

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 02.11.2023 12:55:44
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
« 24 » мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки
27.03.03 Системный анализ и управление

Направленность программы бакалавриата
«Системный анализ и управление химической технологии»

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **информационных технологий и управления**
Кафедра **системного анализа и информационных технологий**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.20

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, инициалы, фамилия
Доцент		Д.А. Краснобородько
Профессор		Профессор В.А. Холоднов

Рабочая программа дисциплины «Моделирование объектов химической технологии» обсуждена на заседании кафедры системного анализа и информационных технологий протокол от «28» 04 2021г. № 7

Заведующий кафедрой

профессор, д.т.н. А.А. Мусаев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета информационных технологий и управления протокол от «19» 05 2021г. № 8

Председатель

доцент, к.т.н. В.В. Куркина

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Системный анализ и управление»		Д.А. Краснобородько
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	06
4.3. Занятия семинарского типа.....	07
4.3.1. Семинары, практические занятия	07
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	12
10.2. Программное обеспечение.....	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	12
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	12

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-5 Способен осуществлять компьютерное проектирование групповых и единичных технологических процессов</p>	<p>ПК-5.5 Компьютерное моделирование групповых и единичных технологических объектов</p>	<p>Знать: - методы моделирования и математические модели объектов химической технологии (ЗН-1). Уметь: - определять основные статические и динамические характеристики объектов химической технологии (У-1). Владеть: - навыками работы с современными информационными технологиями и программными продуктами для моделирования объектов химической технологии (Н-1).</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.20) и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Процессы и аппараты химической технологии», «Моделирование систем».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Моделирование объектов химической технологии» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/акад. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	4/144
Контактная работа с преподавателем:	62
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	36 (4)
лабораторные работы	
курсовое проектирование (КР или КП)	8
КСР	
другие виды контактной работы	
Самостоятельная работа	46
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Устные опросы
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен(36), КП

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.	Основы моделирования объектов химической технологии	4				ПК-5	ПК-5.5
2.	Математическое описание объектов химической технологии	6	4		20	ПК-5	ПК-5.5
3.	Моделирование и управление объектами химической технологии	8	12		20	ПК-5	ПК-5.5
4.	Моделирование объектов химической технологии с помощью информационно-моделирующий программ		20		6	ПК-5	ПК-5.5

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><u>Основы моделирования объектов химической технологии.</u></p> <p>Основные понятия и определения. Структура математической модели. Классификация математических моделей. Цели математического моделирования для технических объектов и технологических процессов. Краткая характеристика основных этапов алгоритмов построения аналитических и эмпирических моделей. Этап определения объекта исследования и постановки задачи (задач). Этап выбора входных и выходных факторов.</p>	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практи ческую подгот овку	
2	<u>Математическое описание объектов химической технологии.</u> Математическая модель аппарата идеального смешения. Математическая модель аппарата идеального вытеснения. Математическая модель аппарата неполного продольного перемешивания. Модели периодических реакторов. Моделирование тепловых процессов. Кинетика химических реакций. Тепловые процессы в химических реакторах периодического действия. Отгонка (простая перегонка, дистилляция).	6		Слайд-презентация
3	<u>Моделирование и управление объектами химической технологии.</u> Моделирование процесса регулирования температуры в химическом реакторе. Моделирование процесса управления каскадом реакторов с противоточным охлаждением. Моделирование процесса управления ректификационной колонной. Регулирование уровня жидкости в емкости.	8		Слайд-презентация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практи ческую подгот овку	
2	<u>Математическое моделирование</u> Математические модели объектов химико-технологических систем. Степень свободы математической модели системы.	4	1	групповая дискуссия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
3	Математические модели технологических аппаратов: испаритель, нагреватель, компрессор, турбина. Моделирование процесса регулирования температуры в химическом реакторе в программе MathCAD. Моделирование процесса управления каскадом реакторов с противоточным охлаждением в программе MathCAD. Моделирование процесса управления ректификационной колонной в программе MathCAD. Регулирование уровня жидкости в емкости в программе MathCAD.	12	1	групповая дискуссия
4	<u>Информационно-моделирующие программы (ИМП)</u> Принципы работы ИМП. ИМП для данной предметной области – основной инструмент решения задач моделирования объектов и систем химической технологии. Математическое моделирование стехиометрического реактора в Aspen Plus и Aspen Hysys. Математическое моделирование и оптимизация реактора полного смешения, реактора идеального вытеснения и реактора Гиббса в Aspen Plus и Aspen Hysys. Расчет технологической схемы окисления параксилола в Aspen Plus и Aspen Hysys.	12	1	групповая дискуссия
4	<u>Библиотека модулей ИМП</u> Графический интерфейс. Библиотека математических модулей. Режимы поверочного, проектного, имитационного расчёта объектов. Расчет и анализ чувствительности ректификационной колонны в Aspen Plus и Aspen Dynamics. Расчет ректификационной колонны в Aspen Hysys.	8	1	групповая дискуссия

