

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

А.В. Бурмистров


« 24 » 09. 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ДВ.9.2 «Оптимальный синтез химико-технологических систем»

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
(шифр) (наименование)

Профиль подготовки «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов»

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения очная

Институт, факультет институт пищевых производств и биотехнологии, факультет пищевых технологий

Кафедра-разработчик рабочей программы Системотехники

Курс, семестр 4, 7

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	36	1
Практические занятия	-	-
Семинарские занятия	-	-
Лабораторные занятия	45	1,25
Самостоятельная работа	63	1,75
Форма аттестации	Экзамен, 36	1
Всего	180	5

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 227 от 12 марта 2015 г.)

по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы
(шифр) (наименование)
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки «Рациональное использование материальных энергетических ресурсов»

на основании учебного плана набора обучающихся 2015- 2018 года.

Разработчик программы:

профессор
(должность)


(подпись)

Лаптева Т.В.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры системотехники, протокол от 3.09.2018 № 1.

Зав. кафедрой


(подпись)

Зиятдинов Н.Н.
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии факультета пищевых технологий
17.09.18 № 1

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

Сироткин А.С.
(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии ИУАИТ
от 18.09.18 г. № 2

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

Зарипов Р.Н.
(Ф.И.О.)

Нач. УМЦ, доцент


(подпись)

Китаева Л.А.
(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Оптимальный синтез химико-технологических систем» являются

а) формирование у студентов знаний о способах формализации задач оптимального синтеза химико-технологических систем;

б) формирование у студентов знаний современных подходов и методов, используемых при решении задач оптимального синтеза химико-технологических систем;

в) формирование у студентов представления о методологии оптимального синтеза химико-технологических систем с использованием современных программных средств.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Оптимальный синтез химико-технологических систем» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ООП и формирует у бакалавров, обучающихся по направлению подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской и проектной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Оптимальный синтез химико-технологических систем» бакалавр по направлению подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) Б1.Б.6 Математика;

б) Б1.Б.7 Информатика;

в) Б1.В.ДВ.6.1 Методы оптимизации;

г) Б1.В.ОД.12 Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии;

д) Б1.Б.17 Процессы и аппараты химической технологии.

Дисциплина «Оптимальный синтез химико-технологических систем» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

а) Б1.В.ДВ.12.1 Системный анализ процессов химической технологии;

б) Б1.В.ДВ.12.2 Системный анализ и принятие решений;

Знания, полученные при изучении дисциплины «Оптимальный синтез химико-технологических систем» могут быть использованы при прохождении практик (*преддипломной*) и выполнении *выпускных квалификационных работ*, могут быть использованы в *производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской и проектной* деятельности по направлению подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

1. ОПК-2 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

2. ПК-9 способностью анализировать технологический процесс как объект управления;

3. ПК-14 способностью применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе;

4. ПК-16 способностью моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) **Знать:** а) теоретические основы методологии синтеза оптимальных химико-технологических систем;

- б) основные понятия теории нелинейного программирования, используемые при решении задач синтеза оптимальных химико-технологических систем;
 - в) основные этапы формализации задач синтеза оптимальных химико-технологических систем;
- 2) **Уметь:** а) корректно формулировать и формализовать задачи синтеза оптимальных химико-технологических систем и определять класс полученной математической задачи;
- б) корректно выбирать и использовать методы и алгоритмы решения задач синтеза оптимальных химико-технологических систем;
 - в) анализировать результаты решения задач синтеза оптимальных химико-технологических систем с точки зрения адекватности рассматриваемому процессу химической технологии.
- 3) **Владеть:** а) навыками формирования задач синтеза оптимальных химико-технологических систем в терминах используемого программного средства;
- б) навыками реализации изученных алгоритмов для решения практических задач синтеза оптимальных химико-технологических систем с использованием современных программных средств;
 - в) навыками представления результатов решения задач синтеза оптимальных химико-технологических систем средствами используемого программного пакета.

4. Структура и содержание дисциплины «Оптимальный синтез хими-

ко-технологических систем»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Семинар (Практические занятия)	Лабораторные работы	СР*	
1	Основные понятия и формулировки	7	12	-	10	22	контрольная работа
2	Современные методы нелинейного и смешанного программирования	7	12	-	13	21	контрольная работа
3	Задачи синтеза химико-технологических процессов и систем (ХТПС)	7	12	-	22	20	контрольная работа
Форма аттестации							Экзамен

СР* - самостоятельная работа бакалавра

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых

компетенций и используемых инновационных образовательных технологий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Основные понятия и формулировки	2	1. Актуализация необходимых знаний. Слайд-фильм	Математические методы решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений. Элементы выпуклого анализа функций. Понятия критерия оптимальности и поисковых переменных. Постановка задачи безусловной оптимизации. Математические методы поиска экстремумов функции одной переменной. Постановка задачи условной оптимизации. Понятие ограничений и их виды.	ОПК-2; ПК-9; ПК-14; ПК-16.
		4	2. Математическая модель ХТПС. Слайд-фильм	Подходы к моделированию ХТПС. Математическая модель структуры ХТПС. Математическая модель сложной ХТС как система нелинейных уравнений (СНУ). Методы решения СНУ.	
		4	3. Постановка задачи синтеза оптимальных ХТС	Характеристика ограничений в задачах оптимизации ХТС. Постановка задачи оптимизации сложных ХТС. Характеристика задачи оптимизации стационарного режима работы ХТС как задачи оптимизации. Постановка задачи синтеза оптимальной ХТС. Выбор поисковых переменных. Характеристика задачи.	
		2	4. Особенности решения задачи синтеза оптимальных ХТС	Уровни решения задачи синтеза оптимальной ХТС. Управление точностью решения задачи синтеза оптимальной ХТС. Вынос уровня сведения матбалан-	

				са ХТС на уровень синтеза оптимальной ХТС.
2	Современные методы нелинейного и смешанного программирования	2	5. Современные математические методы безусловной минимизации. Слайд-фильм	Классификация методов. Методы типа спуска: наискорейшего спуска, сопряженных градиентов, Ньютона. Квазиньютоновские методы: методы с памятью и без нее.
		4	6. Методы нелинейного программирования. Слайд-фильм	Условия Куна-Таккера. Проблема выпуклости решаемой задачи. Методы последовательной безусловной оптимизации. Методы прямого учета ограничений. Анализ полученного решения задачи нелинейного программирования. Проблема поиска глобального оптимума методами нелинейного программирования. Метод ветвей и границ глобальной оптимизации:
		6	8. Дискретно-непрерывная оптимизация	Проблема решения дискретно-непрерывных задач оптимизации. Метод сведения к непрерывной задаче, проблема потери решения. Метод ветвей и границ: построение нижней и верхней оценок критерия задачи дискретно-непрерывной оптимизации. Алгоритм метода ветвей и границ. Эвристические алгоритмы смешанного программирования. Характеристика основных методов.
3	Задачи синтеза оптимальных ХТС	6	9. Синтез оптимальных однородных систем	Синтез оптимальных систем теплообмена. Постановка задачи. Подходы к решению. Синтез оптимальных систем разделения. Постановка задачи. подходы к решению. Синтез систем реакторов. Постановка задачи. Подходы к решению.
		2	10. Синтез оптимальных неоднородных систем	Постановка задачи синтеза оптимальной неоднородной системы. Характеристика задачи. Подходы к решению.
		4	11. Учет неопределенности в задачах синтеза оптимальных ХТС.	Учет неопределенности в исходной информации в основных компонентах задачи: критерии, ограничениях. Характеристика задач. Подходы к решению задач.

6. Содержание практических/семинарских занятий

Практические/семинарские занятия учебным планом не предусмотрены.

7. Содержание лабораторных занятий (если предусмотрено учебным планом)

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Формируемые компетенции
1	Основные понятия и формулировки	4	1. Освоение приемов решения уравнений в MathCad	ОПК-2; ПК-9; ПК-14; ПК-16.
		2	2. Расчет материально-тепловых балансов ХТПС	
		4	Выполнение контрольной работы 1	
2	Современные методы нелинейного программирования	2	3. Оценка эффективности современных методов безусловной оптимизации	
		2	Выполнение контрольной работы 2	
		2	4. Оценка решения задачи нелинейного программирования на основе условий Куна-Таккера	
		2	5. Поиск глобального оптимума задачи нелинейного программирования	
		2	Выполнение контрольной работы 3	
		3	6. Методы смешанного нелинейного программирования	
3	Постановки задач оптимизации ХТПС	6	7. Оптимизация стационарного режима ХТПС	
		2	8. Выполнение контрольной работы 4	
		4	9. Синтез систем теплообмена	
		6	10. Синтез систем разделения	
		4	11. Синтез оптимальной ХТС с учетом неопределенности в исходной информации	

Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе кафедры системотехники, оборудованном 12 персональными компьютерами с выходом в Интернет, а также мультимедийными средствами отображения презентаций.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СР	Формируемые компетенции
1	Математическая модель ХТПС	15	<i>Подготовка к лабораторным работам</i>	ОПК-2; ПК-9; ПК-14; ПК-16.
2	Современные математические методы нелинейного программирования	16	<i>Подготовка к лабораторным работам</i>	
3	Методы смешанного нелинейного программирования	16	<i>Подготовка к лабораторным работам</i>	
4	Методы дискретно-непрерывной оптимизации	16	<i>Подготовка к лабораторным работам</i>	

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности бакалавров в рамках дисциплины «Оптимальный синтез химико-технологических систем» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» (утверждено решением Ученого совета ФГБОУ ВО «КНИТУ», протокол №7 от 4 сентября 2017 г.).

