

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 19.07.2023 20:38:41
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
« 28 » июня 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Специальность

18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий

Специализация

05 - Автоматизированное производство химических предприятий;

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **химической энергетики**

Санкт-Петербург

2021

Оглавление

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3 Объем дисциплины.....	6
4 Содержание дисциплины	6
4.1 Разделы дисциплины и виды занятий	6
4.2 Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа	9
4.4 Самостоятельная работа обучающихся.....	10
5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	110
6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	111
8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	121
9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	121
10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	12
11 Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	113
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	13
Приложение № 1	14
к рабочей программе дисциплины	

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

В результате освоения образовательной программы специалитета 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 использовать современные информационные технологии и базы данных для решения задач своей предметной области</p>	<p>ПК-5.4 Понятие об исследовании структуры потоков. Процессы Маркова и вероятностное моделирование. Практическое применение метода Монте-Карло.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none">– основные методы построения вероятностных моделей процессов химической технологии;– основные алгоритмы при разработке программного обеспечения моделей химической технологии;– вероятностные методы исследования структуры потоков. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">– проводить проектирование технологических процессов на основе их вероятностных математических моделей;– применять на практике теорию марковских процессов и метод Монте-Карло. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none">- навыками разработки алгоритмов и программ, необходимых для проектирования технологических процессов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам специализации, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.10.12) и изучается на 4 курсе в 8 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Введение в химическую технологию энергонасыщенных материалов», «Прикладная механика» и «Процессы и аппараты химической технологии». Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3 Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	5/ 180
Контактная работа с преподавателем:	98
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т. ч.	54
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	8
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	
КСР	8
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	46
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП , зачет, экзамен)	Экзамен 36

4 Содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение	2	-	-		ПК-5	ПК-5.4
2.	Основные принципы построения вероятностных моделей процессов химической технологии	4			23	ПК-5	ПК-5.4
3.	Моделирование технологических процессов с использованием метода Монте-Карло	20	44	-		ПК-5	ПК-5.4
4.	Моделирование процессов и технологических комплексов в рамках теории Марковских процессов	10	10	-	23	ПК-5	ПК-5.4

4.2 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<p><u>Введение</u> Цели и задачи дисциплины. Рекомендуемая литература. История развития вероятностных методов моделирования.</p>	2	
2	<p><u>Основные принципы построения вероятностных моделей процессов химической технологии</u> Понятие модели объекта химической техники. Этапы построения модели и аспекты моделирования. Вероятностные и детерминированные модели. Получение случайных чисел на ЭВМ. Разыгрывание событий. Распределение случайной величины. Понятие структуры потоков. Распределение времени пребывания. Преобразование случайных чисел в соответствии с заданным законом распределения. Получение случайных значений распределенных физических величин. Представление вектора значений случайной величины в виде функции распределения.</p>	4	Компьютерная симуляция

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<p><u>Моделирование технологических процессов с использованием метода Монте-Карло</u></p> <p>Определение оптимального поля допуска деталей, составляющих размерную цепь. Разыгрывание случайных размеров деталей в пределах допуска.</p> <p>Случайные блуждания на плоскости и на линии. Примеры моделей процессов химической технологии, построенных в рамках теории случайных блужданий: моделирование броуновского движения частиц, расчет поля температур по заданным условиям на границах области.</p> <p>Алгоритмическое обеспечение процессов случайных блужданий. Циклы, условные операторы, счетчики событий.</p> <p>Дискретные блуждания на линии. Модель классификации дисперсных материалов в аппарате с пересыпными полками, расчет дисперсного состава продуктов классификации и анализ результатов классификации.</p> <p>Моделирование непрерывных процессов при обработке вещества в зонах с различными условиями, учет случайного времени пребывания в отдельных зонах.</p> <p>Основные понятия теории массового обслуживания. Поток заявок, дисциплина очереди, механизм обслуживания. Моделирование работы роторной машины с распределенным временем потока заявок. Оценка вместимости приемного устройства (бункера) роторной машины.</p>	20	Компьютерная симуляция
4	<p><u>Моделирование процессов химической технологии в рамках теории Марковских процессов.</u></p> <p>Понятие непрерывного и дискретного марковского процесса. Абсолютные и переходные вероятности. Формирование матрицы переходных вероятностей. Применение теории марковских процессов при исследовании структуры потоков. Задача о простое машин.</p>	10	Компьютерная симуляция

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Иновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
3	<p>Метод Монте-Карло в приложении к проектированию технологических комплексов.</p> <p>Разработка алгоритма и программы для определения поля температур по заданным условиям на границах области.</p> <p>Определение оптимального поля допуска деталей, составляющих размерную цепь.</p> <p>Разработка алгоритма и программы расчета кривой разделения гравитационного классификатора дисперсных материалов на основе теории случайных дискретных блужданий.</p> <p>Разработка алгоритма и программы расчета непрерывного сушильного аппарата с учетом случайного времени пребывания вещества в зонах с разным температурным режимом.</p> <p>Разработка алгоритма и программы расчета параметров модели простейшей системы массового обслуживания.</p>	44	8	Компьютерная симуляция