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Моделирование химического реактора на основе модели идеального смешения, вытеснения и модели неполного продольного перемешивания. <ul style="list-style-type: none">• допущения при построении математических моделей реакторов идеального смешения.• допущения при построении математических моделей реакторов идеального вытеснения.	20	Устный опрос № 1
3	Выбор оптимального типоразмера центробежного насоса. <ul style="list-style-type: none">• Моделирование характеристики сети центробежного насоса. Анализ высоты его установки. Анализ полей типоразмеров центробежного насоса.	4	Устный опрос № 2
3	Расчёт каскада реакторов идеального смешения. <ul style="list-style-type: none">• Математическая модель барботажного реактора колонного типа. Математическая модель кожухотрубного газлифтного реактора. Анализ и сопоставление этих моделей.	10	Устный опрос № 3
3	Определение основных характеристик процесса конвективной диффузии на основании решения однопараметрической модели неполного продольного перемешивания. <ul style="list-style-type: none">• Исследуется влияние параметров математической модели: Скорости потока; коэффициента продольной турбулентной диффузии.	6	Устный опрос № 4
4	Базы физико-химических свойств веществ информационно-моделирующих программ ASPEN Plus и ASPEN Hysys.	6	Устный опрос № 5

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.technolog.edu.ru>.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и защиты курсового проекта.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенции и комплектуется теоретическими вопросами.

При сдаче экзамена студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу – до 40 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Цель моделирования объектов химической технологии.
2. Математическая модель аппарата идеального вытеснения.

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 «удовлетворительно».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Системный анализ и принятие решений. Компьютерное моделирование и оптимизация объектов химической технологии в Mathcad и Excel : учеб. пособие для вузов / [В. А. Холоднов и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра математического моделирования и оптимизации химико-технологических процессов. - Санкт-Петербург. : [б. и.], 2007. – 433 с.
2. Чистякова Т. Б. Математическое моделирование химико-технологических объектов с распределенными параметрами : учеб. пособие для вузов / Т. Б. Чистякова, А. Н. Полосин, Л. В. Гольцева. – Санкт-Петербург. : ЦОП «Профессия», 2010. – 240 с. – ISBN 978-5-91884-015-3.

б) электронные учебные издания:

1. Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учеб. пособие для вузов / А. М. Гумеров. – 2-е изд., перераб. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2021. – 176 с. // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168613> (дата обращения: 30.04.2020). - Режим доступа: по подписке. - ISBN 978-5-8114-1533-5.
2. Краснобородько Д. А. Декомпозиционный расчет химико-технологических систем с помощью информационно-моделирующей программы Aspen Hysys : учеб. пособие / Д. А. Краснобородько, Р. Ю. Кулишенко, В. А. Холоднов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа и информационных технологий. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2017. – 33 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения : 25.03.2021). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
3. Краснобородько Д. А. Системный анализ объектов химической технологий с использованием ASPEN PLUS и ASPEN HYSYS. (на примере химико-технологической

системы получения терефталевой кислоты) : учеб. пособие / Д. А. Краснобородько, Р. Ю. Кулишенко, В. А. Холоднов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа и информационных технологий. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2017. – 123 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения : 25.03.2021). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

4. Краснобородько Д. А. Моделирование экстрактивной ректификации с помощью информационно-моделирующей программы Aspen Hysys : учеб. пособие / Д. А. Краснобородько, Р. Ю. Кулишенко, В. А. Холоднов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра системного анализа и информационных технологий. - Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2018. – 62 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения : 25.03.2021). Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

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

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>.

Электронно-библиотечные системы:

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

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

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в системах, таких как www.rambler.ru; www.yandex.ru; www.yahoo.ru; www.google.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Моделирование объектов химической технологии» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП (СТО):

СТП 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;

СТП СПбГТИ 044-2012. КС УКВД. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

СТП 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 электронной информационно-образовательной среды.

10.2. Программное обеспечение.

Офисный пакет Microsoft Office;
универсальный математический пакет MathCAD;
моделирующий программный комплекс AspenTech (Aspen Plus, Aspen Hysys, Aspen Dynamics).

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для ведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная проектором, экраном, ноутбуком, на 100 посадочных мест.