При изучении дисциплины предусматривается выполнение 3 контрольных работ. За эти контрольные точки студент может получить максимальное количество баллов 60. По дисциплине «Оптимальный синтез химико-технологических систем» промежуточным видом контроля является экзамен. За ответ на экзамене студент получает 40 баллов максимально. В результате максимальный текущий рейтинг составит 100 баллов.

Оценочные средства	Количество контрольных точек	Min, баллов	Max, баллов
Контрольная работа	3	36	60
Ответ на экзамене		24	40
Итого		60	100

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Оптимальный синтез химико-технологических систем» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Количество экземпляров
1. Токарев В.В. Методы оптимальных решений. В 2 т. Т. 2. Многокритериальность. Динамика. Неопределённость. ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 420 с.	ЭБС «Книгафонд» http://www.knigafund.ru/books/207926 , доступ из любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ

2. Островский Г.М. Оптимизация технических систем: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подготов. "Системный анализ и управление". – М.: КНОРУС, 2016. – 421 с.	ЭБС BOOK.RU https://www.book.ru/book/920626/view2/1 доступ из любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Островский Г.М. Технические системы в условиях неопределенности: анализ гибкости и оптимизация : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направл. подготовки "Прикладная матем.". — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 319 с.	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325443.html%0A доступ из любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ

10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
1. Нестеров Ю.Е. Введение в выпуклую оптимизацию. / ред. Б.Т. Поляк, С.А. Назин. — М.: МЦНМО, 2010. — 280 с.	2 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Гартман Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. «Основные процессы хим. производств и хим. кибернетика». – М.: Академкнига, 2006. – 415 с.	200 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Кибзун А.И., Кан Ю.С. Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями. ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 370 с.	ЭБС «Книгафонд» http://www.knigafund.ru/books/207817 , доступ из любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ
4. Островский Г.М. Методы глобальной оптимизации сложных систем: учеб. пособие / Моск. гос. ин-т стали и сплавов. — М.: Учеба, 2005. — 104 с.	40 экз. в УНИЦ КНИТУ

5. Лисицын Н.В. Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение: учеб. пособие для студ. вузов. – СПб.: Менделеев, 2007. – 312 с.	2 экз. в УНИЦ КНИТУ
---	------------------------

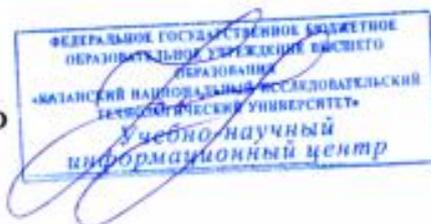
10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Оптимальный синтез химико-технологических систем» рекомендуется использовать электронные источники информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Книгафонд» – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>
3. ЭБС BOOK.RU– Режим доступа: <https://www.book.ru/>
4. ЭБС Консультант студента– Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>

Согласовано:

Зав.сектором ОКУФ



11. Оценочные средства для определения результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся разрабатываются согласно положению «О Фонде оценочных средств по дисциплине (модулю)», являются неотъемлемой частью рабочей программы и оформлены отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

1. Лекционные занятия:

- a. комплект электронных слайдов-фильмов по каждой теме лекционных занятий,
- b. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ ноутбук),

2. Лабораторные работы:

- a. компьютерный класс,
- b. презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
- c. пакеты лицензионного ПО общего назначения (пакет Microsoft Office),
- d. специализированное лицензионное ПО: MathCad.
- e. справочная информационная онлайн-система «Регламент» – режим доступа <http://www.reglament.pro/>, доступ из любой точки интернет после регистрации с IP-адресов КНИТУ,
- f. база данных «Knovel» издательства Elsevier – режим доступа <https://app.knovel.com/web/>
- g. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- h. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

13. Образовательные технологии

Удельный вес занятий по дисциплине «Оптимальный синтез химико-технологических систем», проводимых в интерактивных формах, составляет 30 часов лабораторных занятий, что составляет 37 % от аудиторной нагрузки.

Интерактивные часы реализуются с помощью следующих образовательных технологий:

- компьютерные симуляции,
- методы проблемного обучения,
- работа в команде.