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Иновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
4	Формирование матрицы переходных вероятностей применительно к задаче о простое машин. Определение параметров функционирования участка с распределенным временем непрерывной работы оборудования и распределенным временем восстановления вышедших из строя машин	10	-	Компьютерная симуляция

4.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Расчет определенного интеграла функции, не берущегося аналитическими методами.	23	Устный опрос
3	Моделирование произвольной структуры потоков с использованием математического аппарата цепей Маркова: колонный аппарат, схема с рециклом.	23	Устный опрос

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 виде экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются билетами. Билет содержит два теоретических вопроса (для проверки знаний).

При проведении экзамена, студент получает билет с вопросами из перечня, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта билета на экзамене:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Кафедра химической энергетики

УГСН 18.00.00 Химическая и биотехнология

Специальность: 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов

Специализация: Технология энергонасыщенных материалов и изделий

Билет № 1

1. Задача о простое машин. Формирование матрицы переходных вероятностей.
2. Понятие структуры потоков. Разыгрывание случайного времени пребывания элемента потока в непрерывном аппарате.

Дата:

Зав. кафедрой химической энергетики

А.С. Мазур

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. Марков, Ю.Г. Математические модели химических реакций : учебник / Ю. Г. Марков, И. В. Маркова. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2013. - 192 с.
2. Хрущева, И.В. Основы математической статистики и теории случайных процессов: Учебное пособие/И.В. Хрущева [и др.].-СПб.; М.: Лань, 2009.-331 с.
3. Зарубин, В.С. Математическое моделирование в технике: Учебник для вузов/ В.С. Зарубин, Е.Е. Иванова, Г.Н. Кувыркин; под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко,- 3-е изд., испр.-М.:Из-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2010.-495 с.
4. Охорзин, В.А. Прикладная математика в системе MathCad: Учебное пособие для вузов. В.А. Охорзин.-3-е изд.-СПб.; М.; Краснодар: Лань,2009.-348с.
5. Основы проектирования химических производств: учебник для вузов/ В.И. Косинцев [и др.]; под ред. А.И. Михайленко, - М.: Академкнига, 2006.-332с.
6. Новый справочник химика и технолога: Процессы и аппараты химических технологий: в 2с. Ч.1/Г.М.Островский и др.; ред.Г.М. Островский [и др.] – СПб.: Профessional, 2004. – 841с.
7. Новый справочник химика и технолога: Процессы и аппараты химических технологий: в 2ч. Ч.2 /Г.М.Островский и др.; ред. Г.М.Островский [и др.] – СПб.: Профessional, 2006.- 916с.
8. Данильчук, В.С. Моделирование броуновского движения частиц с использованием метода Монте-Карло.: практикум / В.С. Данильчук.- СПбГТИ(ТУ), 2016.-18с.

б) электронные учебные издания:

1. Гумеров, А.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие для вузов по направлениям "Химическая технология" и "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / А. М. Гумеров. - 2-е изд., перераб. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М.; Краснодар: Лань, 2022. - 176 с.
2. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов": учебное пособие / Н. А. Самойлов. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2022. - 168 с. (ЭБС)

8 Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

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

ЭБС «Лань». Принадлежность-сторонняя. Адрес сайта – <http://e.lanbook.com>
Наименование организации – ООО «Издательство «Лань».

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс». Принадлежность – сторонняя. Контракт № 04(49)12 от 31.12.2012г. по оказанию информационных услуг с использованием экземпляров Специальных Выпусков Систем Консультант Плюс.

ЭБС «Научно-электронная библиотека eLibrary.ru». Принадлежность – сторонняя. Адрес сайта – <http://elibrary.ru> Наименование организации – ООО РУНЭБ. Договор № SU-18-02/2013-2 от 18.02.2013г. на оказание услуг по предоставлению доступа к изданиям в электронном виде.

<http://guide.aonb.ru/library.html> Путеводитель по ресурсам Интернет.

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Вероятностные методы моделирования

процессов химической технологии» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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 приходиться, 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;
- компьютерная симуляция.

10.2 Программное обеспечение

Microsoft Office (Microsoft Excel); Mathcad/

10.3 Базы данных и информационные справочные системы

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

База данных журналов РИНЦ.

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

Лекционные кабинеты 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е.	Специализированная мебель (20 посадочных мест), доска, проектор, экран, учебно-наглядные пособия
Компьютерный класс: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. помещение 19-Н, (второй этаж) аудитории 4, 13	Компьютерный класс: Оборудование компьютерного класса: Доступ по локальной сети к единой информационной системе, сайту библиотеки СПбГТИ(ТУ) с системой электронного поиска, электронными библиотеками, доступ к сайту «Роспатента», "Росстата", "Ростехнадзора", Internet. Программное обеспечение: ОС WINDOWS, OPEN OFFICE, Авторское программное обеспечение для расчета зон действия поражающих факторов, рисков, Matcad, ТОКСИ, FireCat, СОУТ, Охрана труда (1С Предприятие), Производственная безопасность (1С Предприятие) Обучающиеся ЛОВЗ обеспечиваются ресурсами ЭБС (электронно-библиотечная система).

<p>Помещения для практических и лабораторных занятий: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. помещение 19-Н, (второй этаж) аудитории 4, 13</p>	<p>Специализированная мебель (20 посадочных мест), лабораторное оборудование.</p>
<p>Помещения для самостоятельной работы: 190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Е. помещение 19-Н, (второй этаж) аудитории 4, 13</p>	<p>Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Доска, проектор, экран, учебно-наглядные пособия</p>

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 «Вероятностные методы моделирования процессов химической
технологии»**

1 Перечень компетенций и этапов их формирования

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Способен использовать современные информационные технологии и базы данных для решения задач своей предметной области	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-5.4	Разбирается в основах построения вероятностных моделей технологических процессов.	Правильные ответы на вопросы № 1 -4 к экзамену.	Перечисляет основные принципы построения вероятностных моделей технологических процессов.	Преобразует случайные числа в соответствии с заданным законом распределения	Формулирует цели и задачи построения вероятностной модели процесса химической технологии.
	Разбирается в алгоритмах и программах применительно к построению и использованию вероятностных математических моделей при проектировании технологических процессов. Использует на практике Метод Монте-Карло.	Правильные ответы на вопросы № 5 -15 к экзамену.	Перечисляет основные алгоритмы при построении вероятностных математических моделей при проектировании технологических процессов	Формулирует требования к вероятностной модели технологического процесса.	Владеет навыками построения алгоритмов и составления программ для реализации вероятностных моделей с использованием метода Монте-Карло
	Разбирается в построении и использовании математических моделей, основанных на теории марковских процессов при проектировании технологических комплексов	Правильные ответы на вопросы № 16 - 21, к экзамену, ответы.	Формирует матрицу переходных вероятностей применительно к конкретному технологическому процессу	Использует теорию марковских процессов для моделирования процессов химической технологии	Использует вероятностную модель для получения информации о функционировании объекта химической техники при проектировании.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

3.1 Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-5:

1. Понятие вероятностной модели объекта химической техники. Этапы построения модели и аспекты моделирования.
2. Основные принципы построения вероятностных моделей объектов химической техники.
3. Представление работы объектов химической техники в виде функций распределения входных и выходных параметров.
4. Использование метода Монте-Карло для проектирования объектов химической техники. Общие идеи и понятия.
5. Использование метода Монте-Карло для расчета поля допуска изготовления деталей, составляющих размерную цепь. Постановка задачи. Разыгрывание случайных размеров деталей и цепи.
6. Расчет процессов, в которых вещество проходит зоны с различным режимом обработки. Разыгрывание случайного времени пребывания в отдельных зонах.
7. Преобразование случайных величин в соответствии с заданным законом распределения. Разыгрывание случайного времени пребывания элемента потока в аппарате.
8. Задачи, решаемые в рамках процесса случайных блужданий. Системы с поглощающими и отражающими экранами.
9. Построение алгоритма случайных блужданий на плоскости. Использование метода случайных блужданий для расчета поля температур по заданным условиям на границах.
10. Построение модели гравитационного классификатора с пересыпными полками. Постановка задачи, выбор ограничений, расчет кривой разделения.
11. Расчет дисперсного состава продуктов разделения анализ результатов классификации на основе вероятностной модели.
12. Основные понятия теории массового обслуживания: “требование”, “счетчик”, “обслуживающий прибор”, дисциплина очереди. Функции распределения времени потока заявок.
13. Системы массового обслуживания с очередью, отказами. Постановка задач по моделированию систем массового обслуживания.
14. Моделирование системы массового обслуживания с одним «обслуживающим прибором» и простейшим (Пуассоновским) распределением времени поступления и обслуживания потока заявок.
15. Оценка вместимости бункера-накопителя роторной машины с распределенным временем поступления деталей.
16. Моделирование работы объектов химической техники с использованием цепей Маркова. Основные положения. Абсолютные и переходные вероятности.
17. Основное уравнение цепей Маркова. Примеры физической интерпретации распределения вероятностей. Расчет определяющих параметров моделируемого объекта.
18. Моделирование произвольной структуры потоков с использованием математического аппарата цепей Маркова: колонный аппарат, схема с рециклом.
19. Задача о простое машин. Формирование матрицы переходных вероятностей. Поиск стационарного распределения и расчет показателей эффективности обслуживания машин.

20. Постановка задачи о простое машин. Интерпретация задачи в терминах теории массового обслуживания. Формирование матрицы переходных вероятностей.
21. Поиск стационарного распределения и расчет показателей эффективности обслуживания оборудования применительно к задаче о простое машин.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

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

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).