

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д.А. Гаюровский



01 » июня 2021 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Цифровая инженерия химико-технологических процессов

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Хемоинформатика и молекулярное моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Маджидов Т.И. (кафедра органической и медицинской химии, Химический институт им. А.М. Бутлерова), Timur.Madzhidov@kpfu.ru ; Терещенко Константин Алексеевич

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3	Способен анализировать новую научную проблематику, применять методы и средства планирования, организации и проведения научных исследований в выбранной области химии и смежных наук

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- дифференциальные уравнения моделей химической кинетики и механизмы протекания химических реакций, заложенные в эти модели, уравнения моделей химической макрокинетики, тепло- и массопереноса и методы их численного решения;
- основы работы в программных пакетах для решения задач цифровой инженерии - Wolfram Mathematica, ANSYS Fluent, Aspen HYSYS;
- методы построения математических моделей химико-технологических процессов, способы анализа технологических процессов, методы расчетов химических реакторов, принципы экономического и экологического анализа в создании энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Должен уметь:

- создавать элементы цифровых двойников химико-технологических процессов и проводить их отладку в программных пакетах Wolfram Mathematica, ANSYS Fluent, Aspen HYSYS;- решать типовые задачи оптимизации основных процессов химической технологии в программных пакетах Wolfram Mathematica, ANSYS Fluent, Aspen HYSYS;цифровых двойников химико-технологических процессов и интерпретировать их результаты.

Должен владеть:

- необходимым объемом знаний о физических и химических процессах, протекающих в ходе химико-технологического процесса для его корректного математического описания;
- навыками работы в программных пакетах Wolfram Mathematica, ANSYS Fluent, Aspen HYSYS, при-меняемых для решения задач цифровой инженерии, способами решениями оптимизационных задач.
- математическими методами обработки экспериментальных данных о химико-технологических процессах, математическими методами решения прямых и обратных задач химической технологии, навыками проведения вычислительных экспериментов и анализа их результатов.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "ФТД.N.03 Факультативные дисциплины" основной профессиональной образовательной программы 04.04.01 "Химия (Хемоинформатика и молекулярное моделирование)" и относится к факультативным дисциплинам.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 57 часа(ов), в том числе лекции - 26 часа(ов), практические занятия - 30 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 87 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тель-ная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Тема 1. Введение в дисциплину.	2	2	0	0	0	0	0	6
2.	Тема 2. Тема 2. Химическая кинетика. Решение прямых кинетических задач в программном пакете Wolfram Mathematica.	2	4	0	4	0	0	0	9
3.	Тема 3. Тема 3. Химическая кинетика. Решение обратных кинетических задач в программном пакете Wolfram Mathematica.	2	4	0	8	0	0	0	18
4.	Тема 4. Тема 4. Химическая макрокинетика и ее моделирование в программном пакете ANSYS Fluent.	2	6	0	8	0	0	0	27
5.	Тема 5. Тема 5. Проектирование химико-технологических систем в программном пакете Aspen HYSYS.	2	10	0	10	0	0	0	27
	Итого		26	0	30	0	0	0	87

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Тема 1. Введение в дисциплину.

1. Математическое моделирование в химии.
2. Понятие о моделях типа "белый ящик" и типа "черный ящик". Принципиальное отличие кинетических моделей от регрессионных моделей.
3. Взаимосвязь кинетической модели, макрокинетической модели и модели химико-технологической системы. Связь этих моделей с квантово-химическим моделированием и прогнозированием свойств.
4. Понятие цифрового двойника.
5. 4-ая промышленная революция и роль, отводимая цифровой инженерии.

Тема 2. Тема 2. Химическая кинетика. Решение прямых кинетических задач в программном пакете Wolfram Mathematica.

1. Основные определения химической кинетики.
2. Закон действующих масс.
3. Влияние температуры и давления на скорость реакции. Уравнение Аррениуса. Физический смысл предэкспоненциального множителя и энергии активации.
4. Простые гомогенные реакции. Порядок скорости реакции. Мономолекулярные реакции. Бимолекулярные реакции. Тримолекулярные реакции.
5. Сложные реакции. Параллельные реакции. Последовательные реакции. Селективность процесса.
6. Обратимые реакции. Химическое равновесие.
7. Радикальные реакции. Цепные реакции. Разветвленные цепные реакции. Неразветвленные цепные реакции. Принцип квазистационарности.
8. Реакции полимеризации, поликонденсации и других химических превращений с участием полимеров. Методы моделирования кинетики: метод моментов, метод производящих функций.
9. Гомогенный катализ. Гетерогенный катализ.
10. Решение прямых кинетических задач в программном пакете Wolfram Mathematica. Проведение вычислительных экспериментов.

Тема 3. Тема 3. Химическая кинетика. Решение обратных кинетических задач в программном пакете Wolfram Mathematica.

1. Понятие обратной кинетической задачи. Идентификация параметров кинетических моделей.
2. Информативность экспериментальных данных.
3. Неопределенность решения обратной кинетической задачи. Причины некорректности обратной кинетической задачи.
4. Математические алгоритмы решения обратных кинетических задач.
5. Виды целевой функции при решении обратной кинетической задачи.
6. Метрологическая проработка результатов решения обратной кинетической задачи, вычисление интервалов неопределенности идентифицированных параметров.
7. Решение обратных кинетических задач в программном пакете Wolfram Mathematica.

Тема 4. Тема 4. Химическая макрокинетика и ее моделирование в программном пакете ANSYS Fluent.

1. Механика сплошной среды.
2. Уравнения динамики вязкой жидкости. Обобщенное дифференциальное уравнение.
3. Дискретизация уравнений динамики вязкой жидкости. Сходимость, аппроксимация, устойчивость.
4. Явные и неявные схемы решения дискретизированных уравнений. Требования к численному методу решения.
5. Граничные условия.
6. Расчет турбулентных течений.
7. Макрокинетика. Расчет химически реагирующих течений.
8. Моделирование макрокинетики в программном пакете ANSYS Fluent. Интерфейс Workbench. Построение геометрии в модуле Geometry. Создание сетки в модуле Mesh. Проведение расчета в модуле Simulation. Послерасчетный анализ

Тема 5. Тема 5. Проектирование химико-технологических систем в программном пакете Aspen HYSYS.

1. Химико-технологическая система (ХТС). Основные понятия.
2. Схемы и модели ХТС: химическая схема, операционно-описательная модель, функциональная схема, структурная схема, операторная схема, технологическая схема.
3. Классификация технологических схем.
4. Периодические, непрерывные и комбинированные схемы ХТС.
5. Прямая, циркуляционная и периодическая схемы технологического маршрута сырья.
6. Одно-, двух- и многостадийные схемы ХТС.
7. Степень экологизации ХТС.
8. Номенклатура выпускаемой продукции ХТС.
9. Способы рекуперации энергии (энергосбережение).
10. Принципы зеленой химии (ресурсосбережение)
11. Проектирование химико-технологических систем в программном пакете Aspen HYSYS.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- Научная Электронная Библиотека (НЭБ) - <http://elibrary.ru>
- ЭБС "РУКОНТ" - <http://rucont.ru>
- ЭБС "КнигаФонд" - <http://www.knigafund.ru>
- ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru>
- ЭБС "Лань" - <http://e.lanbook.com/books/>
- ЭБС "Юрайт" - <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС Библиокомплектатор - <http://www.bibliocomplectator.ru/>
- Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ - <http://ft.kstu.ru/ft/>
- Электронный каталог УНИЦ КНИТУ - <http://ruslan.kstu.ru/>
- ЭЧЗ "БиблиоТех" - <https://kstu.bibliotech.ru>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	На практических занятиях выполняются лабораторные работы, поэтому на них требуется приходиться подготовленными. Повторите лекционный материал по теме предстоящего практического занятия. Обязательно обратите внимание на вызывающий сложности материал. При необходимости, обратитесь за помощью к преподавателю.
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; - подготовку к практическим занятиям, тестированиям и контрольной работе; - работу с Интернет-источниками; - подготовку к сдаче лабораторных (практических) работ, сдаче экзамена. <p>Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины "Цифровая инженерия химических процессов". По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины, следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.</p> <p>Перед посещением практического занятия изучите теорию вопроса, предполагаемого к изучению, ознакомьтесь с руководством по соответствующей работе.</p> <p>Работа с конспектом лекций</p> <p>Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.</p> <p>Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.</p>
зачет	Подготовка к зачету способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к зачету, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На зачете студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине. При подготовке к зачету необходимо ознакомиться списком вопросов к зачету, повторно ознакомиться с лекционным материалом, систематизировать информацию по курсу. Особое внимание следует уделить разделам курса, изученным самостоятельно и вызывавшим наибольшие затруднения при теоретическом изучении и решении практических задач.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 04.04.01 "Химия" и магистерской программе "Хемоинформатика и молекулярное моделирование".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
ФТД.Н.03 Цифровая инженерия химико-технологических процессов

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Хемоинформатика и молекулярное моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Основная литература:

1. Химическая кинетика. Решение обратных задач: учебное пособие / Батыршин Н. Н., Харлампиди Х. Э., Нуруллина Н. М. - 2-е изд., испр и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 176 с. - Книга из коллекции Лань - Химия. - ISBN 978-5-8114-4432-8. - .
2. Загкейм, А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. Ю. Загкейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2020. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-497-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1212487> (дата обращения: 05.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
3. Андрейчиков, А. В. Интеллектуальные цифровые технологии концептуального проектирования инженерных решений : учебник / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. - Москва : ИНФРА-М, 2021. - 511 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. - (Высшее образование: Магистратура). - DOI 10.12737/textbook_5cde57b7228885.60898513. - ISBN 978-5-16-014884-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1241808> (дата обращения: 05.05.2022). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей: Учебное пособие / Кравцов А.В., Самборская М.А., Вольф А.В., - 2-е изд. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 166 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/674042> (дата обращения: 05.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
2. Павлов, Ю. Л. Системный анализ химико-технологических процессов как объектов управления и методы настройки регуляторов : учебное пособие / Ю. Л. Павлов, Н. Н. Зиятдинов, Д. А. Рыжов. - Казань : КНИТУ, 2013. - 88 с. - ISBN 978-5-7882-1381-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/73414> (дата обращения: 05.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Гамлицкий, Ю. А. Оптимизация химико-технологических процессов переработки эластомеров : методические указания / Ю. А. Гамлицкий, Ю. А. Наумова, А. Н. Черепанов. - Москва : РТУ МИРЭА, 2021. - 89 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/226580> (дата обращения: 05.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
ФТД.Н.03 Цифровая инженерия химико-технологических процессов

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Хемоинформатика и молекулярное моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.