Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по УР

Подлинник электронного документа, подписанного ЭЦП, хранится в системе электронного документооборота ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»

Сертификат 03 37 82 ac 95 ff b3 99 40 18 ea 3c 01 9f 6f c8
Владелец Рудин Александр Евгеньевич, первый проректор
Действителен с 17 июля 2026 г. по 17 октября 2027

_____А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.01.01 Моделирование процессов защиты окружающей среды

Учебный план: 2026-2027 20.03.01 ИПХиЭ ТБ ОО №1-1-98.plx

Кафедра: 18 Инженерной химии и промышленной экологии

Направление подготовки: (специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль подготовки: (специализация) Инженерная защита окружающей среды

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
5	УП	16	32	59,75	0,25	3	Зачет
	РПД	16	32	59,75	0,25	3	
6	УП	17	51	71,5	4,5	4	Курсовая работа, Экзамен
	РПД	17	51	71,5	4,5	4	
Итого	УП	33	83	131,25	4,75	7	
	РПД	33	83	131,25	4,75	7	

Санкт-Петербург
2026

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утверждённым приказом Минобрнауки России от 25.05.2020 г. № 680

Составитель (и):

кандидат технических наук, Заведующий кафедрой _____ Бусыгин Николай Юрьевич

От кафедры составителя: _____ Бусыгин Николай Юрьевич
Заведующий кафедрой инженерной химии и промышленной экологии

От выпускающей кафедры: _____ Бусыгин Николай Юрьевич
Заведующий кафедрой

Методический отдел: Макаренко С. В.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области моделирования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии в целях исследования, прогнозирования результатов функционирования, оптимизации, в том числе с позиций энерго- и ресурсосбережения.

1.2 Задачи дисциплины:

• ознакомить с основными понятиями математического моделирования процессов и систем энерго- и ресурсосбережения;

• рассмотреть типовые методы построения эмпирических и детерминированных моделей и их качественного исследования;

• сформировать навыки постановки задач оптимизации параметров технологических процессов на основе построенных математических моделей;

• закрепить у студентов практические навыки по использованию численных методов компьютерного решения систем уравнений математического описания.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Физическая химия

Методы и средства автоматизированных расчетов в экологии

Тепломассообменные процессы в защите окружающей среды

Информационные технологии

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-3: Способен осуществлять разработку и эколого-экономическое обоснование планов внедрения природоохранной техники и технологии в организации
Знать: место и роль математического моделирования как метода познания, средства установления взаимосвязи технологических параметров и оптимизации технологических процессов.
Уметь: выбирать существенные факторы, влияющие на эффективность рассматриваемых процессов, выбирать программные средства обработки данных.
Владеть: навыками использования доступных программных продуктов для реализации математических моделей.
ПК-4: Способен устанавливать причины и последствия аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, подготавливать предложения по предупреждению негативных последствий
Знать: принципы построения математических моделей, их классификацию и подходы к реализации.
Уметь: разрабатывать математические модели типовых процессов и аппаратов в области защиты окружающей среды; осуществлять постановку задачи аппроксимации.
Владеть: навыками реализации моделей и анализа результатов моделирования; навыками решения типовых задач аппроксимации.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Математические модели в автоматизированном расчете систем инженерной защиты окружающей среды	5					3
Тема 1. Математическое моделирование как основной метод решения задач оптимизации и проектирования систем инженерной защиты окружающей среды. Современные ЭВМ – техническая основа моделирования. Экономическая и социальная значимость сохранения биосферы и роль методов математического моделирования и оптимизации в инженерном экологическом менеджменте. Общее понятие математической модели. Параметры модели. Классификация математических моделей. Принципы построения математических моделей. Реализация моделей, программные средства реализации моделей. Практическое занятие. Сетевые информационные ресурсы по физико-химическим свойствам веществ и смесей.		2	2	4,75		
Тема 2. Типовое информационное обеспечение математического моделирования процессов защиты окружающей среды. Специализированные базы и банки данных как основа автоматизированных технологических расчетов. Принципы построения банков данных по физико-химическим свойствам сложных по составу технологических потоков в различном агрегатном состоянии, по типовому оборудованию технологических установок, по типовой трубопроводной аппаратуре и пр. Специализированные СУБД. Практическое занятие. Изучение структуры и возможностей банка данных по физико-химическим свойствам веществ и смесей произвольного состава.		4	6	10	ИЛ	
Раздел 2. Эмпирико-статистические математические модели: получение и использование.						3
Тема 3. Общие принципы построения эмпирико-статистических моделей. Моделируемый процесс как «черный ящик». Независимые переменные и функция отклика. Исходные данные для моделирования. Выбор формы модели. Подходы к оценке параметров уравнения модели. Метод наименьших квадратов (МНК) и его реализация. Практическое занятие. Выбор формы эмпирической модели и ее преобразование для использования МНК.		2	4	6		

