерго- и ресурсосберегающих производств. Расчет основных технологических показателей технологических процессов.

Модуль 3. Оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем

Тема 5. Стратегия оптимизации и организации энерго- и ресурсосбережения. Оптимизация химико-технологических систем

Тема 6. Интеллектуальные системы оптимизации химико-технологических систем. Расчет каскада абсорбционных установок

5. Образовательные технологии

Рекомендуемые образовательные технологии:

✓ на лекциях по всем разделам используется демонстративный материал в виде презентаций;

✓ лабораторные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем лаборанта и преподавателя.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и

содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 6 часов аудиторных занятий. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Занятия лекционного типа составляют 30% аудиторных занятий.

Для аттестации студентов по каждому модулю должны проводиться контрольные работы. В качестве итогового контроля проводится экзамен.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Поиск в интернете дополнительного материала
3. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
4. Решение экспериментальных и расчетных задач.
5. Подготовка к коллоквиуму.
6. Подготовка к экзамену.

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечение
1.	Подготовка к отчетам по лабораторным работам	Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.
2.	Решение экспериментальных и расчетных задач	Проверка домашних заданий.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.
3.	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.
4.	Подготовка к экзамену.	Опрос по экзаменационным билетам	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение экспериментальных и расчетных задач.
3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

Промежуточный контроль проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

Итоговый контроль проводится в виде устного экзамена.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

Вопросы для коллоквиумов

1. Ресурсосбережение, энергосбережение, безотходное химическое производство и малоотходное химическое производство.
2. Проблемы энерго - и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии, биотехнологии.
3. Энергоемкость существующих технологических процессов в химической и нефтехимической технологии, биотехнологии.
4. Показатели ресурсосбережения промышленных химических производств.
5. Пути энерго - и ресурсосбережения на различных иерархических уровнях.
6. Роль термодинамического подхода в решении задач энерго - и ресурсосбережения в химическом производстве.
7. Модель «черного ящика» как термодинамическая модель функционирования химико-технологической системы.
8. Первое начало термодинамики.
9. Совокупный материальный поток, поток теплоты, поток энергии.
10. Примеры моделей ряда систем: аппарат, агрегат, промышленное производство, химико-технологическая система.
11. Уравнение балансов потоков масс.
12. Системы уравнений материальных балансов.
13. Теоретический и практический материальный баланс.
14. Определение стехиометрически независимых реакций в их системе по критерию Грама. Представление материальных потоков в форме потоковой диаграммы.
15. Критерии оценки хода процесса и критерии эффективности использования сырья.
16. Уравнение баланса потоков энергии.
17. Различные варианты технологических схем производства азотной кислоты из аммиака как пример оценки эффективности использования сырьевых ресурсов.
18. Интегральное уравнение сохранения энергии в технологической системе.
19. Энтальпийный баланс, как частный случай энергетического баланса.
20. Представление энтальпийного и энергетического балансов в форме потоковой диаграммы.
21. Формы уравнения баланса энергии для течения жидкости в трубопроводе, противоточного теплообменника, адиабатного реактора и реактора с внешним теплообменом, электрохимического реактора.
22. Роль энергетического баланса системы в решении вопроса энергосбережения.
23. Коэффициент преобразования энергии и эффективность функционирования химико-технологической системы.
24. Прямая структурно-декомпозиционная, структурно-параметрическая оптимизация ХТС в задачах энерго- и ресурсосбережения в химической технологии.

