

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

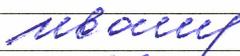
И.о. директора ИШПР

Н.В. Гусева

«25» июня 2020г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

<b>ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b>			
Направление подготовки/ специальность	18.04.01 Химическая технология		
Направленность (профиль)	Химическая технология топлива и газа		
Специализация	Химическая технология топлива и газа		
Уровень образования	высшее образование – магистратура		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		8
	Практические занятия		16
	Лабораторные занятия		24
	ВСЕГО		48
Самостоятельная работа, ч		60	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией		Курсовая работа	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	Зачет, Диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОХИ
Заведующий кафедрой – руководитель отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель			Короткова Е.И.
			Ивашкина Е.Н.
			Троян А.А.
			Сорока Л.С.

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Оптимизация химико-технологических процессов» является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения
ОПК(У)-4	Готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	ОПК(У)-4.31	Знает основные принципы оптимизации химико-технологических процессов
		ОПК(У)-4.У1	Способен проводить оптимизацию химико-технологического процессов, планирование и обработку результатов экспериментов
		ОПК(У)-4.В1	Владеет методами оптимизации, которые применяются при решении задач профессиональной деятельности
ДПК(У)-2	Способность использовать математические модели и пакеты прикладных программ для описания и прогнозирования различных явлений	ДПК(У)-5.31	Знает теоретические основы методов оптимизации химико-технологического процесса
		ДПК(У)-5.У1	Умеет использовать основные математические методы при оптимизации ХТП и осуществлять анализ критериев оптимальности процессов получения органических веществ
		ДПК(У)-5.В1	Владеет навыками использования пакетов прикладных программ для определения параметров математических моделей химических реакторов по экспериментальным данным

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина «Оптимизация химико-технологических процессов» относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

После успешного освоения дисциплины «Оптимизация химико-технологических процессов» будут сформированы результаты обучения:

Код	Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция ООП
	Наименование		
РД-1	Составлять математические модели ХТП; использовать основные математические методы при оптимизации ХТП.		ОПК(У)-4, ДПК(У)-2
РД-2	Применять знания общих методов построения математических моделей идеальных и реальных химических реакторов; критерии оптимальности процессов получения органических веществ.		ДПК(У)-2
РД-3	Применять экспериментальные методы определения математических моделей реакторов; осуществлять анализ селективности процесса и производительности реакционного узла.		ОПК(У)-4, ДПК(У)-2
РД-4	Выполнять обработку и анализ данных математических моделей реакторов с использованием пакетов прикладных программ.		ОПК(У)-4

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Основные понятия оптимизации химико-технологических процессов	РД-1, РД-2	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	15
Раздел (модуль) 2. Оптимизация ХТП со сложными параллельно-последовательными реакциями	РД-2, РД-3, РД-4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	15
Раздел (модуль) 3. Оптимизация равновесных ХТП	РД-2, РД-3, РД-4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	15
Раздел (модуль) 4. Оптимизация процессов химической технологии по экономическим критериям эффективности	РД-1, РД-2, РД-4	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	15

Содержание разделов дисциплины:

#### **Раздел 1. Основные понятия оптимизации химико-технологических процессов**

Основные понятия и определения, используемые при оптимизации химико-технологических процессов (ХТП). Входные, управляющие, возмущающие и выходные параметры процесса. Технологические и экономические критерии эффективности; их использование для оптимизации работы различных ХТП. Методы оптимизации ХТП.

##### **Темы лекций:**

1. Основные понятия оптимизации ХТП. Показатели эффективности ХТП. Технологические критерии эффективности. Качественные, экономические и другие критерии оптимизации ХТП.

##### **Темы практических занятий:**

1. Методы оптимизации ХТП. Аналитические методы. Градиентные методы. Методы математического программирования. Статистические методы.
2. Оптимизация методом крутого восхождения. Планирование эксперимента.

##### **Названия лабораторных работ:**

1. Оптимизация симплексным методом.
2. Оптимизация методом крутого восхождения.

#### **Раздел 2. Оптимизация ХТП со сложными параллельно-последовательными реакциями**

Зависимость селективности и выхода в сложных параллельно-последовательных процессах от концентраций реагентов; степени конверсии; типа реактора; температуры. Влияние способа введения реагентов на селективность и выход в сложных реакциях. Удельная производительность реакторов и их сочетаний. Влияние параметров процесса на

удельную производительность реакторов в простых и сложных реакциях.

**Темы лекций:**

1. Оптимизация работы реакционного устройства, в котором протекает сложная химическая реакция.

**Темы практических занятий:**

1. Влияние типа реакторов на селективность и выход в сложных реакциях.
2. Оптимизация работы реакционного устройства.

**Названия лабораторных работ:**

1. Оптимизация технологических процессов по степени конверсии.
2. Селективность и выход в сложных параллельных необратимых реакциях. Оптимизация необратимых последовательных и параллельных реакций.

**Раздел 3. Оптимизация равновесных ХТП**

Постановка задачи. Оптимизация простых равновесных процессов. Оптимизация сложных равновесных процессов.

**Темы лекций:**

1. Оптимизация термодинамически равновесных процессов.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет равновесного состава сложных реакций.
2. Нахождение оптимальных условий осуществления равновесных процессов.

**Названия лабораторных работ:**

1. Расчет констант равновесия.
2. Моделирование и оптимизация ХТП и реакторов с использованием программных продуктов

**Раздел 4. Оптимизация процессов химической технологии по экономическим критериям эффективности**

Экономические критерии эффективности. Себестоимость, приведенные затраты, прибыль, доход. Использование экономических критериев при оптимизации различных ХТП. Современные системы управления ХТП.

**Темы лекций:**

1. Оптимизация процессов химической технологии по экономическим критериям эффективности

**Темы практических занятий:**

1. Применение экономических критериев при оптимизации ХТП.
2. Современные системы управления ХТП.

**Названия лабораторных работ:**

3. Оптимизация по экономическим критериям эффективности.
4. Нахождение оптимальных условий проведения процесса с использованием экономических критериев.

## 5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение индивидуальных домашних заданий;
- Подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям;
- Выполнение курсового проекта;
- Подготовка к защите курсового проекта, к зачету.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Учебно-методическое обеспечение

*Основная литература:*

1. Бочкарев, Валерий Владимирович. Оптимизация технологических процессов органического синтеза: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. В. Бочкарев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 1.0 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m46.pdf> (контент).

2. Гартман, Т. Н. Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики: учебное пособие [Электронный ресурс] / Гартман Т. Н., Клушин Д. В. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 404 с. – ISBN 978-5-8114-3900-3. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/12690> (контент).

*Дополнительная литература:*

1. Оптимизация химико-технологических процессов. Практикум [Электронный ресурс] / В. В. Бочкарев, А. А. Троян; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 160 с. Схема доступа: [http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/t/TROYAN/academic/Tab/Optimization\\_ChTP. PracticalWork\\_2014.pdf](http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/t/TROYAN/academic/Tab/Optimization_ChTP. PracticalWork_2014.pdf) (контент).

2. Иванчина, Эмилия Дмитриевна. Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем: электронный курс [Электронный ресурс] / Э. Д. Иванчина, Е. С. Чернякова, И. В. Якупова; – Электрон. дан. – Томск: TPU Moodle, 2015. — Заглавие с экрана. – Доступ по логину и паролю. Схема доступа: <http://design.lms.tpu.ru/course/view.php?id=840> (контент).

3. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу «Математическое моделирование химико-технологических процессов»: учебное пособие / Н.А. Самойлов. – 3-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 176 с. – ISBN 978-5-8114-1553-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/37356> (дата обращения: 12.03.2020).

4. Гапанович, В.С. Методы решения оптимизационных задач: учебное пособие / В.С. Гапанович, И.В. Гапанович. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 272 с. – ISBN 978-5-9961-0861-9. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64530> (дата обращения: 12.03.2020).

5. Колбин, В.В. Специальные методы оптимизации / В.В. Колбин – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 384 с. – ISBN 978-5-8114-1536-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/41015> (дата обращения: 12.03.2020).

## 6.2 Информационное и программное обеспечение

*Internet-ресурсы* (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный курс «Оптимизация химико-технологических процессов» (Оптимизация ХТП) для подготовки магистров по направлению 18.04.01 «Химическая технология». Режим доступа: <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1435>.

