МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института ХТИ

Ястребинский Р.Н.

«15» 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Моделирование химико-технологических процессов

направление подготовки (специальность):

18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики»

Направленность программы (профиль, специализация):
18.05.02-06 «Ядерная и радиационная безопасность на объектах использования ядерной энергетики»

Квалификация

инженер

Форма обучения

Очная

Институт: химико-технологический

Кафедра: технология стекла и керамики

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации 07 августа 2020 г., приказ № 913.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н., доцент (Алексеев С.В.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Теоретической и прикладной химии
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор (Павленко В.И.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

"27" апреля 2021 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«27» 04 2021 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: (Дорохов В.А.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«15» _____ 20____ г., протокол № _____

Председатель: к.т.н., доцент (Порожнюк Л.А.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофес-сиональные компетенции	ОПК-4 Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели.	ОПК-4.1. Анализирует системы автоматизации производства и разрабатывает мероприятия по их совершен-ствованию	**Знать:** - методы оптимизации химико-технологических процессов с применением эмпирических и (или) физико-химических моделей. **Уметь:** - рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства. **Владеть:** - методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.
		ОПК-4.1. Применяет программное обеспечение для выполнения численного моделирования отдельных стадий и технологического процесса в целом с использованием прикладных программ в сфере профессиональной деятельности	**Знать:** - принципы моделирования химико-технологических процессов, методы построения эмпирических (статисти-ческих) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов, методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных. **Уметь:** - применять различные методы моделирования для решения конкретных задач расчета, проектирования, идентификации параметров и оптимизации процессов химической технологии. **Владеть:** - методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов, пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Компетенция ОПК-4 Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Системы управления химико-технологическими процессами
2	Математическое моделирование радиационных процессов

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зач. единиц, 252 часов.

Форма промежуточной аттестации зачет

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	252	252
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	88	88
лекции	34	34
лабораторные	-	-
практические	51	51
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	164	164
Курсовой проект	54	54
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	110	110
Экзамен	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1.Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Основные понятия и методы моделирования					
	Моделирование и модели. Способы моделирования. Химико-технологический процесс как система. Особенности моделей и задач математического моделирования. Построение систем уравнений математического описания химико-технологических процессов. Анализ, оптимизация и синтез химических производств.	4	4		10
2. Математические методы в химической технологии					
	Дифференцирование и интегрирование в приложении к химической технологии. Составление дифференциальных уравнений и методы их решения. Теория подобия и метод анализа размерностей. Эмпирические формулы. Стехиометрия и равновесие химических реакций. Формальная химическая кинетика.	4			6
3. Численные методы моделирования					
	Анализ погрешности приближенных вычислений. Решение систем уравнений. Интерполяция и аппроксимация функций. Приближенное дифференцирование и интегрирование. Решение систем дифференциальных уравнений. Оптимизация процессов.	4			6
4. Эмпирические модели. Элементы теории эксперимента					
	Основные понятия теории вероятности и математической статистики Статистические оценки и проверка гипотез и экспериментов. Планирование эксперимента при исследовании объектов химической технологии. Обработка	4	21		34

	результатов экспериментов.				
5.	Физико-химические модели. Построение моделей.				
	Основные принципы построения физико-химических моделей. Математические модели движения жидкости. Анализ и описание процессов в потоке. Потоки в аппаратах непрерывного действия. Модели идеальных потоков. Статистика времени пребывания в потоке. Модели неидеальных потоков. Математические модели процессов теплопередачи. Математические модели химических превращений в реакторах. Математические модели процессов разделения.	8	18		30
6.	Особенности промышленных объектов и их отражение в математических моделях.				
	Математические модели нестационарных процессов. Параметрическая чувствительности и устойчивость процессов. Примеры математических моделей промышленных процессов.	4			6
7.	Оптимизация технологических процессов.				
	Формулирование задачи оптимизации. Оптимизация методом дифференциального исчисления. Поиск оптимума численными методами. Экспериментальный поиск оптимума.	6	8		18
	ВСЕГО	34	51		110