25. Классификация методов многокритериальной оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов и систем.
26. Техничко-экономический критерий эффективности.
27. Методология энерго- и ресурсосбережения многокомпонентных каталитических процессов.
28. Гипотетически обобщенная технологическая структура.
29. Парето оптимизация технологических, конструкционных и структурных параметров.
30. Декомпозиция по составляющим критерия.
31. Оценка степени рассогласования по составляющим критерия.
32. Блок-схема решения задачи оптимизации и энерго- и ресурсосбережения многокритериальной системы.
33. Неформализованные задачи оптимальной эксплуатации химических производств.
34. Объекты ситуационного управления.
35. Диагностика причин отклонений в работе промышленных установок.
36. Формирование математических моделей для решения задач ситуационного управления.
37. Теоретические основы построения интеллектуальных систем оптимизации и организации энерго- и ресурсосбережения процессов химической технологии.
38. Построение интеллектуальных систем для расчета, оптимизации и прогнозирования химических производств.
39. Теоретические основы, расчета и оптимизация нестационарных ХТП.
40. Учет физико-химических особенностей процесса при разработке новых компьютерных технологий.
41. Выбор и обоснование рациональных способов представления экспертных знаний об изучаемом процессе.
42. Принципы выбора гидродинамического режима работы реактора при математическом моделировании.
43. Оценка численных значений параметров математических моделей.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Стадии химико-технологического процесса
2. Химический процесс, как процесс химической технологии
3. Критерии эффективности химико-технологического процесса.
4. Классификация сырья химической промышленности.
5. Вторичные материальные ресурсы.
6. Комплексная переработка сырья.
7. Основные виды энергетических ресурсов.
8. Эффективное использование вторичных энергетических ресурсов.
9. Схемы использования твердых, жидких и газообразных видов топлива.
10. Использование теплоты химических реакций.
11. Основные направления повышения эффективности использования сырьевых и топливных энергетических ресурсов.
12. Эксергия.
13. Эксергетический анализ технологических процессов.
14. Различия в условиях теплообмена для изотермического и адиабатического режимов работы реактора.
15. Материальный баланс реактора идеального смешения.
16. Тепловой баланс реактора идеального смешения.
17. Графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения.
18. Критерий оптимальности при разработке оптимального температурного режима.

Вопросы к экзамену

1. Общая постановка задач оптимизации химико-технологических систем.
2. Химико-технологическая система. Ее структура и состав.
3. Характеристика методов решения задач оптимизации.
4. Оптимизация равновесных процессов. Химическое равновесие.
5. Экономическая оценка эффективности химико-технологических процессов.
6. Математические модели как основа оптимизации химической технологии.
7. Общая характеристика моделей при оптимизации ХТС.
8. Внутренние параметры моделей ХТС. Фазовые характеристики моделей ХТС.
9. Этапы составления математического описания моделей ХТС.
10. Разработка алгоритма моделей ХТС.
11. Влияние температуры на селективность и выход в сложных реакциях.
12. Типы уравнений математического описания моделей ХТС.
13. Селективность и выход в сложных реакциях. Необратимые параллельные реакции.
14. Основные этапы создания химико-технологических систем. Классификация технологических схем.
15. Непрерывный реактор идеального вытеснения
16. Модель непрерывного реактора идеального вытеснения
17. Идеальный периодический реактор полного смешения
18. Удельная производительность идеальных реакторов
19. Система необратимых параллельных и последовательных реакций.
20. Роль математических моделей в решении задач оптимизации.
21. Непрерывный реактор идеального смешения.
22. Влияние типа реактора и способа введения реагентов на селективность и выход в сложных реакциях.
23. Сложные реакции с обратимыми стадиями.
24. Управление равновесными процессами и их оптимизация.
25. Управление равновесными процессами при помощи технологических приемов и операций.
26. Симплексный метод планирования экспериментов при оптимизации.
27. Организация эксперимента для поиска оптимальных условий.
28. Выбор способа производства при оптимизации ХТС.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 20 баллов,
- выполнение лабораторных заданий (допуск, выполнение, сдача работ) – 60 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

письменная контрольная работа - 100 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Бочкарев В.В. Оптимизация химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Бочкарев. - Электрон. текстовые данные. - Томск: Томский политехнический университет, 2014.- 264с.978-5-4387-0420-1. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34690.html>
2. Общая химическая технология: Методология проектирования химико-технологических процессов: учеб. для студентов вузов / Кузнецова И.М. под ред. Харлампики Х.Э. - Изд. 2-е, перераб. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2013. - 447 с.
3. Кафаров В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств: [учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов] / Кафаров В.В., Глебов М.Б. - М.: Высшая шк., 1991. - 399 с.
4. Кафаров В.В. Анализ и синтез химико-технологических систем: учебник для хим.-технол. спец. вузов / Кафаров В.В., Мешалкин В.П. - М.: Химия, 1991. - 43 с.

б) дополнительная литература:

1. Быков И. Моделирование критических явлений в химической кинетике: Отв. ред. А.И. Вольперт; Ан СССР, Сиб. отд-ние / И. Быков. - М.: Наука, 1988. - 262с.
2. Информационные технологии при проектировании и управлении техническими системами: учебное пособие: В 4 ч. / В.А. Немтинов, С.В. Карпушкин, В.Г. Мокрозуб, и др.; Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный технический университет. - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. - Ч. 2. - 160 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-0976-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277974>
3. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления - М.: Изд-во "Наука", 1966

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

- 1) eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. - Москва, 1999. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> . - Яз. рус., англ.
- 2) Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>.
- 3) Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный.
- 4) Национальная электронная библиотека (НЭБ) [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Нац. электрон. б-ка. — Москва – .Режим доступа: <https://нэб.рф> . – Яз. рус., англ.
- 5) ProQuest Dissertation &Theses Global (PQDT Global) [Электронный ресурс]:

база данных зарубежных диссертаций. – Режим доступа:

<http://search.proquest.com/>

6) Springer Nature [Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства Springer Nature - Режим доступа: <https://link.springer.com/>

<https://www.nature.com/siteindex/index.html>

<http://materials.springer.com/>

<http://www.springerprotocols.com/>

<https://goo.gl/PdhJdo>

<https://zbmath.org/>. – Яз., англ.

7) Королевское химическое общество (Royal Society of Chemistry) [Электронный ресурс]: журналы издательства. – Режим доступа:

<http://pubs.rsc.org/>. – Яз., англ.

8) Американское химическое общество (ACS) [Электронный ресурс]: база данных полнотекстовых научных журналов Американского химического общества (ACS) коллекции Core+. – Режим доступа: <http://pubs.acs.org>. – Яз., англ.

9) American Physical Society (APS) [Электронный ресурс]: журналы издательства American Physical Society (Американского физического общества). - Режим доступа: <http://journals.aps.org/about>. – Яз., англ.

10) SAGE Premier [Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства SAGE Premier. – Режим доступа: <http://journals.sagepub.com/>. – Яз., англ.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Лекционный курс. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов, с целью формирования у студентов знаний и умений в области процессов и аппаратов в химической технологии. В тетради для конспектирования лекций записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие у студентов в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях, и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Студенту необходимо активно работать с конспектом лекций: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к практическим занятиям экзамену, модульным контрольным, при выполнении самостоятельных заданий.

Лабораторные занятия. Перед началом лабораторных занятий, студент должен самостоятельно изучить методику выполнения и получить допуск у преподавателя. В ходе лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет лабораторные задания, позволяющие закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня. Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно

научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

Самостоятельная работа выполняется студентом в виде конспектирования первоисточника, закрепления материала при выполнении практических работ по теме. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводится: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Системный анализ процессов химической технологии.	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Классификация методов оптимизации химико-технологических систем	-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка; - работа с вопросами для самопроверки;
Основные этапы оптимизации химико-технологических систем	
Общие принципы анализа процессов химической технологии.	
Принципиальная блок-схема структуры типовых процессов	
Критерии оптимальности для теплообменников	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
Оценка влияния реальной структуры потоков в теплообменных аппаратах	-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка; - работа с вопросами для самопроверки
Прямые методы безусловной оптимизации	
Ограничения условной оптимизации в прямых методах	
Декомпозиционные методы оптимизации отдельных подсистем химико-технологических систем	

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Методы оптимизации и организации энерго-и ресурсосберегающих химико-технологических систем» используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа.

- Программы пакета Microsoft Office
- Программа Mathcad

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

В соответствии с требованиями ФГОСЗ++ кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий по потокам студентов, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12-14 человек и вспомогательное помещение для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещение для лекционных занятий укомплектовано комплектом электропитания, специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждые двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных компьютерных классах.