Тема 4. Программные средства для построения эмпирико-статистических моделей. Использование электронных таблиц MS Excel для получения моделей путем построения линии тренда. Линейная регрессия общего вида в Mathcad. Особенности реализации и использования метода наименьших квадратов в общем виде применительно к линейной регрессии. Практическое занятие. Построение линейных по форме эмпирико-статистических моделей.		2	4	8	ИЛ	
Тема 5. Нелинейные эмпирико-статистические математические модели. Линеаризация моделей для использования типовых методов и программных средств. Альтернативные методы оценки коэффициентов нелинейных эмпирических моделей. Нелинейная регрессия в Mathcad. Практическое занятие. Оценка коэффициентов уравнения Аррениуса по экспериментальным данным различными методами.		2	4	8	ИЛ	
Раздел 3. Физико-химические математические модели.						3
Тема 6. Общие принципы построения физико-химических (детерминированных) математических моделей. Описание гидродинамики, равновесия в системе, кинетики и условий тепломассопереноса как основные составляющие физико-химических моделей. Две постановки задачи расчета процессов и аппаратов по моделям.				5		
Тема 7. Моделирование гидравлических систем как пример построение физико-химических математических моделей. Оценка расхода жидкости через местное сопротивление. Моделирование и расчет короткого разветвленного трубопровода. Моделирование процессов истечения. Практическое занятие. Моделирование процессов перемещения жидкостей. Практическое занятие. Моделирование и расчет истечения жидкостей из системы емкостей.		2	8	10	ИЛ	
Тема 8. Моделирование кинетики химического взаимодействия как пример построения физико-химических моделей. Материальный баланс простой химической реакции. Закон действующих масс. Построение кинетических уравнений для случаев простой и сложной химических реакций. Практическое занятие. Моделирование кинетики сложной химической реакции		2	4	8	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		16	32	59,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Раздел 4. Зависимость формы математического описания аппаратов от выбранной гидродинамической модели структуры потоков.	6					3

Тема 9. Типовые модели гидродинамической структуры потоков вещества в аппаратах. Влияние конструктивных особенностей на неравномерность распределения времени пребывания частиц вещества в аппарате. Экспериментальная оценка структуры потоков. C- и F-кривые распределения времени пребывания частиц и их свойства. Практическое занятие. Определение параметров моделей структуры потоков по экспериментальным данным.		2	6	6	ИЛ	
Тема 10. Моделирование химических реакторов с учетом выбранной гидродинамической модели структуры потоков. Практическое занятие. Математическое описание химических реакторов различного типа и их сравнительная оценка.		2	6	6	ИЛ	
Тема 11. Моделирование теплообменных аппаратов с учетом структуры потоков. Принципы построения математических моделей теплообменников по моделям идеального смешения, вытеснения и ячеечной. Обоснование формы уравнений. Практические занятия. 1) Моделирование теплообменного аппарата на основе ячеечной модели (с различным числом ячеек и взаимным направлением движения потоков). 2) Моделирование теплообменников по модели вытеснения (прямоток, противоток) 3) Комбинированные модели при расчете теплообменников.		3	8	12	ИЛ	
Тема 12. Особенности расчета стационарного процесса теплопередачи с учетом зависимости физико-химических свойств теплоносителей от температуры. Учет агрегатного состояния теплоносителей при выборе уравнений для расчета теплового потока, средней разности температур и коэффициента теплопередачи. Подход к компьютерной оценке коэффициента теплопередачи. Практические занятия: 1) Моделирование теплообмена и расчет коэффициента теплопередачи. 2) Моделирование и расчет теплообменных аппаратов по различным гидродинамическим моделям с учетом зависимости коэффициента теплопередачи от температуры.		2	8	12	ИЛ	
Тема 13. Подходы к моделированию массообменных процессов и аппаратов. Практическое занятие. Метод аналогий в моделировании тепло- и массопереноса		2	2	4		
Раздел 5. Оптимизация технологических процессов на основе их математических моделей						3

