

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> Определение оптимального поля допуска деталей, составляющих размерную цепь. Разыгрывание случайных размеров деталей в пределах допуска. 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. Алгоритмическое обеспечение процессов случайных блужданий. Циклы, условные операторы, счетчики событий. Дискретные блуждания на линии. Модель классификации дисперсных материалов в аппарате с пересыпными полками, расчет дисперсного состава продуктов классификации и анализ результатов классификации. Моделирование непрерывных процессов при обработке вещества в зонах с различными условиями, учет случайного времени пребывания в отдельных зонах. 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> 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		Инновационная 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»).