Для ведения практических занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные 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.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине
«Моделирование объектов химической технологии»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Способен осуществлять компьютерное проектирование групповых и единичных технологических процессов	промежуточный

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)
ПК-5.5 Компьютерное моделирование групповых и единичных технологических объектов	Называет методы моделирования и математические модели объектов химической технологии (ЗН-1).	Правильные ответы на вопросы № 1 - 13 к экзамену	Имеет представление о методах моделирования, моделях объектов химической технологии. Перечисляет с ошибками.	Рассказывает методы моделирования и математические модели объектов химической технологии с помощью наводящих вопросов.	Перечисляет методы моделирования и модели объектов химической технологии. Легко ориентируется в терминах.
	Поясняет основные статические и динамические характеристики объектов химической технологии (У-1).	Правильные ответы на вопросы № 14 - 24 к экзамену	С ошибками называет статические и динамические характеристики объектов.	Называет статические и динамические характеристики объектов с небольшими подсказками преподавателя.	Самостоятельно определять статические и динамические параметры объектов химической технологии
	Показывает навыки работы с современными информационными технологиями и программными продуктами для моделирования объектов химической технологии (Н-1).		Слабо ориентируется в алгоритме работы информационно-моделирующих программ для моделирования объектов химической технологии.	Знает принципы работы информационно-моделирующих программ с небольшими ошибками	Способен самостоятельно моделировать и оптимизировать объекты химической технологии.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ):

Шкала оценивания курсового проекта – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

Шкала оценивания экзамена – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

1. Объект химической технологии.
2. Цель существования и работы объектов химической технологии.
3. Математическое моделирование – основной метод системного анализа и принятия решений.
4. Наблюдаемость, управляемость, чувствительность.
5. Информационно замкнутые системы.
6. Математическая модель аппарата идеального смешения.
7. Математическая модель аппарата идеального вытеснения.
8. Математическая модель аппарата неполного продольного перемешивания.
9. Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков.
10. Математическое моделирование теплообменных процессов.
11. Математическое моделирование теплообменника типа «перемешивание-перемешивание».
12. Математическое моделирование теплообменника типа «перемешивание-вытеснение».
13. Математическое моделирование ректификационной колонны.
14. Моделирование процесса регулирования температуры в химическом реакторе.
15. Моделирование процесса управления каскадом реакторов с противоточным охлаждением.
16. Моделирование процесса управления ректификационной колонной.
17. Регулирование уровня жидкости в емкости.
18. Регулирование температуры в емкости.
19. Информационно-моделирующие программы.
20. Принципы построения ИМП. ИМП для данной предметной области – основной инструмент решения задач системного анализа в этой области.
21. Библиотека модулей.
22. Базы физико-химических свойств веществ.
23. Импорт и экспорт в/из других готовых программных продуктов.
24. Примеры ИМП для химической технологии: ASPEN Plus, ASPEN Hysys,

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Темы курсовых проектов.

1. Моделирование процесса регулирования уровня жидкости в емкости.
2. Моделирование процесса регулирования температуры в емкости.
3. Моделирование процесса регулирования температуры в химическом реакторе.
4. Моделирование процесса управления каскадом реакторов с противоточным охлаждением.
5. Моделирование процесса управления ректификационной колонной.
6. Моделирование стационарного процесса химического превращения в реакторе непрерывного действия с мешалкой при изотермических условиях.
7. Моделирование стационарного процесса химического превращения в каскаде реакторов с мешалкой при одинаковой температуре в каждом реакторе.
8. Моделирование стационарного процесса сульфирования нафталина в реакторе непрерывного действия с мешалкой.

9. Моделирование стационарного процесса химического превращения в каскаде реакторов с мешалкой при разных температурах в каждом реакторе.
10. Моделирование стационарного режима реактора получения полиэтилена высокого давления.
11. Моделирование процессов на основе решения дифференциальных уравнений.
12. Моделирование нестационарного химического процесса, протекающего в реакторе непрерывного действия с мешалкой при изотермических условиях.
13. Моделирование нестационарного процесса сульфирования нафталина в проточном реакторе с мешалкой.
14. Моделирование стационарного процесса химического превращения в трубчатом реакторе в изотермических условиях.
15. Моделирование процесса окисления ксилола до фталевого ангидрида в трубчатом реакторе.
16. Моделирование процесса дегидрирования бензола в трубчатом реакторе.
17. Моделирование процесса превращения нитробензола до анилина в трубчатом реакторе.
18. Моделирование процесса очистки сточной воды от органических примесей в электролизере.
19. Моделирование динамических режимов реактора получения полиэтилена при высоком давлении.
20. Моделирование аппарата однократного испарения (расчет доли отгона многокомпонентной смеси).

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015 КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.

СТП СПбГТИ 044-2012. КС УКВД. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.