2. [Бочкарев, Валерий Владимирович](#). Оптимизация химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. В. Бочкарев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов (ТОВПМ). – 1 компьютерный файл (pdf; 7.3 MB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – Заглавие с титульного экрана. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m361.pdf>.

3. [Бочкарев, Валерий Владимирович](#). Оптимизация технологических процессов органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. В. Бочкарев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 1 компьютерный файл (pdf; 1.0 MB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m46.pdf>.

4. Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем нефтеперерабатывающих производств [Электронный ресурс]: учебное пособие / Э. Д. Иванчина [и др.]. – 1 компьютерный файл (pdf; 4.1 MB). – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m016.pdf>

5. ЭБС «Лань». — Политематический ресурс (в основном, коллекции книг ведущих издательств учебной и научной литературы). — Режим доступа: из аудитории с компьютерами, подключенными к сети ТПУ (<http://e.lanbook.com/books>).

6. Научная электронная библиотека elibrary.ru. — Коллекция российских научных журналов в полнотекстовом электронном виде. — Режим доступа: из аудитории с компьютерами, подключенными к сети ТПУ ([http://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](http://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)). Для чтения полных текстов требуется персональная регистрация в Научной электронной библиотеке elibrary.ru.

Используемое лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

- Acrobat Reader DC
- Chrome
- Firefox ESR
- Flash Player
- MathType 6.9 Lite
- Office 2010 Professional Plus Russian Academic
- Office 2010 Standard Russian Academic
- Office 2013 Standard Russian Academic
- PDFCreator 1.7.3
- UniSim Design Academic Network
- 7-Zip

### 3. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	<p>Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс)</p> <p>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 43а, 109А</p>	<p>Компьютер - 18 шт.; Беспроводная точка доступа Cisco AIR-LAP1131AG-E-K9 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест.</p> <p>Acrobat Reader DC; Chrome; Firefox ESR; Office 2010 Professional Plus Russian Academic; Office 2010 Standard Russian Academic; Office 2013 Standard Russian Academic; PDFCreator 1.7.3; UniSim Design Academic Network; Flash Player; MathType 6.9 Lite; 7-Zip</p>
2.	<p>Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p> <p>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 43а, 211</p>	<p>Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для документов - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 140 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.;</p> <p>Acrobat Reader DC, Flash Player; K-Lite Codec Pack Full; AkelPad, Chrome, Notepad++; LibreOffice; Office 2007 Standard Russian Academic; PDF-XChange Viewer; VirtualBox; Visual C++ Redistributable Package; Webex Meetings; WinDjView; XnView Classic; Zoom;</p>
3.	<p>Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)</p> <p>634034, Томская область, г. Томск, Советская улица, д. 73, стр. 1, аудитория 137</p>	<p>Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для одежды - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест; Интерактивная доска Legamaster со стойкой - 1 шт.; Мешалка магнитная с подогревом MR Hei-Standard - 1 шт.; Мультимедийный проектор Epson EB-410We - 1 шт.; Крепление проекторное телескопическое на стойку для интерактивных досок - 1 шт.; Стойка мобильная для</p>

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 43а, 109А	Компьютер - 18 шт.; Беспроводная точка доступа Cisco AIR-LAP1131AG-E-K9 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест.  Acrobat Reader DC; Chrome; Firefox ESR; Office 2010 Professional Plus Russian Academic; Office 2010 Standard Russian Academic; Office 2013 Standard Russian Academic; PDFCreator 1.7.3; UniSim Design Academic Network; Flash Player; MathType 6.9 Lite; 7-Zip
		интерактивной доски Legamaster DYNAMIC e-Board Interactive 86 - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.  7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Design Science MathType 6.9 Lite; Far Manager; Google Chrome; Mozilla Firefox ESR; Notepad++; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; XnView Classic

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 18.04.01 «Химическая технология», профилю «Химическая технология топлива и газа» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Программа одобрена на заседании отделения химической инженерии (протокол от «19» июня 2020 г. № 15).

Заведующий кафедрой – руководитель отделения  
на правах кафедры, д.х.н., профессор \_\_\_\_\_ /Короткова Е.И./  
подпись

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент		Троян А.А.
Доцент		Сорока Л.С.

Рецензент:

Место работы	Должность	Подпись	ФИО
ОХИ ИШПР	Доцент		Волгина Т.Н

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОХИ (протокол)