Тема 14. Общее понятие об оптимизации и численных методах оптимизации. Экономические и технологические параметры целевой функции или критерия оптимальности. Однопараметрическая и многопараметрическая оптимизация. Задачи с ограничениями разного типа. Примеры численных методов оптимизации.		1		2		
Тема 15. Примеры использования оптимизационных задач в проектных и технологических расчетах в среде Mathcad и MS Excel. Практические занятия. 1) Определение оптимальных параметров оборудования на стадии проектирования. 2) Оценка констант скоростей реакции по экспериментальной кинетической кривой. 3) Подбор коэффициентов эмпирических уравнений оптимизационными методами.		1	8	10	ИЛ	
Раздел 6. Математическое моделирование сложных химико-технологических систем.						3
Тема 16. Химико-технологическая система как объект моделирования. Понятие ХТС. Статические и динамические режимы функционирования. Элементы ХТС. Технологические операторы. Технологические потоки. Параметричность потоков. Замкнутые и разомкнутые ХТС. Математическая модель ХТС. Постановка задач синтеза и анализа ХТС. Проектный и поверочный расчеты ХТС и ее элементов. Размерность задачи расчета ХТС.		1		3		
Тема 17. Интегральные методы расчета стационарных режимов ХТС. Сущность интегральных методов и их применимость. Ограничения методов. Расчет материальных потоков в замкнутой ХТС матричным методом. Практическое занятие. Расчет материальных потоков в замкнутой ХТС интегральным (матричным) методом (компьютерное моделирование).		1	4	6	ИЛ	
Тема 18. Декомпозиционные методы расчета стационарных режимов ХТС. Сущность декомпозиционных методов и их применимость. Формальные методы определения последовательности расчета элементов разомкнутой ХТС. Расчет материальных потоков в разомкнутой ХТС декомпозиционным методом. Структурный анализ замкнутой ХТС и ее расчет итерационным методом. Основные этапы структурного анализа ХТС. Компьютерная реализация алгоритмов. Практические занятия. 1) Расчет материальных потоков в разомкнутой. 2) Структурный анализ замкнутой ХТС. Компьютерный расчет замкнутой ХТС итерационным методом (компьютерное моделирование).		2	9	10,5	ИЛ	

Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	51	71,5		
Консультации и промежуточная аттестация (Курсовая работа, Экзамен)		4,5				
Всего контактная работа и СР по дисциплине		120,75		131,25		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Основной целью курсовой работы является привитие студентам навыков самостоятельной постановки и реализации задачи математического моделирования как отдельного аппарата (элемента ХТС), так и химико-технологической системы в целом.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): Курсовая работа выполняется студентами по индивидуальному заданию. Типовое задание на выполнение курсовой работы включает по выбору преподавателя 2 задания из приведенных ниже

• разработка математического описания аппарата как элемента ХТС и реализация модели с последующим вычислительным экспериментом;

• обработка набора экспериментальных данных с получением эмпирической математической модели методами линейной или нелинейной регрессии, оптимизационными методами;

• расчет замкнутой ХТС интегральным и декомпозиционным методами с проверкой результата в моделирующей программе.

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Выбор способа реализации заданий курсовой работы (язык программирования, автоматизированная среда моделирования и расчета, математические программы) – по желанию студента. Рекомендуемые средства реализации – Borland Delphi (Lazarus), Mathcad.