4.2.Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1.	Основные понятия и методы моделирования.	Ознакомление с моделирующим программным комплексом.	4	4
2.	Эмпирические модели. Элементы теории эксперимента.	Планирование эксперимента при изучении диаграмм состав–свойства.	5	5
3.	Эмпирические модели. Элементы теории эксперимента.	Полный факторный эксперимент.	8	8
4.	Эмпирические модели. Элементы теории эксперимента.	Дробный факторный эксперимент.	8	8
5.	Физико-химические модели. Построение моделей.	Моделирование гидродинамических процессов в сушилках кипящего слоя.	6	6

6.	Физико-химические модели. Построение моделей.	Моделирование тепловых процессов на примере теплообменника типа «труба в трубе»	6	6
7.	Физико-химические модели. Построение моделей.	Моделирование массообменных процессов в абсорбере.	6	6
8.	Оптимизация технологических процессов.	Оптимизация технологических процессов.	8	8
ИТОГО:			51	51
ВСЕГО:			51	51

4.3. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовой проект является заключительным этапом обучения студентов. Выполнение курсового проекта имеет своей целью обучить студентов основам математического моделирования процессов химических производств.

При выполнении курсового проекта студент решает следующие задачи:

- разрабатывает математическое описание химико-технологического процесса, протекающего в аппарате или системе аппаратов;
- разрабатывает алгоритмы расчета и оптимизации рассматриваемого объекта;
- получает результаты моделирования на ЭВМ и выполняет их анализ.

В процессе выполнения курсового проекта студент должен овладеть методами математического моделирования процессов, протекающих в аппаратах химических производств.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки (РПЗ) и чертежа, РПЗ включает в себя текстовую пояснительную часть и необходимые расчеты.

РПЗ содержит:

- титульный лист;
- содержание с указанием номеров страниц разделов и подразделов;
- задание на выполнение курсового проекта;
- введение;
- описание объекта моделирования;
- математическая модель объекта;
- решение модели;
- заключение;
- список использованной литературы.

Ориентировочный объем пояснительной записки курсового проекта составляет 20-30 страниц.

На чертеже должна быть выполнена компоновка основного оборудования установки и представлены общие виды, разрезы, узлы, детали моделируемого аппарата. Типы и основные размеры должны соответствовать Государственным стандартам и промышленным каталогам. Содержание чертежей студент согласовывает с руководителем проекта.

Примерные темы курсовых проектов

1. Смоделировать работу сушилки "кипящего слоя" для сушки заданного материала производительностью G.
2. Смоделировать работу ректификационной колонны для разделения заданной смеси.
3. Смоделировать работу насадочного адсорбера.
4. Смоделировать работу химического реактора для производства заданного вещества.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом не предусмотрены.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

5.1. Компетенция ОПК-4 Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
Анализирует системы автоматизации производства и разрабатывает мероприятия по их совершенствованию	Зачет, выполнение курсового проекта, устный опрос.
Применяет программное обеспечение для выполнения численного моделирования отдельных стадий и технологического процесса в целом с использованием прикладных программ в сфере профессиональной деятельности	Выполнение курсового проекта, устный опрос.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета

№ п/п	Наименование контрольных вопросов
1.	Дать понятие моделирования. Какова роль моделирования при исследовании химико-технологических процессов
2.	Дать классификацию методов моделирования
3.	Назовите основные этапы построения моделей

