

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.О.03
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование технических систем

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
18.04.01 Химическая технология

направленность (профиль)
Химия и технология продуктов основного органического и
нефтехимического синтеза

Форма обучения: очная

Год набора: 2021

Общая трудоемкость: 5 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	1	Итого
Форма контроля	Зачет	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные		
Практические	48	48
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0.25	0.25
Контактная работа	64.25	64.25
Самостоятельная работа	115.75	115.75
Контроль		
Итого	180	180

Рабочую программу составил(и):

Доцент, доцент, к.п.н., Кравцова М.В.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 18.04.01 Химическая технология

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2023 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Химическая технология и ресурсосбережение»

(протокол заседания № 1 от «07» сентября 2020 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов профессиональных знаний по использованию методов моделирования при проектировании технологических процессов и анализе экспериментальных данных, а также формирование научного и инженерного подхода к вопросам рационального использования энерго - и материальных ресурсов, в химической технологии и нефтехимии.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Катализ в химической технологии», «Современные методы контроля качества продуктов основного органического и нефтехимического синтеза».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии», «Дополнительные главы технологии нефтехимического синтеза».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
УК-2 – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1 Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения при использовании современных методов моделирования	Знать: особенности организации проектных работ при использовании современных методов моделирования
		Уметь: оценивать состояние инфраструктуры производства в соответствии с нормативными требованиями
		Владеть: методами решения проектных задач при использовании современных методов моделирования.
ОПК-1 – Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок	ОПК-1.1. Разрабатывает задания для исполнителей при проведении научных исследований и технических разработок и организует работу персонала первичного научно-исследовательского подразделения на основании программы проведения научных исследований	Знать: методы организации научных исследований и технических разработок; технические средства для измерения основных параметров технологических процессов, свойств сырья и продукции.
		Уметь: разрабатывать задания для исполнителей при проведении научных исследований и технических разработок; производить структурный анализ и синтез сложных процессов,

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		<p>протекающих в аппаратах различных типов.</p> <p>Владеть: методами организации работы научно-исследовательского подразделения на основании программы проведения научных исследований; методиками расчета при проектировании конструкций аппаратов в области химической технологии.</p>
ПК-2. Готов к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, решения нестандартных задач, основанных на принципах моделирования технических систем, выбору методик и средств решения задачи в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза	ПК-2.1. Имеет практический опыт применения программных средств для расчетов и обработки экспериментальных данных в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза, компьютера как средства управления графической и текстовой информацией, базами данных	<p>Знать: основные научные информационные системы и подходы к составлению программ проведения научных исследований в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза.</p> <p>Уметь: применять междисциплинарный подход к анализу и решению проблем в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза.</p> <p>Владеть: навыками решения конкретных технологических задач; навыками практических расчетов в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза.</p>
	ПК-2.2. Работает с научно-технической информацией в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза с использованием информационных и сетевых технологий с соблюдением основных требований информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	<p>Знать: методы проведения научных исследований и технических разработок на основе использования математических моделей процессов в химической технологии.</p> <p>Уметь: разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок на основе принципов моделирования процессов в химической технологии; формировать задания для исполнителей при проведении научных исследований и технических разработок в химической технологии и</p>

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		нефтехимии на основе методов моделирования.
		Владеть: навыками составления программы проведения научных исследований при использовании методов математического моделирования процессов на основе структурного анализа и синтеза с использованием блочного подхода к описанию сложных процессов.

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Моделирование, основные понятия и, определения, виды и методы идентификации статических моделей	Лек1	Моделирование, основные понятия и определения. Виды моделирования, виды моделей. Классификация моделей. Математическое моделирование, математические модели. Формы представления математических моделей. Структурные схемы и методы их преобразования	1	2	-	-	
	Лек 2	Построение эмпирических регрессионных моделей	1	2	-	-	
	Пр1	Построение статических и динамических моделей. Построение эмпирических моделей. Линейный регрессионный анализ для построения эмпирических моделей	1	2			Отчет по практическому занятию № 1 в электронном виде
	Пр2	Регрессионно-факторный анализ технологических моделей	1	2			Отчет по практическому занятию № 2 в электронном виде

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр3	Задачи параметрической и структурной идентификации эмпирической модели, описывающей зависимость давления насыщенного пара индивидуального вещества от	1	4	-		Отчет по практическому занятию № 3 в электронном виде
	Лек 3	Понятия функции отклика и факторов. Основные допущения регрессионного анализа. Формулировка задачи аппроксимации. Критерий метода наименьших квадратов. Основные положения теории планирования экспериментов: полный факторный эксперимент (ПФЭ) и обработка его результатов	1	2	-		
	Пр4	Построение математических моделей по результатам активного эксперимента	1	4	-		Отчет по практическому занятию № 4 в электронном виде
Модуль 2 Математическое моделирование технических	Лек 4	Моделирование структуры потоков в аппаратах	1	2	-		

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
систем	Пр 5	Исследование гидродинамики насадочного абсорбера	1	4	-		Отчет по практическому занятию № 5 в электронном виде
	Лек 5	Построение математических моделей систем аналитическим методом	1	2	-		
	Лек 6	Математическое моделирование тепловых процессов	1	2	-		
	Пр 6	Моделирование теплообменных аппаратов в стационарном режиме. Модели процессов теплообмена: 1. Теплообменник типа «перемешивание-перемешивание», 2. Теплообменник типа «вытеснение-вытеснение»	1	8	-		Отчет по практическому занятию № 6 в электронном виде
	Лек 7	Моделирование массообменных процессов химической технологии	1	2	-		
	Пр 7	Исследование процесса разделения многокомпонентной смеси в газовом сепараторе	1	4	-		Отчет по практическому занятию № 7 в электронном виде

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр 8	Математическое моделирование процесса ректификации	1	4			Отчет по практическому занятию № 8 в электронном виде
	Лек 8	Моделирование кинетики химических реакций	1	2	-		
	Пр 9	Моделирование кинетики гомогенных химических реакций	1	4	-		Отчет по практическому занятию № 9 в электронном виде
	Пр10	Моделирование кинетики гетерогенных химических реакций	1	4	-		Отчет по практическому занятию № 10 в электронном виде
	Пр 11	Моделирование гомогенных химических реакторов	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию № 11 в электронном виде
	Пр 12	Математическое моделирование технических систем	1	4	-	-	Отчет по практическому занятию № 12 в электронном виде

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по практическим занятиям. Подготовка проекта.	1	115.75	-		Проект
	ПА		1	0.25	-	-	Зачет, защита проекта
Итого:				180	-		

5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используются следующие технологии: технология традиционного обучения, включающая лекции и практические работы, которые предполагают последовательное изложение материала преподавателем. Лекция с элементами дискуссии, с использованием технологий развития критического мышления. Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности, проводится обсуждение результатов деятельности; технология проектного обучения: применяются лекции-консультации с использованием метода защиты проекта.

6. Методические указания по освоению дисциплины

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по дисциплине «Моделирование технических систем» используя лекционный материал и материал библиотечного фонда по данной тематике;
- акцентировать внимание на изучении видов систем, законов протекания реакций и моделирования.

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

1. Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии.
2. Вопросы для самостоятельной работы студентов
 - основные принципы моделирования в химической технологии;
 - этапы математического моделирования;
 - модели химико-технологических процессов;
 - основные типы уравнений математического описания ХТС;
 - методы оптимизации химико-технологических процессов.
3. Подготовка к аудиторным занятиям (практическим работам и промежуточной аттестации).
4. Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала.
5. Подготовка проектов и практических занятий, подбор литературы по дисциплинарным проблемам.
6. Практические занятия включают в себя решение прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.
7. Подготовка отчетов по практическим занятиям:
 - 7.1. Предоставление отчета в электронном виде с названием файла, например, ХТм-2002_ПР1_Иванов И.И. в соответствии с вариантом и требованиями к содержанию отчета.
 - 7.2. При сдаче отчета студент должен ответить на вопросы преподавателя по теме практической работе в устной форме, используя отчет по практической работе.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	УК-2, ОПК-1, ПК-2	Отчеты по практическим занятиям № 1-12 в электронном виде. Проект. Вопросы к зачету № 1-73.

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1 Отчет по практическому занятию

(наименование оценочного средства)

Типовой пример задания

Практическое занятие № 1. Построение статических и динамических моделей. Построение эмпирических моделей. Линейный регрессионный анализ для построения эмпирических моделей.

Цели работы:

- 1) построить математическую модель в виде эмпирической формулы;
- 2) сделать оценку параметров модели;
- 3) проверить модель на адекватность.

Данная практическая работа выполняется методом творческих заданий.

Задание:

1. Изучить учебный материал по дисциплине «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», используя лекционный материал и материал библиотечного фонда по данной тематике.

2. Проведено исследование зависимости функционально-технологических свойств (показателя активной кислотности рН и щелочности) водно-спиртовых смесей от вариации объемных долей спирта V_1 и воды V_2 ($V_1 + V_2 = 100$ мл). В результате эксперимента были получены следующие зависимости (табл. 1).

Таблица 1 – Зависимость щелочности и показателя активной кислотности рН от объемной доли спирта

Объемная доля спирта V_1 , мл	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Объемная доля воды V_2 , мл	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
рН Y_1	7,35	7,35	7,52	7,77	7,84	7,86	7,92	7,98	8,03	8,25	8,29	8,4	8,6
Щелочность Y_2	3	2,7	2,6	2,4	2,1	1,9	1,8	1,6	1	1,3	1,2	1	0,9

Необходимо построить различные виды зависимостей рН и щелочности спирта от объемной доли спирта в водно-спиртовой смеси и выбрать уравнение линии тренда наиболее соответствующее действительности для предсказания будущих значений.

3. В лабораторных условиях было исследовано влияние ферментного препарата глюкозооксидазы (x_2) в сочетании с аскорбиновой кислотой (x_1) на качество хлеба (табл. 2). Необходимо с помощью ЭВМ рассчитать, какой фактор (x_1 или x_2) оказывает большее влияние на пористость хлеба; построить эмпирическую линейную модель зависимости

пористости хлеба y от фактора x_1 или x_2 , оказывающего на него большее влияние; выявить, как изменится пористость хлеба, если величину глюкозооксидазы увеличить на 30% от среднего значения выборки.

Таблица 2 – Влияние ферментного препарата глюкозооксидазы в сочетании с аскорбиновой кислотой на качество хлеба

Количество аскорбиновой кислоты x_1 , %	Количество глюкозооксидазы x_2 , %	Пористость y , %
0,003	0,0146	87
0,003	0,0853	85
0,017	0,0146	87
0,017	0,0854	85
0,000	0,0500	85

4. Подготовить отчет по практическому занятию.

Критерии оценки:

оценка «зачтено» ставится студенту, если отчет по практическому занятию включает более 50% от требуемого объема и выполнен в соответствии с требованиями указанными в учебно-методическом пособии;

оценка «не зачтено» ставится студенту, если отчет практическому занятию включает менее 50% от требуемого объема.

Темы проектов

№ п/п	Тема
1.	Моделирование реакторов емкостного типа с перемешиванием.
2.	Моделирование реакторных процессов в реакторах змеевикового типа.
3.	Моделирование процессов абсорбции в абсорберах различного типа.
4.	Моделирование процессов ректификации в тарельчатых и насадочных колоннах.
5.	Моделирование процессов экстракции в колонных и емкостных аппаратах.
6.	Моделирование процесса первичной перегонки нефти.
7.	Моделирование процессов в реакторе каталитического риформинга с радиальным вводом реагентов.
8.	Моделирование процессов в реакторе каталитического риформинга с осевым вводом реагентов.
9.	Формирование математических моделей для решения задач ситуационного управления.
10.	Разработка модели энерго- ресурсосберегающих экологически безопасных технологий для производства капрактама на химических предприятиях.
11.	Разработка модели новых технических и технологических решений для процесса утилизации твердых бытовых и коммунальных отходов.
12.	Создание теоретических моделей технологических процессов очистки сточных вод на предприятиях пищевой промышленности.
13.	Разработка модели установки для защиты окружающей среды от выбросов для котельных, расположенных в селитебной зоне.
14.	Разработка модели утилизация донных отложений нефтешлама.
15.	Разработка модели утилизация осадка городских очистных сооружений.
16.	Разработка модели по рекультивации полигонов.
17.	Разработка модели для технологии использования нетрадиционных источников энергии на промышленных предприятиях города.

Краткое описание и регламент выполнения

1. Подготовка проекта и презентаций в качестве самостоятельной работы, которая должна соответствовать следующим требованиям:

2. Требования к содержанию проекта: представлены результаты моделирования по одной из выбранных тем с использованием программы MathCAD.

3. Презентация оформляется по одной из тем, полученной от преподавателя.

Объем презентационного материала отражает основные этапы моделирования и программу разработку модели.

4. Представление информации презентации должны соответствовать:

- Рекомендуется сжатый, информационный способ изложения материала.
- Присутствие на слайде блоков с разнотипной информацией (текст, графики, диаграммы, таблицы, рисунки), дополняющей друг друга.

- В текстовых блоках необходимо использовать короткие слова и предложения.

5. Оформление слайдов презентации должно соответствовать:

- Вся презентация должна быть выдержана в едином стиле, на базе одного шаблона.

- Необходимо обеспечить унификацию структуры и формы представления учебного материала.

- Следует избегать излишне пёстрых стилей — оформление слайда не должно отвлекать внимание слушателей от содержательной части доносимой информации.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если работа включает 50 % и более от требуемого объема, выполнена в соответствии с требованиями указанными в учебно-методическом пособии и студент отвечает на поставленные вопросы в рамках выбранной темы.

«не зачтено» выставляется студенту, если работа не выполнена.

7.3.Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 1

№ п/п	Вопросы к зачету
1.	Понятие моделирования, модели.
2.	Виды моделирования, виды моделей. Классификация моделей.
3.	Математическое моделирование, математические модели. Формы представления математических моделей.
4.	Структурные схемы и методы их преобразования.
5.	Модели в виде уравнений состояния, векторно-матричные формы представления математических моделей динамики систем.
6.	Связь между различными формами представления математических моделей.
7.	Системный синтез. Составление модели сложного технологического объекта как сложной системы на основе системного анализа и синтеза.
8.	Учет взаимодействия объекта моделирования со средой.
9.	Основные статистические характеристики физических процессов. Постановка задачи статистического моделирования систем.
10.	Методы и алгоритмы моделирования случайных процессов с заданными статистическими характеристиками.
11.	Методы обработки результатов моделирования. Особенности полунатурного моделирования систем.
12.	Построение статических и динамических моделей. Построение эмпирических моделей. Линейный регрессионный анализ для построения эмпирических моделей.
13.	Понятия функции отклика и факторов. Основные допущения регрессионного анализа.
14.	Формулировка задачи аппроксимации. Критерий метода наименьших квадратов. Решение задачи аппроксимации.
15.	Основные положения теории планирования экспериментов: полный факторный эксперимент (ПФЭ) и обработка его результатов.
16.	В чем преимущество активного эксперимента?
17.	Какие переменные называются факторами?
18.	Что такое факторное пространство?
19.	Дайте понятие поверхности отклика?
20.	В виде, какого уравнения чаще представляются уравнения регрессии?
21.	Какие методы расчета коэффициентов уравнения регрессии вы знаете?
22.	Поясните сущность метода наименьших квадратов?
23.	Что такое сила линейной связи и как она определяется для уравнения линейной регрессии от данного параметра?
24.	По какому критерию проверяется адекватность уравнения?
25.	Что такое трансцендентная регрессия и когда она применяется?
26.	Как определяется теснота нелинейной связи?
27.	Что такое выборочный коэффициент корреляции?
28.	Что такое уровень плана?
29.	Как определить количество опытов в полном факторном эксперименте?
30.	Как рассчитываются коэффициенты уравнения регрессии по результатам полного факторного эксперимента?

31.	В чем заключается оценка значимости уравнения регрессии?
32.	Уравнения, каких "элементарных" процессов входят в математическое описание?
33.	Что такое модель идеального смешения?
34.	Что такое модель идеального вытеснения?
35.	Чем отличаются диффузионные модели от моделей идеального вытеснения?
36.	Для каких аппаратов может быть применена ячеечная модель?
37.	Что такое время пребывания частицы в аппарате?
38.	Для чего используются допущения при составлении математического описания?
39.	Какие допущения принимаются при моделировании теплообменных аппаратов?
40.	Какие элементарные модели используются для математического описания теплообменных аппаратов?
41.	Какие виды теплообменных аппаратов вы знаете?
42.	Какие допущения принимаются при описании массообменных аппаратов?
43.	Какие элементарные модели используются при математическом описании массообменных аппаратов?
44.	Какие виды массообменных процессов вы знаете?
45.	Какие допущения принимаются при моделировании химических реакторов?
46.	Какие элементарные модели используются при математическом описании химических реакторов?
47.	Какие виды систем дифференциальных уравнений могут быть решены с помощью ЭВМ?
48.	Какие численные методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений вы знаете?
49.	Каким образом можно получить передаточную функцию из дифференциального уравнения?
50.	Блоки сложного процесса системы – основа для построения структуры сложного процесса в технологическом объекте.
51.	Каталитические реакторы для систем «газ - твердое», «газ – жидкость», «газ – жидкость -твердое» модели идеального вытеснения, диффузионная модель, модель идеального перемешивания, различные модели для разных фаз в многофазных реакторах.
52.	Тарельчатые колонные массообменные колонны – ячеечная модель с обратными потоками для жидкой фазы и модель идеального вытеснения для паровой фазы.
53.	Насадочные колонны для процессов ректификации– модель идеального вытеснения для паровой фазы, для жидкой фазы - диффузионная модель или модель идеального вытеснения.
54.	Насадочные колонны для процессов экстракции– модель идеального вытеснения для дисперсной фазы, для сплошной фазы - диффузионная модель или модель идеального вытеснения.
55.	Реакторы с неподвижным слоем катализатора, работающие в адиабатическом режиме с аксиальным и радиальным потоком реагентов.
56.	Гидродинамика потоков, гидравлическое сопротивление слоя и распределительных решеток.
57.	Двумерные модели каталитических процессов. Алгоритмы решения уравнений моделей.
58.	Различные типы тепловых режимов.
59.	Алгоритмы решения уравнений моделей.
60.	Модель идеального вытеснения – основная модель реакторов змеевикового типа.
61.	Условия применимости модели идеального вытеснения.
62.	Расчет теплового режима – определение коэффициента теплопередачи и

	составление уравнения теплового баланса.
63.	Проверка адекватности модели. Примеры процессов, проводимых в реакторах змеевикового типа. Режимы функционирования и определение определяющих параметров.
64.	Модель идеального вытеснения – основная модель реакторов змеевикового типа. Условия применимости модели идеального вытеснения.
65.	Определения необходимого режима течения и расчет гидравлического сопротивления.
66.	Расчет теплового режима – определение коэффициента теплопередачи и составление уравнения теплового баланса. Проверка адекватности модели.
67.	Математическая модель процесса абсорбции в колонных абсорберах тарельчатого типа.
68.	Двухфазная модель с использованием для жидкой фазы ячеечной модели с обратными потоками и модели идеального вытеснения для газовой фазы.
69.	Математическая модель процесса абсорбции в колонном абсорбере насадочного типа. Используются модели идеального вытеснения для жидкой и газовой фаз.
70.	Математическая модель процесса абсорбции в емкостных аппаратах с мешалками. Использование модели идеального перемешивания для жидкой фазы и газовой фазы.
71.	Соотношения для расчета объемных коэффициентов массопередачи.
72.	Математическая модель абсорбера с распылением жидкой фазы.
73.	Математические модели процессов ректификации в тарельчатых и насадочных колоннах.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
1	Зачет (устно)	«зачтено»	Ответ на два теоретических вопроса, студент хорошо владеет материалом при условии предоставления проекта
		«не зачтено»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос, проект не представлен

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Заварухин С.Г.	Математическое моделирование химико-технологических процессов и аппаратов	учебное пособие	2017	ЭБС «Лань»
2	Гартман Т.Н., Клушин Д.В.	Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики	учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
3	Казиев В.М.	Введение в анализ, синтез и моделирование систем	учебное пособие	2019	ЭБС «IPRbooks»
4	Баранов Д.А.	Процессы и аппараты химической технологии	учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Липин А. А.	Системный анализ и методы химической кибернетики	учебное пособие	2015	ЭБС «Лань»
2	Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А.	Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс	учебник	2019	ЭБС «Лань»
3	Москвичев Ю. А., Григоричев А.К., Павлов О.С.	Теоретические основы химической технологии	учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

– **Бутлеровские сообщения.** Научный англо-русскоязычный химический журнал. Публикует статьи по основным разделам химии и смежным дисциплинам. Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Для зарегистрированных пользователей сайта доступен полнотекстовый архив с 1999 года: <http://butlerov.com/stat/reports/view.asp?lang=ru>

– **Химия в интересах устойчивого развития.** В журнале публикуются оригинальные научные сообщения и обзоры по химии процессов, представляющих основу принципиально новых технологий, создаваемых в интересах устойчивого развития, или усовершенствования действующих, сохранения природной среды, экономии ресурсов, энергосбережения. Входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Доступен полнотекстовый архив с 2001 по 2005 год: <http://www.sibran.ru/journals/Hviur/>

– **Oriental Journal Of Chemistry.** Научный рецензируемый журнал открытого доступа. Страна: Индия. Язык: английский. Публикует результаты научных исследований в области общей химии, биохимии, спектроскопии, химии окружающей среды. Доступен полнотекстовый архив с 2008 года: <http://www.orientjchem.org/Archive.php>

– **Теоретические основы химической технологии.** Журнал публикует сообщения о новых технологических процессах в обрабатывающей промышленности с точки зрения фундаментальной науки. Статьи в журнале посвящены основам тепломассообмена, процессам разделения, межфазным явлениям, течению сыпучих материалов, биотехнологии, оптимизации, автоматизации и управлению, экономии энергии, металлов и сырья, защите окружающей среды и смежным темам. Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ. Для зарегистрированных пользователей Научной электронной библиотеки (eLibrary) доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8244>

– **Chemical and Process Engineering Research.** Журнал на английском языке Международного института по науке, технологиям и образованию (International Institute for Science, Technology and Education) (США, Великобритания, Гонконг). Публикует оригинальные статьи, касающиеся различных аспектов химического машиностроения, в том числе, управление процессами и контрольно-измерительными приборами данного производства. Доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/CPER/issue/archive>

– **Journal of Advanced Chemical Engineering.** Научный рецензируемый и реферируемый журнал открытого доступа. Страна: Египет. Язык: английский. Публикует оригинальные исследования, обзорные статьи, короткие сообщения в области химического машиностроения, современных материалов, биохимии. Доступен полнотекстовый архив с 2011 года: <http://www.ashdin.com/journals/published.aspx?jid=jace>

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	MathCAD версия 14 или 15	Акт п/п от 21.07.09 (Гос. Контракт 487 от 28.05.09), бессрочный
2	Windows	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия, бессрочный
3	Office Standard	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия, бессрочный; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия, бессрочный

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

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория «Процессы и аппараты защиты окружающей среды». Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации (А-409)	Столы ученические моноблоки, столы, стулья, доска аудиторная (меловая), проектор, ноутбук, экран переносной, установка технологического комплекса, позволяющая снизить распространение аэродисперсной системы в пространстве., установка, позволяющая создать аэродинамическую тягу
2	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-415)	Столы ученические, стулья ученические, доска аудиторная (меловая), ПК, проектор, экран переносной, рабочий стол, письменный угловой стол, преподават. Стол.
3	Помещение для самостоятельной работы. (Г-401)	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет
4	Помещение для самостоятельной работы студентов (С-705)	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть «Интернет»