Результаты представляются в виде пояснительной записки объемом от 20 стр., включая тексты разработанных программных продуктов. Пояснительная записка выполняется в текстовом редакторе с соблюдением правил оформления по ГОСТ 7.32-2017. При защите курсовой работы обучающимся должны быть продемонстрированы работоспособные программные продукты.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-3	Приводит общее определение математической модели и описание ее параметров, элементы классификации, характеризует подходы к постановке задачи расчета по моделям, определяет роль математического моделирования в технологических расчетах и научных исследованиях. Определяет исходные данные, выбор формы уравнения, обосновывает принцип оценки коэффициентов модели, оценки качества аппроксимации; составляет детерминированные математические описания аппаратов с учетом гидродинамической структуры потоков, равновесия и кинетики процессов, условий тепломассопереноса. Выполняет проектные или поверочные расчеты по модели (моделирование гидравлических систем, химической кинетики, теплообменной аппаратуры и др.), анализирует результаты моделирования, проводит вычислительный эксперимент.	Вопросы для устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа
ПК-4	Описывает подходы к решению задачи аппроксимации таблично заданной функции (таблицы наблюдений) математической зависимостью, формулирует принцип наименьших квадратов, дает определения базовых понятий регрессионного анализа. Преобразует эмпирико-статистические модели для оценки их коэффициентов с использованием доступного программного обеспечения. Оценивает коэффициент эмпирических моделей на основе регрессионного анализа, оценивает результаты аппроксимации; реализует на компьютере оценку коэффициентов эмпирических математических моделей с использованием доступного программного обеспечения (MSExcel, Mathcad, Delphi).	Вопросы для устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.	Обучающийся всесторонне и глубоко разработал тему на основе широкого круга источников технической литературы и нормативно-технической документации, проявил самостоятельность в разработке информационного и программного обеспечения, представил правильные расчеты и выводы, применил разнообразные методы решения; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсовой работы не допущены погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов.
4 (хорошо)	Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.	Обучающийся в полном объеме выполнил задание, представил решение задач разнообразными методами, проявил самостоятельность в разработке информационного и программного обеспечения, представил правильные расчеты и выводы; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсовой работы допущены небольшие погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов, допущены нарушения или небрежность в оформлении работы.
3 (удовлетворительно)	Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов.	Обучающийся в целом выполнил задание, представил решение всех задач, но проявил недостаточную самостоятельность в разработке информационного и программного обеспечения, и потребовалась существенная помощь преподавателя; пояснительная записка оформлена небрежно.
2 (неудовлетворительно)	Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).	Обучающимся представлена частично выполненная работа (решены не все задачи), при этом содержащая грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании студентом разрабатываемой им темы.
Зачтено	Обучающийся своевременно выполнил индивидуальные задания на практических занятиях, представил результаты в виде рабочих листов Mathcad, защитил работы, возможно допуская несущественные* ошибки в ответе на вопросы преподавателя.	
Не зачтено	Обучающийся выполнил частично индивидуальные задания на практических занятиях, не в полном объеме представил результаты в виде рабочих листов Mathcad, не защитил работы и/или допустил существенные** ошибки в ответе на вопросы преподавателя.	

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 5	
1	Общие понятия математического моделирования. Математические модели. Классификация.
2	Основные подходы к построению математических моделей.
3	Базы данных как информационное обеспечение математического моделирования. Принципы построения. Специализированные системы управления базами данных.
4	Банк данных о физико-химических свойствах веществ и их смесей: построение и использование.
5	Анализ общих подходов к построению специализированных баз данных по параметрам технологического оборудования.
6	Эмпирико-статистические математические модели в автоматизированных расчетах. Исходные данные для построения моделей. Выбор формы уравнений. Общая постановка задачи построения моделей данного типа.
7	Основные понятия, применяемые при построении эмпирико-статистических моделей: независимые переменные, факторы, функции отклика, объем выборки, выборочные оценки и др.
8	Метод наименьших квадратов и его использование при оценке коэффициентов линейных регрессионных уравнений. Вывод системы уравнений.
9	Реализация оценки коэффициентов эмпирических уравнений в MS Excel и Mathcad (линейная регрессия общего вида, метод наименьших квадратов).
10	Физико-химические математические модели - общее понятие, основные составляющие.
11	Моделирование процессов перемещения жидкостей. Использование уравнения Бернулли.
12	Моделирование короткого разветвленного трубопровода: подход к расчету и особенности реализации.
13	Математическое моделирование процессов истечения из емкостей: принципы построения уравнений и особенности решения.
14	Моделирование химической кинетики: основные закономерности, лежащие в основе моделей.
15	Моделирование кинетики сложной химической реакции.
Семестр 6	
16	Необходимость учета особенностей гидродинамической структуры потоков вещества при построении детерминированных математических моделей.
17	Типовые модели структуры потоков вещества в аппаратах: основные допущения и области применения. Диффузионная модель и ее частные (предельные) случаи.
18	Типовые модели структуры потоков вещества в аппаратах: основные допущения и области применения. Ячеечная модель структуры потоков.
19	Экспериментальное определение параметров гидродинамических моделей.
20	Моделирование химического реактора идеального вытеснения.
21	Моделирование химического реактора идеального смешения.
22	Моделирование химического реактора на основе ячеечной модели.
23	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального смешения и ячеечной.
24	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального вытеснения. Вывод уравнений модели для прямоточной схемы движения теплоносителей.
25	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального вытеснения. Особенности решения системы уравнений для противоточной схемы движения теплоносителей.
26	Применение комбинированных моделей структуры потоков (типа смешение - вытеснение) при моделировании теплообменных аппаратов.
27	Особенности учета зависимости свойств потоков в теплообменном аппарате от температуры.
28	Компьютерный расчет коэффициента теплопередачи для различного агрегатного состояния теплоносителей.
29	Базовые понятия оптимизации технологических процессов (постановка задачи, критерий оптимальности и его аргументы, подходы к решению задачи).
30	Химико-технологическая система (ХТС). Элементы ХТС. Технологические операторы, их назначение и условные обозначения. Различные постановки задач расчета ХТС. Понятия синтеза и анализа ХТС
31	Сущность интегральных методов расчета ХТС. Применимость, достоинства и недостатки интегральных методов.
32	Разомкнутые и замкнутые ХТС. Типы связей между элементами системы. Особенности расчета разомкнутых и замкнутых ХТС.