4.	Дать определение методов математического и физического моделирования.
5.	Назовите области применения методов математического и физического моделирования.
6.	Что такое адекватность модели? Методы оценки адекватности модели.
7.	Теория подобия как метод моделирования. Вывод эмпирических формул.
8.	Численные методы моделирования. Анализ погрешностей.
9.	Численные методы моделирования. Решение систем уравнений.
10.	Элементы математической статистики. Оценка гипотез и экспериментальных данных
11.	Планирование эксперимента при исследовании химико-технологических процессов.
12.	Построение матрицы планирования эксперимента. Полнофакторный эксперимент
13.	Построение матрицы планирования эксперимента. Дробнофакторный эксперимент
14.	Методы составление регрессионного уравнения.
15.	Принципы построения физико-химических моделей.
16.	Моделирование кинетики гомогенных химических реакций.
17.	Какие основные концепции формальной кинетики Вам известны?
18.	Что такое скорость химической реакции? Как определяется?
19.	Какой закон лежит в основе формальной кинетики? Его формулировка. Какие связи устанавливают кинетические уравнения?
20.	Какие численные методы используются для решения кинетических уравнений?
21.	Формулировка прямой и обратной кинетической задачи?
22.	Сформулируйте сущность дифференциальных и интегральных методов оценки кинетических параметров?
23.	Какие экспериментальные данные необходимы для оценки кинетических констант и энергий активации?
24.	Назовите особенности моделирование движения жидкости.
25.	Модель идеального вытеснения.
26.	Модель идеального смешения.
27.	Диффузионная модель.
28.	Алгоритм расчета гидродинамики потоков.
29.	Особенности моделирования тепловых процессов.
30.	Назовите основные тепловые процессы в химической технологии.
31.	Назовите параметры математической модели теплообменных аппаратов и их размерности.
32.	Сформулируйте принципы составления уравнений тепловых балансов.
33.	Сформулируйте на основе каких законов разрабатываются математические модели тепловых процессов.
34.	Особенности моделирования массообменных процессов.
35.	Назовите основные массообменные процессы, применяющиеся в химической технологии?
36.	Какие фундаментальные законы лежат в основе описания массообменных

	процессов?
37.	Что такое фазовое равновесие? Какие методы расчета констант фазового равновесия вы знаете?
38.	Какие численные методы применяются при расчете массообменных процессов?
39.	Особенности моделирования кинетики гетерогенных химических реакторов.
40.	Сформулируйте особенности применения закона действующих поверхностей и его отличие от закона действующих масс?
41.	Назовите основные методы и принципы построения кинетических моделей гетерогенных химических реакций.
42.	Какова физическая природа многостадийного протекания гетерогенной химической реакции?
43.	Особенности моделирования гетерогенных каталитических химических процессов.
44.	Приведите примеры промышленных гетерогенных каталитических процессов.
45.	Назовите основные типы моделей применяющихся для описания гетерогенных каталитических процессов?
46.	В каких случаях целесообразно разрабатывать двухфазные модели химических реакторов?
47.	Какова иерархическая структура математического описания гетерогенного химического реактора?
48.	Назовите основные составляющие математических моделей гетерогенных химических реакторов?
49.	Какие численные методы можно применять для исследования математических моделей гетерогенных химических реакторов?
50.	Особенности моделирования нестационарных процессов.
51.	Оптимизация технологических процессов. Основные понятия и определения.
52.	Выбор критерия оптимизации химико-технологических процессов.
53.	Математические методы определения экстремального значения.
54.	Оптимизация процессов на основе методов планирования экспериментов.

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

№ п/п	Наименование контрольных вопросов
1.	Назовите основные этапы построения моделей
2.	Какие применялись методы для оценки адекватности модели.
3.	Моделирование кинетики гомогенных химических реакций.
4.	Какие основные концепции формальной кинетики Вам известны?
5.	Какой закон лежит в основе формальной кинетики? Его формулировка. Какие связи устанавливают кинетические уравнения?

6.	Какие численные методы используются для решения кинетических уравнений?
7.	Сформулируйте сущность дифференциальных и интегральных методов оценки кинетических параметров?
8.	Какие экспериментальные данные необходимы для оценки кинетических констант и энергий активации?
9.	Назовите особенности моделирование движения жидкости.
10.	Алгоритм расчета гидродинамики потоков.
11.	Особенности моделирования тепловых процессов.
12.	Назовите параметры математической модели теплообменных аппаратов и их размерности.
13.	Сформулируйте принципы составления уравнений тепловых балансов.
14.	Особенности моделирования массообменных процессов.
15.	Какие численные методы применяются при расчете массообменных процессов?
16.	Особенности моделирования кинетики гетерогенных химических реакторов.
17.	Назовите основные методы и принципы построения кинетических моделей гетерогенных химических реакций.
18.	Особенности моделирования гетерогенных каталитических химических процессов.
19.	Назовите основные типы моделей применяющихся для описания гетерогенных каталитических процессов?
20.	Какова иерархическая структура математического описания гетерогенного химического реактора?
21.	Назовите основные составляющие математических моделей гетерогенных химических реакторов?
22.	Какие численные методы можно применять для исследования математических моделей гетерогенных химических реакторов?
23.	Особенности моделирования нестационарных процессов.
24.	Оптимизация технологических процессов. Основные понятия и определения.
25.	Выбор критерия оптимизации химико-технологических процессов.
26.	Математические методы определения экстремального значения.
27.	Оптимизация процессов на основе методов планирования экспериментов.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Оценочными средствами для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации являются контрольные работы.

Перечень задач к контрольным работам

1. Получите дифференциальное уравнение стеклянного ртутного термометра с объемом ртути V, площадью поверхности теплопередачи S, удельной теплоемкости ртути C, плотностью 13600 кг/м^3, и коэффициентом теплопередачи α.
2. Дано дифференциальное уравнение дифманометра. Получите передаточную функцию дифманометра.
3. При сжигании Q_1 м^3/ч природного газа в печи устанавливается температура t_1. Найдите статический коэффициент усиления печи, если при увеличении расхода газа до Q_2 м^3/ч температура в печи повышается до t_2.
4. На вход статического звена первого порядка с постоянной времени T и коэффициентом усиления K подали единичное ступенчатое воздействие при нулевых начальных условиях. Чему равна выходная величина звена через T_1, T_2, T_3?
5. Дана передаточная функция трубопровода, Назовите звено. Получите переходную функцию трубопровода и нарисуйте переходную характеристику.
6. В изотермическом реакторе идеального вытеснения протекает без изменения объема химическая реакция первого порядка. Определить изменение концентрации реагента во времени на выходе из реактора, если произошло ступенчатое изменение расхода реакционной смеси, а концентрация реагента на входе в реактор не изменилась.
7. Известно, что каждый из двух реакторов, соединенных последовательно может быть представлен в виде статического звена первого порядка. Чему равна передаточная функция системы реакторов?
8. Определите устойчивость систем регулирования по критерия Михайлов, если известны их характеристические уравнения.

9. Определите критическое значение коэффициента усиления пропорционального регулятора, с помощью которого регулируют процесс в объекте без самовыравнивания и при наличии транспортного запаздывания.
10. Объект описывается динамическим уравнением первого порядка с запаздыванием. Определите критическую частоту системы и максимальный коэффициент усиления пропорционального регулятора для нескольких значений τ/T.
11. Определить абсолютную, относительную и приведенную погрешности измерения концентрации технического кислорода, если газоанализатор со шкалой от C_1 до C_2 % показывает C, а действительная концентрация кислорода равна $C_д$.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знать: • принципы моделирования химико-технологических процессов; • методы построения эмпирических и физико-химических моделей химико-технологических процессов; • методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных; • методы оптимизации химико-технологических процессов.
Умения	Уметь: • применять различные методы моделирования для решения конкретных задач расчета, проектирования, идентификации параметров и оптимизации процессов химической технологии; • рассчитывать основные характеристики химического процесса; • выбирать рациональную схему производства заданного продукта; • оценивать технологическую эффективность производства.
Навыки	Владеть: • методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; • методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание принципов моделирования ХТП.	Не знает принципы моделирования ХТП.	Знает некоторые принципы моделирования ХТП.	Знает принципы моделирования ХТП.	Знает в полном объеме принципы моделирования ХТП.
Знание методов построения эмпирических и физико-химических моделей ХТП.	Не знает методы построения эмпирических и физико-химических моделей ХТП	Знает некоторые методы построения эмпирических и физико-химических моделей ХТП	Знает методы построения эмпирических и физико-химических моделей ХТП	Знает полном объеме построения эмпирических и физико-химических моделей ХТП
Знание методов идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных.	Не знает методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных.	Частично знает методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных.	Знает методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных.	Знает полном объеме методы идентификации математических описаний на ос нове экспериментальных данных.
Знание методов идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных.	Не знает методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных.	Частично знает методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных.	Знает методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных.	Знает полном объеме методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных.
Знание методов оптимизации ХТП.	Не знает методы оптимизации ХТП.	Частично знает методы оптимизации ХТП.	Знает методы методы оптимизации ХТП.	Знает полном объеме методы оптимизации ХТП.

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение применять различные методы моделирования для решения конкретных задач расчета, проектирования, идентификации параметров и оптимизации ХТП	Не умеет применять методы моделирования для решения конкретных задач расчета, проектирования, идентификации параметров и оптимизации ХТП.	Допускает неточности при применении некоторых методов моделирования при решении конкретных задач расчета, проектирования, идентификации параметров и оптимизации ХТП.	Умеет применять методы моделирования для решения конкретных задач расчета, проектирования, идентификации параметров и оптимизации ХТП.	В полном объеме умеет применять методы моделирования для решения конкретных задач расчета, проектирования, идентификации параметров и оптимизации ХТП.

Умение рассчитывать основные характеристики ХП.	Не умеет рассчитывать основные характеристики ХП.	Допускает неточности при расчете основных характеристик ХП.	Умеет рассчитывать основные характеристики ХП.	В полном объеме умеет рассчитывать основные характеристики ХП.
Умение выбирать рациональную схему производства заданного продукта.	Не умеет выбирать рациональную схему производства заданного продукта	Допускает неточности при выборе рациональной схемы производства заданного продукта	Умеет выбирать рациональную схему производства заданного продукта	В полном объеме умеет выбирать рациональную схему производства заданного продукта
Умение оценивать технологическую эффективность производства.	Не умеет оценивать технологическую эффективность производства.	Допускает неточности при оценке технологической эффективности производства.	Умеет оценивать технологическую эффективность производства.	В полном объеме умеет оценивать технологическую эффективность производства.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.	Не владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.	Обучающийся имеет минимальные навыки владения методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.	Имеет достаточные навыки владения методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.	Уверенно и четко владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.
Владение методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов.	Не владеет методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов.	Обучающийся имеет минимальные навыки владения методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов.	Имеет достаточные навыки владения методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов.	Уверенно и четко владеет методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная лаборатория № 302	интерактивная доска, проектор, компьютер

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная (Соглашение Microsoft Open Value SubscriptionV6328633	Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
2	Microsoft Office Professional Plus 2016 (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633	Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
3	Kaspersky Endpoint Security «СтандартныйRussian Edition».	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018.
4	Google Chrome.	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

6.3.1. Перечень основной литературы

1. Гартман Т. Н., Клушин Д. В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учебное пособие для вузов.-М.:ИКЦ «Академкнига», 2006. – 416 с..

6.3.2. Перечень дополнительной литературы

1. Кафаров В. В., Глебов М. Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. М. :Высшая школа,1991.-400с.
2. Математическая теория планирования эксперимента / под ред. С. М. Ермакова.–М.: Наука. Главная редакция физико - математической литературы, 1983.–392 с.
3. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование в моделирование химико-технологических процессов.–2-е изд., перераб. и доп.–М.: Химия, 1982.–288 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов

1. http://elibrary.ru
2. http://e.lanbook.com
3. http://www.consultant.ru
4. http://normacs.ru/
5. https://elib.bstu.ru/Reader/Book

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от «____»_____ 20___ г.

Заведующий кафедрой_____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО