

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 19.12.2024 15:35:25  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Направление подготовки  
**16.03.01 Техническая физика**

Направленность программы бакалавриата  
**Цифровая физика материалов**

Квалификация  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Факультет **химической и биотехнологии**  
Кафедра **ресурсосберегающих технологий**

Санкт-Петербург  
2024

**Б1.О.30**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Объем дисциплины	5
4. Содержание дисциплины	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	6
4.2. Занятия лекционного типа	6
4.3. Занятия семинарского типа	7
4.3.1. Семинары, практические занятия	7
4.4. Самостоятельная работа обучающихся	7
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	8
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	8
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	9
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	9
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	10
10.1. Информационные технологии	10
10.2. Программное обеспечение	10
10.3. Базы данных и информационно-справочные системы	10
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.	10
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.	11

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ОПК-5</b> Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	<b>ПК-5.2</b> Способен осуществлять оценку эффективности технических систем методами системного анализа и управления.	<b>Знать:</b> принципы разработки математических моделей сложных систем (ЗН-1); <b>Уметь:</b> правильно применять методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем (У-1). <b>Владеть</b> знаниями о принципах разработки математических моделей различных сложных систем (Н-1)

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (Б1.О.30) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами в процессе освоения дисциплин «Информационные технологии в физике», «Автоматизированное проектирование», «Планирование исследований и анализ экспериментальных данных», «Автоматизированные системы управления технологическими процессами», «Основы моделирования систем», других дисциплин общинженерной подготовки.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Компьютерное моделирование технических систем» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)</b>	<b>5 / 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>108</b>
занятия лекционного типа	<b>36</b>
занятия семинарского типа, в т.ч. на практ.подготовку	54
семинары, практические занятия	54
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	18
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>36</b>
<b>Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)</b>	Устный опрос
<b>Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)</b>	<b>Экзамен (36), КП</b>

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Математическое моделирование - основной метод кибернетики	4		-	4	ОПК-5	ОПК-5.2
2.	Математические модели типовых процессов химической технологии	12	24	-	8	ОПК-5	ОПК-5.2
3.	Математические модели химических реакторов	10	16	-	12	ОПК-5	ОПК-5.2
4.	Исследование микро- и макрокинетики процессов	10	14	-	12	ОПК-5	ОПК-5.2

### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Физическое и математическое моделирование. Основные виды математических моделей. Выбор и построение модели процесса. Установление адекватности математических моделей реальным объектам.	4	ЛВ
2	Тепловые процессы. Модели стационарного и нестационарного процесса в теплообменном аппарате. Последовательность оптимального расчета теплообменника. Тепловой насос. Диффузионные процессы. Моделирование ректификационных колонн. Уравнение Фенске и Андервуда. Четкость деления смеси. Математические модели насадочных колонн.	12	ЛВ
3	Уравнения скорости реакции. Области протекания химических реакций. Определение общего уравнения процесса. Форма кинетического уравнения. Модель идеального вытеснения. Модель реактора полного перемешивания. Каскад реакторов полного смешения. Диффузионная модель. Двухфазная модель реактора с кипящим слоем.	10	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	Интегральный и дифференциальный методы анализа опытных данных. Подбор и проверка уравнения кинетики простой реакции. Истинные и наблюдаемые константы скорости. Распределение продуктов сложных реакций.	10	ЛВ

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Основы работы в системах моделирования химико-технологических процессов	8	МК, КтСм
2	Расчет теплообменного оборудования	8	МК, КтСм
2	Моделирование ректификационных колонн	8	МК, КтСм
3	Моделирование реакторов (реактор идеального вытеснения, реактор полного перемешивания)	16	МК, КтСм
4	Подбор и проверка уравнения кинетики	8	МК, КтСм
4	Моделирование технологических схем промышленных процессов	6	МК, КтСм

#### 4.3.2. Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах.	4	Устный опрос №1
2	Модели печей огневого нагрева.	8	Устный опрос №2
3	Расчет реакторов по кривым отклика. Устойчивость тепловых режимов реакторов	12	Устный опрос №3
4	Масштабирование аппаратов.	12	Устный опрос №3

### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по

дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.spbti.ru>

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде экзамена и защиты курсового проекта в 7 семестре.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков)

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин, на решение задачи отводится до 20 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

<b>Вариант № 1</b>
1. Модель идеального вытеснения.
2. Распределение продуктов сложных реакций.
Задача: Выполнить синтез заданной схемы теплообмена в системе моделирования

Пример темы курсового проекта:

<b>Вариант № 1</b>
Оптимизация стабилизации гидрогенизата на установке гидроочистки дизельного топлива

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка за экзамен и курсовой проект «удовлетворительно».

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания:**

1. Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / Н. В. Лисицын [и др.]. – Санкт-Петербург. : Менделеев, 2013. - 392 с. - ISBN 978-5-94922-034-4 :
2. Общая химическая технология : учебник для химико-технологических спец. вузов : В 2-х частях / под ред. И. П. Мухленова. - 5-е изд., стер. - Москва : Альянс, 2009. - Ч. 1 : Теоретические основы химической технологии / И. П. Мухленов [и др.]. - 2009. - 256 с. - ISBN 978-5-903034-78-9
3. Общая химическая технология : учебник для химико-технологических спец. вузов : В 2-х частях / Под ред. И. П. Мухленова. - 5-е изд., стер. - Москва : Альянс, 2009. - Ч. 2 : Важнейшие химические производства / И. П. Мухленов [и др.]. - 2009. - 263 с. - ISBN 978-5-903034-79-6
4. Математическое моделирование химико-технологических процессов : Учебное пособие для вузов / Ас. М. Гумеров [и др.]. - Москва : КолосС, 2008. - 159 с. - ISBN 978-5-9532-0631-0
5. Машины и аппараты химических производств : Учебное пособие для вузов по спец. "Машины и аппараты химических производств" направления подготовки "Энерго- и

- ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / А. С. Тимонин, Б. Г. Балдин, В. Я. Борщев и др.; под ред. А. С. Тимонина. - Калуга : Изд-во Н. Ф. Бочкаревой, 2008. - 871 с. - ISBN 978-5-89552-227-1
- б. Компьютерное моделирование химико-технологических систем в среде Aspen Hysys 8.6 : учебное пособие / В. И. Федоров [и др.]. – Санкт-Петербург [б. и.], 2019. - 77 с.

#### **б) электронные учебные издания:**

1. Власов, Е. А. Общая химическая технология : Учебное пособие / Е. А. Власов, А. Ю. Постнов, С. А. Лаврищева; под ред. Е. А. Власова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра технологии катализаторов. - Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург. : [б. и.], 2009. - 140 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: [https:// technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения: 11.11.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Компьютерное моделирование химико-технологических систем в среде Aspen Hysys 8.6 : учебное пособие / В. И. Федоров [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра ресурсосберегающих технологий. - Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2019. - 77 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: [https:// technolog.bibliotech.ru](https://technolog.bibliotech.ru) (дата обращения: 11.11.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

#### **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <https://media.spbti.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Компьютерное моделирование технических систем» проводятся в соответствии с требованиями следующих СПП:

СПП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа.

СПП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:  
плановость в организации учебной работы;  
серьезное отношение к изучению материала;  
постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **10.1. Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;  
взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение**

Программы Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft PowerPoint), операционная система MS Windows. Специализированные моделирующие программные пакеты ASPEN® или аналоги.

### **10.3. Базы данных и информационно-справочные системы**

Научная электронная библиотека e-library.ru –<http://elibrary.ru>

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

**Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.**

Основное оборудование: Специализированная мебель и технические средства обучения (14 персональных компьютеров, видеопроекционная и аудиосистема), пластиковая доска.

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа.**

Основное оборудование: столы – 16 шт.; стулья - 33 шт.; маркерная доска, телевизор, компьютеры с доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» – 8 шт.

**Помещение для самостоятельной работы.**

Основное оборудование: столы – 54 шт.; стулья - 54 шт.; маркерная доска, проектор, демонстрационный экран; компьютеры с доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» – 24 шт.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Компьютерное моделирование технических систем»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ОПК-5</b>	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	Начальный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ОПК-5.2</b> Способен осуществлять оценку эффективности технических систем методами системного анализа и управления.	<b>Знает</b> принципы разработки математических моделей сложных систем (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №№1-25 к экзамену	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, может объяснить их смысл	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, дает четкие их определения	Перечисляет основные термины и понятия, используемые в лексике предмета изучения, дает четкие их определения, может привести релевантные примеры
	<b>Умеет</b> правильно применять методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем (У-1)	Корректное выполнение и анализ результатов практических работ	Называет особенности применения методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем	Называет и поясняет особенности применения методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем	Подробно описывает особенности применения методы вычислительной математики для анализа эволюции сложных систем
	<b>Способен пользоваться</b> знаниями о принципах разработки математических моделей различных сложных систем (Н-1)	Корректное выполнение и защита курсового проекта	Имеет представление о принципах о решения задач из области разработки математических моделей различных сложных систем	Способен осуществлять решение задач из области разработки математических моделей различных сложных систем	Способен о формулировать постановку задачи и выполнять решение задач из области разработки математических моделей различных сложных систем

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

- шкала оценивания на экзамене балльная.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **3.1 Вопросы к экзамену**

##### **Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-5:**

1. Физическое и математическое моделирование.
2. Основные виды математических моделей.
3. Выбор и построение модели процесса.
4. Установление адекватности математических моделей реальным объектам.
5. Интегральный и дифференциальный методы анализа опытных данных.
6. Подбор и проверка уравнения кинетики простой реакции.
7. Истинные и наблюдаемые константы скорости.
8. Распределение продуктов сложных реакций.
9. Масштабирование аппаратов.
10. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах.
11. Модели стационарного процесса в теплообменном аппарате.
12. Модели нестационарного процесса в теплообменном аппарате.
13. Последовательность оптимального расчета теплообменника.
14. Тепловой насос.
15. Модели печей огневого нагрева.
16. Моделирование ректификационных колонн. Четкость деления смеси.
17. Математические модели насадочных колонн.
18. Уравнения скорости реакции. Области протекания химических реакций.
19. Модель идеального вытеснения.
20. Модель реактора полного перемешивания.
21. Каскад реакторов полного смешения.
22. Диффузионная модель.
23. Двухфазная модель реактора с кипящим слоем.
24. Расчет реакторов по кривым отклика.
25. Устойчивость тепловых режимов реакторов

##### **3.2 Комплексные задания для проверки умений и навыков в ходе промежуточной аттестации** комплектуются типовыми примерами, освоенными на занятиях семинарского типа.

Пример задания:

С использованием системы математического моделирования определить флегмовое число ректификационной колонны для разделения смеси бензола и толуола. Расход и характеристика потока питания колонны, а также конструктивные параметры аппарата задаются преподавателем.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше и практическое задание, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин, на решение задачи отводится до 20 мин.

##### **3.3. Вопросы для проведения устных опросов** выбираются из перечня контрольных вопросов 1-25 в соответствии с разделом дисциплины и тематикой текущей аттестации.

##### **3.4 Примеры тем курсовых проектов**

1. Оптимизация работы блока ректификации установки по производству моноолефинов
2. Оптимизация стабилизации гидрогенизата на установке гидроочистки дизельного топлива
3. Оптимизация режимов четкой ректификации рафината на установке бензольного риформига

4. Оптимизация работы колонны выделения изопентана на установке изомеризации
5. Оптимизация режимов вторичной разгонки бензина на установке суммарных ксилолов

Примерное задание на курсовой проект:

Целью курсового проекта является выработка рекомендаций по коррекции работы технологического объекта.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. разработать адекватную модель технологического процесса;
2. исследовать зависимость целевых показателей процесса от режима работы технологических аппаратов;
3. предложить способ оптимизации по текущим режимным или структурным параметрам промышленной установки;
4. обобщить результаты и сформулировать окончательные выводы.

Результаты выполнения курсового проекта представляются в виде пояснительной записки, которая содержит следующие разделы:

- а) краткая характеристика объекта исследований (назначение процесса, технологическая схема);
- б) цель и задачи (проблемы проведения процесса, пути их решения);
- в) основные результаты (проверка адекватности модели, влияние режима на показатели качества, метод экспресс - оценки качества продукции);
- г) выводы по проделанной работе и рекомендации по использованию результатов.

#### **4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.