33	Сущность декомпозиционных методов расчета ХТС, их применимость, достоинства и недостатки.
34	Формальные методы определения последовательности расчета элементов разомкнутой ХТС. Возможность компьютерной реализации методов.
35	Структурный анализ замкнутой ХТС – основные этапы и их сущность.
36	Реализация итерационных алгоритмов расчета ХТС на основе результатов структурного анализа замкнутой схемы.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены.

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Проанализируйте уравнение Аррениуса, описывающего зависимость константы скорости реакции от температуры, с точки зрения подхода к оценке предэкспоненциального множителя и энергии активации методом линейной регрессии. Определите вид функции отклика и факторов. Предложите программные средства решения задачи.

2. В аппарат поступают 2 входных потока, для которых заданы объемные расходы V1 и V2 (в м3/ч), и 2 выходных с объемными расходами V3 и V4. Плотности всех потоков известны, обозначим их как р1, р2, р3, р4 соответственно. Запишите уравнения материального баланса.

3. Для обратимой химической реакции, протекающей по схеме A1+A2 <--> 2 A3, запишите кинетические уравнения. Предложите метод и программные средства для решения уравнений.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

К зачету и экзамену допускаются студенты, выполнившие и защитившие все индивидуальные задания, выданные на практических занятиях.

Предоставление и защита курсовой работы является обязательным условием допуска к экзамену.

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная	+	Письменная		Компьютерное тестирование		Иная	

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

• время на подготовку к устному собеседованию составляет 20 минут, на выполнение практического задания на компьютере – до 45 минут;

• при защите курсовой работы демонстрация студентами работоспособных программных продуктов, представленных в пояснительной записке, обязательна.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Бусыгин Н. Ю.	Моделирование процессов защиты окружающей среды	СПб.: СПбГУПТД	2019	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019174
Воронина, П. В., Лапин, В. Н.	Математическое моделирование в задачах	Новосибирск: Новосибирский государственный университет	2023	https://www.iprbookshop.ru/134573.html
Клинов, А. В., Малыгин, А. В., Анашкин, И. П., Минибаева, Л. Р.	Моделирование химико-технологических процессов в пакете Mathcad Prime	Казань: Издательство КНИТУ	2022	https://www.iprbookshop.ru/136167.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Бусыгин Н. Ю.	Методы и средства автоматизированных расчетов в экологии. Решение задач в среде Mathcad	СПб.: СПбГУПТД	2014	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2178

Бусыгин Н. Ю.	Моделирование процессов защиты окружающей среды. Контрольная работа	СПб.: СПбГУПТД	2019	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019134
Бусыгин Н. Ю.	Моделирование процессов защиты окружающей среды. Курсовая работа	СПб.: СПбГУПТД	2016	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=3432
Окунева, Г. Л., Рябцева, С. В.	Математическое моделирование систем и процессов	Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ	2022	https://www.iprbookshop.ru/133720.html
Шаповалова, Е. А., Антипова, А. Н., Казанцева, Л. А.	Моделирование в геоэкологии	Тюмень: Тюменский индустриальный университет	2022	https://www.iprbookshop.ru/133648.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел. Вычислительная математика. Математическое моделирование. Численные методы» [Электронный ресурс]. URL: http://window.edu.ru/app.php/catalog/resources?p_rubr=2.2.74.12.57

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел. Информатика и информационные технологии» [Электронный ресурс]. URL: http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.6

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

Mathcad Education – University Edition Term

1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения

6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду