

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

_____ А. Е. Рудин

«29» июня 2021 года

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.01.02 Автоматизированные расчеты химико-технологических систем

Учебный план: ФГОС 3++20.03.01_Техносферная безопасность №1-1-98.plx

Кафедра: **18** Инженерной химии и промышленной экологии

Направление подготовки:
(специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль подготовки: Инженерная защита окружающей среды
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия					
5	УП	17	34	56,75	0,25	3	Зачет
	РПД	17	34	56,75	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	34	85	128,25	4,75	7	
	РПД	34	85	128,25	4,75	7	

Санкт-Петербург
2021

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25.05.2020 г. № 680

Составитель (и):

кандидат технических наук, Заведующий кафедрой

Бусыгин Николай
Юрьевич

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и
промышленной экологии

Бусыгин Николай
Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Бусыгин Николай
Юрьевич

Методический отдел: Макаренко С.В.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области математического моделирования сложных технических систем и их элементов в целях исследования, прогнозирования результатов функционирования, оптимизации, в том числе с позиций энерго- и ресурсосбережения.

1.2 Задачи дисциплины:

- продемонстрировать концептуальные подходы к постановке и решению задач анализа и синтеза сложных химико-технологических систем (ХТС);
- обучить математическому аппарату, применяемому для решения задач расчета сложных ХТС, в том числе в системах автоматизированного расчета;
- сформировать навыки построения математических моделей типовых процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии на основе феноменологических и эмпирико-статистических подходов и исследования процессов по этим моделям.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Методы и средства автоматизированных расчетов в экологии

Информационные технологии

Общая и неорганическая химия

Органическая химия

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Физическая химия

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: основы моделирования технологических систем как совокупности технологических аппаратов; математические основы расчета сложных химико-технологических систем.

Уметь: разрабатывать математические описания технологических систем на основе интегральных и декомпозиционных методов.

Владеть: навыками расчета технологических систем с использованием доступного программного обеспечения; навыками проведения расчетов для обоснования проектов расширения и реконструкции действующих производств.

ПК-4: Способен устанавливать причины и последствия аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, подготавливать предложения по предупреждению негативных последствий

Знать: основные свойства сложных производственных систем в части их эмерджентности, основные подходы к анализу и синтезу систем.

Уметь: учитывать связи между элементами схем через технологические потоки сырья и энергии, составлять материальные и энергетические балансы.

Владеть: математическим аппаратом и программными продуктами, используемыми в расчетах сложных схем, в том числе методами оптимизации параметров.

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. Математическое моделирование сложных химико-технологических систем.	5					0,3
Тема 1. 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.		2		6	ИЛ	
Тема 2. 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).		2	4	6,75	ИЛ	
Тема 3. 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. Практическое занятие. Расчет материальных потоков в разомкнутой ХТС (компьютерное моделирование).		2	4	6	ИЛ	
Тема 4. Структурный анализ замкнутой ХТС и ее расчет итерационным методом. Итерационный подход к расчету замкнутых ХТС при реализации декомпозиционного метода. Основные этапы структурного анализа ХТС. Компьютерная реализация алгоритмов. Практическое занятие. Структурный анализ замкнутой ХТС. Компьютерный расчет замкнутой ХТС итерационным методом (компьютерное моделирование).		2	6	6	ИЛ	

<p>Тема 5. Программные пакеты для автоматизированного расчета сложных ХТС. Обсуждение подходов к автоматизации расчета ХТС произвольной структуры, требований унификации описаний структур потоков, входных и выходных параметров программных модулей расчета типовых элементов. Необходимое информационное обеспечение расчетов. Типовая структура программного продукта. Практическое занятие. Расчет материальных потоков в разомкнутой ХТС (компьютерное моделирование).</p>	2	4	6	ИЛ	
<p>Раздел 2. Типовое информационное обеспечение автоматизированных расчетов химико-технологических систем</p>					
<p>Тема 6. Специализированные базы и банки данных как основа информационного обеспечения автоматизированных расчетов. Базы данных как совокупность связанных табличных структур. Компоненты баз данных. Системы управления базами данных (СУБД), их назначение и основные функции. СУБД универсальные и специализированные.</p>	1		7	ИЛ	
<p>Тема 7. Банк данных по физико-химическим свойствам веществ и смесей как инструмент автоматизированного расчета свойств технологических потоков. Этапы создания банка данных. Выбор уравнений для оценки свойств чистых веществ и их смесей. Определение набора физико-химических констант и параметров корреляций для хранения в базе данных. Специализированная СУБД банка данных и ее использование в обслуживании базы данных и расчетах свойств потоков. Использование банка данных по физико-химическим свойствам веществ и смесей в программных модулях расчета элементов ХТС. Практическое занятие. Изучение структуры и возможностей банка данных по свойствам веществ и смесей и его СУБД (компьютерное моделирование).</p>	2	4	6	ИЛ	0,3
<p>Тема 8. Построение и применение баз данных (БД) по типовому оборудованию. Общий подход к построению и хранению данных. Изучение принципов создания и применения БД на примере базы данных по теплообменным кожухотрубным аппаратам. Практическое занятие. Автоматизированная оценка свойств технологических потоков в модулях расчета аппаратов по банку данных (компьютерное моделирование)</p>	2	6	6	ИЛ	

<p>Тема 9. Эмпирические математические модели: получение и их использование в информационном обеспечении технологических расчетов. 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 и его реализация. Обзор доступных программных средств регрессионного анализа. Практическое занятие. Метод наименьших квадратов и его использование для оценки коэффициентов эмпирических уравнений. Реализация линейной регрессии в среде математического пакета Mathcad (компьютерное моделирование).</p>		2	6	7	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	34	56,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Раздел 3. Детерминированные математические модели элементов ХТС.						
<p>Тема 10. Общие подходы к построению детерминированных математических моделей объектов химической и смежных технологий. Описание равновесия, кинетики, условий массопереноса как составляющих математической модели процесса. Представление о гидродинамической структуре потоков как определяющий фактор выбора формы математического описания. Типовые модели гидродинамической структуры потоков и их применение. Практическое занятие. Исследование методов аппроксимации функций при построении эмпирических математических моделей.</p>		4	8	12	ИЛ	3
<p>Тема 11. Моделирование гидравлических систем как пример построения детерминированных моделей разной математической формы. Моделирование процессов в установках монтежу. Моделирование короткого разветвленного трубопровода. Моделирование процессов истечения. Практическое занятие. Исследование гидравлических систем по математическим моделям.</p>	6	2	8	12	ИЛ	
<p>Тема 12. Моделирование стационарных процессов в теплообменных аппаратах для целей проектного расчета. Практическое занятие. Изучение зависимости формы математического описания теплообменных аппаратов от выбранной гидродинамической структуры потоков теплоносителей.</p>		2	9	12	ИЛ	
Раздел 4. Математическое моделирование аппаратов с учетом выбранной гидродинамической модели структуры потоков.						3

Тема 13. Моделирование теплообменных аппаратов с учетом принятой модели структуры потоков. Практическое занятие. Оценка коэффициента теплопередачи для различных состояний теплоносителей в компьютерных расчетах.	3	8	12	ИЛ	
Тема 14. Моделирование химических реакторов с учетом выбранной гидродинамической модели структуры потоков. Материальный баланс химической реакции. Общая скорость реакции. Моделирование кинетики сложных реакций. Моделирование химических реакторов на основе моделей идеального вытеснения, идеального смешения, ячеечной. Практическое занятие. Моделирование и расчет кинетики химического взаимодействия. Исследование моделей химических реакторов.	4	10	12	ИЛ	
Тема 15. Подходы к моделированию массообменных процессов и аппаратов. Практическое занятие. Метод аналогий в моделировании тепло- и массопереноса.	2	8	11,5	АС	
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	123,75		128,25		

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 две обязательные части:

- расчет замкнутой ХТС интегральным и декомпозиционным методами с проверкой результата в моделирующей программе (20 вариантов индивидуальных заданий, представляющих собой графическое описание структуры ХТС и набор уравнений связи между элементами);

- разработка математического описания аппарата как элемента ХТС и реализация модели с последующим вычислительным экспериментом:

- моделирование химических реакторов различного типа;
- моделирование теплообменных аппаратов различного типа;
- моделирование колонных массообменных аппаратов для абсорбции;
- моделирование адсорбционных аппаратов;
- компьютерный анализ данных с построением эмпирических математических моделей.

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, 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	<p>Приводит определение ХТС, описывает типы связей между элементами, различия между замкнутыми и разомкнутыми ХТС; описывает постановку задачи синтеза и анализа ХТС; характеризует интегральные и декомпозиционные методы расчета ХТС.</p> <p>Составляет единое математическое описание ХТС на основе уравнений материального и теплового балансов (интегральный подход); проводит структурный анализ замкнутой ХТС, составляет математические описания элементов; выбирает методы решения систем уравнений модели</p> <p>Выполняет проектные и проверочные расчеты ХТС и ее элементов с использованием выбранных прикладных и специализированных программ, анализирует результаты расчета.</p>	<p>Вопросы для устного собеседования.</p> <p>Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы).</p> <p>Курсовая работа.</p>
ПК-4	<p>Формулирует принцип эмерджентности для химико-технологических систем, обосновывает необходимость моделирования и расчета ХТС в целом, объясняет принципы построения математических описаний ХТС на основе уравнений материального и теплового балансов элементов.</p> <p>Составляет математическое описание ХТС из математических описаний элементов, определяет порядок расчета элементов в зависимости от структуры схемы, выбирает способы решения системы уравнений.</p> <p>Формализует математическую задачу расчета ХТС, применяет адекватные алгоритмы решения системы уравнений с учетом ее особенностей, получает решение и анализирует его с позиций взаимного влияния режимов работы аппаратов и узлов ХТС с целью сокращения негативного влияния на окружающую среду.</p>	<p>Вопросы для устного собеседования.</p> <p>Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы).</p> <p>Курсовая работа.</p>

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.</p>	<p>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.</p>
4 (хорошо)	<p>Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме выполнил курсовую работу, 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.</p>
3 (удовлетворительно)	<p>Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой.</p>	<p>Обучающийся в целом выполнил курсовую работу, представил решение всех задач, но проявил недостаточную самостоятельность в разработке информационного и</p>

	Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам.	программного обеспечения, и потребовалась существенная помощь преподавателя; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения).
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 курсовая работа (решены не все задачи), при этом содержащая грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании студентом разрабатываемой им темы. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.
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	Химико-технологическая система (ХТС). Элементы ХТС. Технологические операторы, их назначение и условные обозначения.
2	Различные постановки задач расчета ХТС. Понятия синтеза и анализа ХТС
3	Разомкнутые и замкнутые ХТС. Типы связей между элементами системы. Особенности расчета разомкнутых и замкнутых ХТС
4	Сущность интегральных методов расчета ХТС. Применимость, достоинства и недостатки интегральных методов.
5	Расчет материальных потоков ХТС интегральным методом на основе уравнений материального баланса и линейных уравнений связи.
6	Сущность декомпозиционных методов расчета ХТС, их применимость, достоинства и недостатки.
7	Формальные методы определения последовательности расчета элементов разомкнутой ХТС. Возможность компьютерной реализации методов.
8	Структурный анализ замкнутой ХТС – основные этапы и их сущность.
9	Реализация итерационных алгоритмов расчета ХТС на основе результатов структурного анализа схемы.
10	Общие требования унификации при построении автоматизированных систем расчета ХТС произвольной структуры.
11	Особенности автоматизированного расчета ХТС в среде моделирующей программы M92.
12	Понятие баз данных. Реляционные базы данных.
13	Система управления базой данных (СУБД) – общее понятие и назначение. Универсальные и специализированные СУБД.
14	Назначение и структура банка данных по физико-химическим параметрам веществ и смесей. Особенности СУБД.
15	Технология использования модулей расчета свойств из библиотеки банка данных по физико-химическим параметрам веществ и смесей в расчетах элементов ХТС.
16	Анализ общих подходов к построению специализированных баз данных по параметрам технологического оборудования.

17	Эмпирико-статистические математические модели в автоматизированных расчетах. Исходные данные для построения моделей. Выбор формы уравнений. Общая постановка задачи построения моделей данного типа.
18	Основные понятия, применяемые при построении эмпирико-статистических моделей: независимые переменные, факторы, функции отклика, объем выборки, выборочные оценки и др.
19	Метод наименьших квадратов и его использование при оценке коэффициентов линейных регрессионных уравнений. Вывод системы уравнений.
20	Нелинейная регрессия общего вида.
21	Реализация линейной регрессии общего вида в Mathcad.
Семестр 6	
22	Детерминированные математические модели: определение, подходы к построению, основные составляющие моделей.
23	Необходимость учета особенностей гидродинамической структуры потоков вещества при построении детерминированных математических моделей.
24	Типовые модели структуры потоков вещества в аппаратах: основные допущения и области применения.
25	Математическое моделирование гидравлических систем. Модель трубопровода.
26	Математическое моделирование гидравлических систем. Моделирование процессов истечения жидкостей из емкостей.
27	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального смешения и ячеечной.
28	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального вытеснения. Вывод уравнений модели для прямоточной схемы движения теплоносителей.
29	Моделирование теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей на основе модели идеального вытеснения. Особенности решения системы уравнений для противоточной схемы движения теплоносителей.
30	Особенности учета зависимости свойств потоков в теплообменном аппарате от температуры.
31	Компьютерный расчет коэффициента теплопередачи для различного агрегатного состояния теплоносителей.
32	Математическое моделирование химической кинетики.
33	Модель химического реактора идеального смешения.
34	Модель химического реактора идеального вытеснения.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено/

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. В аппарат поступают 2 входных потока, для которых заданы массовые расходы G_1 и G_2 (в кг/ч), и 2 выходных с массовыми расходами G_3 и G_4 . Запишите уравнения материального баланса.

2. В аппарат поступают 2 входных потока, для которых заданы объемные расходы V_1 и V_2 (в м³/ч), и 2 выходных с объемными расходами V_3 и V_4 . Плотности всех потоков известны, обозначим их как $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4$ соответственно. Запишите уравнения материального баланса.

3. Для химической реакции, протекающей по схеме $A_1 + A_2 = 2 A_3$ запишите уравнение материального баланса, если в ходе реакции объем реакционной смеси не меняется.

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»

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 30 минут;
- время на выполнение практического задания на компьютере – 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.	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	СПб.: СПбГУПТД	2019	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2019174
Заварухин, С. Г.	Математическое моделирование химико-технологических процессов и аппаратов	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2017	http://www.iprbookshop.ru/91236.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Бусыгин Н. Ю., Левина В. И.	Химические расчеты в защите окружающей среды. Материальные расчеты технологических процессов очистных сооружений	СПб.: СПбГУПТД	2015	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2495
Бусыгин Н. Ю., Багров И. В.	Автоматизированные расчеты химико-технологических систем. Интегральные и декомпозиционные методы	СПб.: СПбГУПТД	2015	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2493
Воробьев, Е. С., Каралин, Э. А., Воробьева, Ф. И.	Моделирование химико-технологических процессов. В 2 частях. Ч.2. Планирование оптимального эксперимента, реализация решений в среде Microsoft Excel	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2019	http://www.iprbookshop.ru/109559.html
Воробьев, Е. С., Каралин, Э. А., Воробьева, Ф. И.	Моделирование химико-технологических процессов. В 2 частях. Ч.1. Статистические расчеты и обработка эксперимента. Реализация решений в среде Microsoft Excel	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2019	http://www.iprbookshop.ru/100562.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
2. ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>
3. 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

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

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