



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)**

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы

(подпись)

Л.А. Лим

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Директор выпускающего
структурного подразделения

(подпись)

А.В. Никитина

(И.О. Фамилия)

«19» января 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

*Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-
технологических систем*

*Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
(Процессы и аппараты химической технологии)*

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. № 910

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента нефтегазовых технологий и нефтехимии протокол № 4 от «19» января 2023 г.

Директор Департамента Нефтегазовых технологий и нефтехимии А.В. Никитина

Составители: И.М. Ефимов

Владивосток
2023

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «_»

_____202_г. №

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «_»

_____202_г. №

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «_»

_____202_г. №

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «_»

_____202_г. №

5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «_»

_____202_г. №

Аннотация дисциплины

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётных единиц / 108 академических часов. Является дисциплиной не обязательной части ОП, изучается на курсе и завершается экзаменом. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме *16 часов*, практических/лабораторных *54 часов*, а также выделены часы на самостоятельную работу студента – *66 часа*. Дисциплина реализуется в 3 семестрах 2 курса.

Язык реализации: Русский

Цель: овладеть знаниями по построению регрессионных моделей процессов химической технологии на основе дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа для использования этих моделей в управлении; по решению задач статической и динамической оптимизации химико-технологических процессов.

Задачи:

- овладение навыками построения регрессионных моделей и проверку их адекватности объекту.
- овладение навыками статической и динамической оптимизации.
- овладение аналитическим методом и численными методами нахождения оптимума.

Курс *«Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем»* продолжает и углубляет профессиональную направленность содержания дисциплин *«Методология научных исследований в области химических и ресурсосберегающих технологии»*, *«Избранные главы процессов и аппаратов химической технологии»*, *«Избранные главы химической технологии»*

магистратуры.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: *УК-1.2 УК-2.1 ОПК-1, ПК-1* полученные в результате изучения дисциплин: *высшая математика, процессы и аппараты химической технологии, моделирование химико-технологических процессов или моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза*, обучающийся должен быть готов к изучению таких дисциплин, как *«Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем»*, формирующих компетенции *ПК-2, ПК-4*

Компетенции студентов, индикаторы их достижения и результаты обучения по дисциплине.

Профессиональные компетенции	ПК-2	Знает	основные технологические схемы, современное оборудование и методы организации современных технологических процессов, методы измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции с помощью технических средств
		Умеет	анализировать технологический процесс как систему, оптимизировать технологии, оборудование, современных технологических процессы
		Владеет	способностью анализировать технологический процесс как систему, навыками поиска «слабых» мест технологической схемы с целью последующей оптимизации
	ПК-4	Знает	технологические процессы, пути воздействия на технологические процессы, основные нормы ввода и эксплуатации оборудования
		Умеет	анализировать технологический процесс, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию, применяет методы математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели
		Владеет	способностью участвовать в мероприятиях по совершенствованию технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, навыками проектировать отдельные узлы и целый технологические схемы с использованием автоматизированных прикладных систем

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины *«Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем»* применяются следующие образовательные технологии и методы активного/интерактивного обучения: деловая игра, дидактическая игра, работа в малых группах, круглый стол, метод проектов, а также метод “Пифагора”.

I. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель дисциплины: овладеть знаниями по построению регрессионных моделей процессов химической технологии на основе дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа для использования этих моделей в управлении; по решению задач статической и динамической оптимизации химико-технологических процессов.

Задачи дисциплины:

- овладение навыками построения регрессионных моделей и проверку их адекватности объекту.
- овладение навыками статической и динамической оптимизации.
- овладение аналитическим методом и численными методами нахождения оптимума.

Профессиональные компетенции студентов, индикаторы их достижения и результаты обучения по дисциплине

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные	ПК-2	Способен осуществлять работы по совершенствованию технологического процесса – разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его предупреждению и устранению
	ПК -4	Способен осуществлять разработку предложений по увеличению ассортимента и улучшению качества продукции, глубины переработки сырья, разработку новых рецептур, режимов технологического процесса

II. Трудоёмкость дисциплины и виды учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зачётных единиц (108 академических часов).

III. Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

№	Наименование раздела дисциплины	С е м е с т р	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Конт роль **	Формы промежуточной аттестации***
			Лек	Лаб	Пр	ОК*	СР		
1	Тема 1 Задачи кибернетики химико-технологических процессов.	7	4	4					
2	Тема 2 Постановка и решение задач статической оптимизации химико-технических процессов	7	6	25			66		
	Тема 3 Постановка и решение задач динамической оптимизации химико-технических процессов		6	25					
	<i>Итого:</i>		16	54				66	

IV. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА Семестр 3

Раздел I. Задачи кибернетики химико-технологических процессов.

Тема 1. Кибернетика как наука об управлении.

Основные определения. Кибернетика как наука об управлении. Задачи кибернетики. Принципы кибернетической организации производства. Иерархичность управления производством. Содержание задач управления на уровнях иерархии управления.

Тема 2. Постановка задачи оптимального управления.

Необходимые условия для оптимизации. Состояния объекта управления. Постановка задачи оптимального управления. Место динамической и статической оптимизации в задачах оптимального управления. Критерии оптимальности, их математическая форма в задачах статической и динамической оптимизации. Экономическая эффективность химико-технологических процессов.

Раздел II. Постановка и решение задач статической оптимизации химико-технических процессов

Тема 3. Виды решения задач оптимального управления.

Методы решения на подобии методов трансфер-матрицы и симплекс методов. Рассмотрение интегральных оценок оптимальности различных критериев.

Раздел III. Постановка и решение задач динамической оптимизации химико-технических процессов

Тема 4. Решение задач динамической оптимизации.

Рассмотрение методов решение динамических задач. Рассмотрение итерационных методов решение задач с меняющимися параметрами. Решение задач коммивояжер с переменными параметрами. Рассмотрение метода решения в виде динамического программирования. Применение к задачам с оптимальной подструктурой, выглядящим как набор перекрывающихся подзадач, сложность которых чуть меньше исходной.

V. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторные работы Семестр 3

Лабораторные занятия (66 час.)

Лабораторная работа №1. Аналитическое определение экстремума заданных функций одной и нескольких переменных.

Лабораторная работа №2. Определение методом классического анализа оптимальной температуры в реакторе идеального смешения и оптимального температурного профиля в трубчатом реакторе для равновесных экзотермических реакций, обеспечивающих максимальный выход целевого продукта. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов.*

Лабораторная работа №3. Определение методом классического анализа оптимального времени проведения химической реакции в реакторе идеального смешения. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов.*

Лабораторная работа №4. Оптимальное распределение потока сырья, поступающего на параллельно работающие реакторы идеального смешения, и оптимизация при последовательном соединении реакторов методом множителей Лагранжа. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №5. Определение экстремума заданной функции одной переменной методами: половинного деления, “золотого” сечения, с использованием чисел Фибоначчи на примере максимизации отбора дистиллята

постоянного состава из простой ректификационной колонны. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №6. Определение экстремума заданной функции двух переменных методами: Гаусса, Зейделя, градиента, наискорейшего спуска на примере максимизации чёткости разделения в простой ректификационной колонне. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №7. Решение задачи оптимального планирования производства продукции методом динамического программирования. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №8. Решение задачи оптимального распределения сырья между параллельно работающими аппаратами методом динамического программирования. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №9. Методом динамического программирования определить оптимальное время пребывания реакционной массы в каждом из каскада реакторов идеального перемешивания. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №10. Решение задачи максимизации прибыли от производства продукции при заданных запасах сырья симплекс – методом при исходном базисе в начале координат. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №11. Решение задачи максимизации прибыли от производства продукции при заданных запасах сырья симплекс – методом с выбором исходного базиса. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №12. Определение оптимального температурного профиля в реакторе идеального вытеснения для параллельных реакций первого порядка методом классического вариационного исчисления при отсутствии ограничений на температуру процесса. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №13. Определение оптимального температурного профиля в реакторе идеального вытеснения для параллельных реакций первого порядка методом классического вариационного исчисления с ограничениями на температуру процесса. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №14. Определение оптимального температурного профиля в реакторах идеального вытеснения для последовательных реакций с

использованием принципа максимума. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №15. Определение оптимального закона управления регулятора – как решение задачи на максимальное быстродействие с использованием принципа максимума. Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов*

Лабораторная работа №16. Определение оптимального температурного профиля в реакторах идеального вытеснения для обратимых реакций с использованием динамического программирования в непрерывной форме (уравнения Беллмана). Форма интерактивного обучения: компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов

VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем» включает в себя:

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства		
				Текущий контроль	Промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Задачи кибернетики химико-технологических процессов	ПК-2 Разрабатывает мероприятия по совершенствованию технологического процесса и увеличению глубины переработки сырья	Знает основные технологические схемы, современное оборудование и методы организации современных технологических процессов, методы измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции с помощью технических средств	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Контрольная работа по модулю (ПР-2) Конспект лекции	Вопросы 1-5 экзамена Вопросы 1-9 зачета	
			умеет анализировать технологический процесс как систему, оптимизировать технологии, оборудование, современных технологических процессы			Выполнение 1-3 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)
			владеет способностью анализировать технологический процесс как систему, навыками поиска «слабых» мест технологической схемы с целью последующей оптимизации			Выполнение 1-3 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6) Решение практических задач (ПР-11)
		ПК-4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологического процесса, повышению качества продукции и	Знает технологические процессы, пути воздействия на технологические процессы, основные нормы ввода и эксплуатации оборудования	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Контрольная работа по модулю (ПР-2) Конспект лекции		
			умеет анализировать технологический процесс, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию, применяет методы	Выполнение 1-3 лабораторных работ с		

			математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели	предоставлением отчетов (ПР-6)	
		разработке новых видов продукции	владеет способностью участвовать в мероприятиях по совершенствованию технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, навыками проектировать отдельные узлы и целые технологические схемы с использованием автоматизированных прикладных систем	Выполнение 1-3 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6) Решение практических задач (ПР-11)	
2	Раздел II. Постановка и решение задач статической оптимизации химико-технических процессов	ПК-2 Разрабатывает мероприятия по совершенствованию технологического процесса и увеличению глубины переработки сырья	Знает основные технологические схемы, современное оборудование и методы организации современных технологических процессов, методы измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции с помощью технических средств	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Контрольная работа по модулю (ПР-2) Конспект самостоятельно изученного материала	Вопросы 6-21 экзамена Вопросы 10-41 зачета
		умеет анализировать технологический процесс как систему, оптимизировать технологии, оборудование, современных технологических процессы	Выполнение 4-10 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)		
		владеет способностью анализировать технологический процесс как систему, навыками поиска «слабых» мест технологической схемы с целью последующей оптимизации	Выполнение 4-10 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6) Решение практических задач (ПР-11)		
		ПК-4 Разрабатывает предложения по совершенствованию технологического	Знает технологические процессы, пути воздействия на технологические процессы, основные нормы ввода и эксплуатации оборудования	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Контрольная работа по модулю (ПР-2) Конспект	

		процесса , повыше ния качества продукц ии и разработ ке новых видов продукц ии		самостоятел ьно изученного материала	
			умеет анализировать технологический процесс, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию, применяет методы математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели	Выполнени е 4-10 лабораторн ых работ с предоставле нием отчетов (ПР-6)	
			владеет способностью участвовать в мероприятиях по совершенствованию технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, навыками проектировать отдельные узлы и целый технологические схемы с использованием автоматизированных прикладных систем	Выполнени е 4-10 лабораторн ых работ с предоставле нием отчетов (ПР-6) Решение практическ их задач (ПР-11)	
3	Раздел III Постановка и решение задач динамической оптимизации химико- технических процессов	ПК-2 Разрабат ывает меропри ятия по соверше нствован ию технолог ического процесса и увеличе нию глубины перерабо тки сырья	Знает основные технологические схемы, современное оборудование и методы организации современных технологических процессов, методы измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции с помощью технических средств	Защита отчетов по лабораторн ым работам (УО-1) Контрольна я работа по модулю (ПР-2) Конспект самостоятел ьно изученного материала	Вопросы 22- 38 экзамена Вопросы 42- 58 зачета
			умеет анализировать технологический процесс как систему, оптимизировать технологии, оборудование, современных технологических процессы	Выполнени е 11-16 лабораторн ых работ с предоставле нием отчетов (ПР-6)	
			владеет способностью анализировать технологический процесс как систему, навыками поиска «слабых» мест технологической схемы с целью последующей оптимизации	Выполнени е 11-16 лабораторн ых работ с предоставле нием отчетов (ПР-6) Решение практическ их задач (ПР-11)	
		ПК-4 Разрабат ывает предлож	Знает технологические процессы, пути воздействия на технологические процессы, основные нормы ввода и	Защита отчетов по лабораторн ым работам	

	ения по совершенствованию технологического процесса, повышения качества продукции и разработке новых видов продукции	эксплуатации оборудования	(УО-1) Контрольная работа по модулю (ПР-2) Конспект самостоятельно изученного материала
		умеет анализировать технологический процесс, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию, применяет методы математического анализа и моделирования, строить регрессионные модели	Выполнение 11-16 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)
		владеет способностью участвовать в мероприятиях по совершенствованию технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, навыками проектировать отдельные узлы и целые технологические схемы с использованием автоматизированных прикладных систем	Выполнение 11-16 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6) Решение практических задач (ПР-11)

VII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

В самостоятельную работу по дисциплине «Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения согласно опорному плану;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю.

Для закрепления навыков и знаний студента, полученных на практических занятиях, студента в течение курса выдается 16 лабораторных заданий. Лабораторные работы закрепляют навыки текущей темы практических занятий. Для выполнения итогового домашнего задания

необходимо использовать все полученные знания и умения, а также знания, полученные в курсе *«Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем»*.

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, подготовку отчетов к лабораторным работам и выполнение домашних заданий, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, оформления отчетов и домашних заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в Плане-графике выполнения самостоятельной работы по дисциплине.

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами;
- самостоятельное ознакомление с лекционным материалом,

представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;

- подготовка реферативных обзоров источников периодической печати, опорных конспектов, заранее определенных преподавателем;

- поиск информации по теме с последующим ее представлением в аудитории в форме доклада, презентаций;

- подготовка к выполнению аудиторных контрольных работ;

- выполнение домашних контрольных работ;

- выполнение тестовых заданий, решение задач;

- составление кроссвордов, схем;

- подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;

- заполнение рабочей тетради;

- написание эссе, курсовой работы;

- подготовка к деловым и ролевым играм;

- составление резюме;

- подготовка к зачетам и экзаменам.

-

VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература (электронные и печатные издания)

1. Гумеров, А. М. Математическое Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза : учебное пособие / А. М. Гумеров. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-1533-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211445> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Федорова, С. А. Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза. Конспект лекций : учебное пособие / С. А. Федорова. — Севастополь : СевГУ, 2022. — 182 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/301628> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Федоров, Ю. Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП / Ю. Н. Федоров. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2011. — 566 с. — ISBN 978-5-9729-0039-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/65089> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература (печатные и электронные издания)

1. Чиркова, Н. А. Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов : учебное пособие / Н. А. Чиркова. — Москва : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2008. — 81 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/128596> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Заварухин, С. Г. Математическое Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза и аппаратов : учебное пособие / С. Г. Заварухин. — 2-е изд. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 86 с. — ISBN 978-5-7782-3284-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118478> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Чернухин, Р. В. Моделирование и исследование систем управления

химико-технологических процессов : учебное пособие / Р. В. Чернухин. — Новосибирск : НГТУ, 2021. — 74 с. — ISBN 978-5-7782-4493-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/216329> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Бушуев, Е. Н. Математическое Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза на ТЭС и АЭС : учебное пособие / Е. Н. Бушуев. — Иваново : ИГЭУ, 2020. — 64 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/183943> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Прокофьев, В. Ю. Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза в производстве неорганических веществ : учебное пособие / В. Ю. Прокофьев, А. В. Кунин, Н. Е. Гордина. — Иваново : ИГХТУ, 2019. — 127 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171817> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Островский, А. С. Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза как объектов управления : учебно-методическое пособие / А. С. Островский, А. Г. Шумихин. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 47 с. — ISBN 978-5-88151-951-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160571> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Васильев, Н. П. Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза. Кинетика химических реакций : учебное пособие / Н. П. Васильев ; под редакцией А. М. Заяц. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. — 48 с. — ISBN 978-5-9239-0764-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/68455> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Клинов, А. В. Лабораторный практикум по математическому моделированию химико-технологических процессов : учебное пособие / А. В. Клинов, А. В. Малыгин. — Казань : КНИТУ, 2011. — 99 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/13285> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Воробьев, Е. С. Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза : учебное пособие : в 2 частях / Е. С. Воробьев, Э. А. Каралин, Ф. И. Воробьева. — Казань : КНИТУ, 2019 — Часть 2 : Планирование оптимального эксперимента, реализация решений в среде Microsoft Excel — 2019. — 104 с. — ISBN 978-5-7882-2536-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/196210> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Воробьев, Е. С. Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза : учебное пособие : в 2 частях / Е. С. Воробьев, Э. А. Каралин, Ф. И. Воробьева. — Казань : КНИТУ, 2019 — Часть 1 : Статистические расчеты и обработка эксперимента. Реализация решений в среде Microsoft Excel — 2019. — 104 с. — ISBN 978-5-7882-2535-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166181> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. Исследование равновесия в системах газ-жидкость: теоретические основы и экспериментальные методики. Моделирование химико-технологических процессов основного органического и нефтехимического синтеза : учебное пособие / Г. Г. Елиманова, Э. А. Каралин, Д. В. Ксенофонтов [и др.]. — Казань : КНИТУ, 2016. — 88 с. — ISBN 978-5-7882-2070-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102063> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Кафедра автоматизации химико-технологических процессов, УГНТУ. Сайт кафедры автоматизации технологических процессов и производств: <https://rusoil.net/>
2. Matlab Simulink. Сайт Simulink - Simulation and Model-Based Design: <http://www://mathworks.com/products/simulink/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. РАСЧЁТ ОДНОКОНТУРНЫХ СИСТЕМ, РОСПАТЕНТ. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ № 2009611165 ОТ 20.02.2009.
2. РАСЧЁТ КАСКАДНЫХ СИСТЕМ, РОСПАТЕНТ. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ № 2009611166 ОТ 20.02.2009.
3. РАСЧЁТ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ, РОСПАТЕНТ. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ № 2009616229 ОТ 11.11.2009.
4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГРАФИЧЕСКОГО И СИМПЛЕКС МЕТОДОВ (LINPROG), РОСПАТЕНТ. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ № 2010615119 ОТ 09.08.2010.
5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ СИМПЛЕКС МЕТОДА (LINPROG2), РОСПАТЕНТ. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ГОСУДАРСТВЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ № 2010615105 ОТ 09.08.2010.
6. УЧЕБНЫЙ КОМПЛЕКС ПО МЕТОДАМ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ:

МЕТОДЫ МНОГОМЕРНОГО ПОИСКА

IX. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и практиках, выполнении аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям, выполнение контрольных и творческих работ.

В рамках данной дисциплины предусмотрено 66 часов самостоятельной работы, которая необходима при проработке материала лекции; подготовке к лабораторным работам, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине *«Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем»* включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- разбор теоретических аспектов практических работ, написание отчётов по лабораторным и практическим работам, подготовка к защите отчетов;
- работа со стандартами ГОСТ;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю.

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, подготовку отчетов к лабораторным работам и выполнение домашних заданий, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, оформления отчетов и домашних заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану.

Освоение дисциплины *«Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем»* предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со

стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, подготовкой и выполнением всех практических заданий, выполнением всех видов самостоятельной работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине *«Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем»* является экзамен.

Студент считается аттестованным по дисциплине при условии выполнения всех видов текущего контроля и самостоятельной работы, предусмотренных учебной программой.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

Х. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением. Лабораторный практикум по данной дисциплине проводится в компьютерной лаборатории L772. В которой есть компьютерные системы с инвентарными номерами (101400000068782–101400000068796) 15 штук. Также в аудитории есть компьютерные столы с инвентарными номерами (213600000019403–213600000019430) 19 штук, 4 посадочных места для студентов со своими ноутбуками. Также в аудитории есть ещё 3 стола с инвентарными номерами 213600000072916, 213600000072918, 213600000072919, дополнительные 6 посадочных мест. Максимальная загрузка аудитории 25 человек, при этом 15 человек могут одновременно сидеть за компьютером. В аудитории есть доска с номером 101600000068781. Огнетушитель для чрезвычайных ситуаций 213400000037880.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине *“Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем”* на лекциях используется мультимедийное оборудование: ноутбук, проектор, экран.