

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной (135)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №16 от 18 мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

Направление: 19.03.01 Биотехнология

Промышленная биотехнология

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Тигунцева Надежда Павловна
Дата подписания: 28.05.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Евстафьев Сергей
Николаевич
Дата подписания: 01.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Лозовая Татьяна
Сергеевна
Дата подписания: 28.05.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Компьютерное моделирование биотехнологических процессов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-7 Способность к организации и проведению научных исследований; к обработке и анализу результатов научных исследований в сфере биотехнологии	ПКС-7.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-7.2	Применяет методы компьютерного моделирования для решения практических задач в биотехнологии	Знать методы компьютерного моделирования и оптимизации биотехнологических процессов; современные технологии сбора информации, обработки и интерпретации полученных экспериментальных эмпирических данных Уметь находить оптимальные решения биотехнологических задач с помощью эвм Владеть методами компьютерного моделирования и оптимизации биотехнологических процессов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Компьютерное моделирование биотехнологических процессов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Основы биотехнологии», «Культивирование продуцентов», «Оборудование биотехнологических предприятий», «Выделение и очистка целевых продуктов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Оборудование биотехнологических предприятий», «Выделение и очистка целевых продуктов», «Организация производства по GMP», «Фитобиотехнология», «Зообиотехнология»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48

лекции	16	16
лабораторные работы	32	32
практические/семинарские занятия	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовая работа	Экзамен, Курсовая работа

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Общее понятие моделирования. Основные этапы развития методов моделирования	1	2	1	3			2	7	Устный опрос
2	Физическое моделирование. Область применения и возможности физического моделирования.	2	2	2	4			1	2	Устный опрос
3	Математическое моделирование	3	2	3	4			1, 1	4	Устный опрос
4	Типовые модели технологических процессов	4	2	4	3			1	2	Устный опрос
5	Моделирование помощью электронных вычислительных машин (ЭВМ)	5	2					1	2	Устный опрос
6	Создание и исследование математических моделей	6	1	8	4			1, 4	12	Устный опрос
7	Методы математической статистики в биотехнологии	7	2	6	3			1	2	Устный опрос
8	Поиск оптимальных решений	8	2	5, 7	8			1, 3	27	Устный опрос
9	Моделирование теплообменных процессов	9	1	9	3			1	2	Устный опрос

	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовая работа
	Всего		16		32				96	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Общее понятие моделирования. Основные этапы развития методов моделирования	Моделирование рассматривается как современный метод исследования технологических процессов и как форма отражения действительности. Основу современного подхода к решению задач в области биотехнологий составляет системный анализ, в соответствии с которым задачи исследования отдельных технологических процессов решаются в тесной связи друг с другом и подчинены единой цели – созданию высокоэффективного производства. Моделирование биотехнологических производственных процессов сводится к исследованию температур потоков, скоростей потоков, изменению объемов, изменению активности ферментов, установлению закономерностей и нахождение оптимальных значений показателей качества сырья и параметров процесса для получения наилучшего технологического результата. Для достижения таких целей должны быть известны определенные параметры и свойства объектов, а также методы решения задач с помощью современных компьютерных технологий
2	Физическое моделирование. Область применения и возможности физического моделирования.	Физическое моделирование позволяет углубить знания о комплексе происходящих явлений в моделируемом объекте, уточнить количественную оценку и облегчить математическое описание отдельных сторон процесса. Методы физического моделирования лучше и нагляднее воспроизводят процессы, протекающие в оригинале по сравнению с другими методами. В настоящее время применяют лабораторные установки, моделирующие различные типовые технологические процессы. Лабораторное оборудование современных предприятий биотехнологической промышленности и научно-исследовательских учреждений можно рассматривать как физические модели производственных установок, на которых моделируют различные этапы технологического процесса. Создаются также различные физические модели транспортных установок, накопителей, емкостей, других устройств биотехнологических

		предприятий. Причем для одного и того же этапа технологического процесса можно создавать различные физические модели, каждая из которых будет отражать те или иные стороны оригинала, и соответствовать поставленной задаче исследования.
3	Математическое моделирование	Математическая модель технологического процесса - это совокупность математических отношений(уравнений, неравенств, логических условий и пр.),определяющих выходные характеристики(параметры состояния, показатели качества)процесса в зависимости от начального состояния, изменения внешних условий и времени. Математическим моделированием технологического процесса или другого объекта называют исследование, осуществляемое путем решения системы математических соотношений, описывающих технологический процесс на вычислительных машинах. Чаще всего эта система состоит из интегро-дифференциальных и алгебраических уравнений. В результате, вместо длинного и сложного экспериментирования на реальном процессе появляется возможность быстро и эффективно исследовать процесс на математической модели математическими средствами. Часто число полученных параметров меньше числа параметров, от которых зависит процесс. В этом случае параметры можно разделить на параметры состояния параметры управления.
4	Типовые модели технологических процессов	Типовую модель подбирают на основании предварительных сведений о технологических объектах. Для того чтобы воспользоваться типовыми математическими моделями, необходимо проверять адекватность модели объекту. При этом находят параметры модели, постоянные коэффициенты, а затем решают уравнения модели при выбранных начальных и граничных условиях. Подтверждением возможности использования модели является совпадение с необходимой точностью данных, полученных на модели объекте.
5	Моделирование помощью электронных вычислительных машин (ЭВМ)	Суть моделирования с использованием ЭВМ состоит в следующем: на основе математической модели с помощью ЭВМ проводится серия вычислительных экспериментов, т.е. исследуются свойства объектов или процессов, находятся их оптимальные параметры и режимы работы, уточняется модель. Например, располагая уравнением, описывающим протекание того или иного процесса, можно изменяя его

		коэффициенты, начальные и граничные условия, исследовать, как при этом будет вести себя объект. Более того, можно спрогнозировать поведение объекта в различных условиях. Вычислительный эксперимент позволяет заменить дорогостоящий натурный эксперимент расчетами на ЭВМ. Он позволяет в короткие сроки и без значительных материальных затрат осуществить исследование большого числа вариантов проектируемого объекта или процесса для различных режимов его эксплуатации, что значительно сокращает сроки разработки сложных систем и их внедрение в производств.
6	Создание и исследование математических моделей	Для исследования технологических процессов биотехнологических производств и установления количественных связей между показателями качества процессов и определяющими факторами широко используют математические описания, полученные на основе экспериментальных данных по различным планам. Однофакторный эксперимент не дает возможности выявить оптимальные значения выходного параметра с учетом взаимодействия двух и более факторов и поэтому имеет ограниченное применение. В большинстве случаев процессы, происходящие в биотехнологии, являются сложными. Это выражается в том, что на процесс влияет целая группа факторов, такие влияния называют многофакторными. Более эффективными для сокращения числа опытов являются многофакторные планы. Для проведения опытов составляют специальные матрицы планирования, в них определяются число опытов и пределы изменения факторов. Матрица представляет собой перечень вариантов, взятых в данной серии опытов
7	Методы математической статистики в биотехнологии	Обработка экспериментальных данных проводится с помощью методов математической статистики и включает в себя расчет статистических величин. Обработка результатов исследования для определения искомого уравнения регрессии состоит из следующих этапов: 1. Определение среднего арифметического значения, оценки дисперсии единичного значения и среднеквадратичного отклонения результатов. 2. Построение графической зависимости $y=f(x)$ и установление того или иного вида искомого уравнения (линейное, квадратичное, степенное). Определение коэффициентов искомого уравнения. Проверка соответствия полученного уравнения экспериментальным данным и оценка точности аппроксимации. Если уравнение недостаточно

		точно описывает экспериментальные данные, то следует перейти к полиному, более высокой степени.
8	Поиск оптимальных решений	Задача поиска оптимального решения математически сформулирована в том случае, если записана функция оптимальности и область допустимых решений (ограничения), то это позволяет найти оптимальное решение (оптимизировать процесс), т.е. определить, при каких условиях должен проходить технологический процесс, чтобы обеспечить наилучшее качество продукта, наименьший расход энергии, наибольшую прибыль и т.д. При построении моделей технологических объектов вводят ограничения, представляющие собой условия распределения и расходования тех или иных ресурсов (энергии, материалов, запасов сырья, времени и т.п.). Любое оптимальное решение оценивают количественно, а количественный показатель решения называют критерием оптимальности. Функцией оптимальности (целевой функцией) называют зависимость критерия оптимальности определяющих параметров. Методы оптимизации должны учитывать принцип оптимального варианта, который заключается в наилучшем сочетании последовательности технологических операций, технологических режимов в данных конкретных условиях предприятия для повышения качества продукта и снижения затрат на его производство
9	Моделирование теплообменных процессов	Аппараты, основным назначением которых является теплообмен между веществами, называются теплообменниками. Вещества, участвующие в теплообмене, называются теплоносителями. Горячий теплоноситель отдает тепло, холодный – принимает. Задача моделирования теплообменников сводится к исследованию изменения температур потоков теплоносителей по длине теплообменников, определению температур потоков на выходе. При этом должны быть известны конструкция теплообменника и свойства, участвующих в процессе теплообмена фаз. При составлении математической модели используются следующие упрощающие допущения: процесс предполагается установившимся; для описания гидродинамики потоков используются модели «идеальное смешение» и «идеальное вытеснение»; процесс предполагается адиабатическим по отношению к внешней среде; расходы, теплоемкости

		теплоносителей и коэффициент теплопередачи принимаются постоянными.
--	--	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Создание математических моделей биотехнологических процессов	3
2	Создание модели расхода сырья на производстве	4
3	Моделирование корреляционных связей технологических процессов	4
4	Моделирование процесса теплообмена	3
5	Оптимизация производственной программы	4
6	Методы математической статистики	3
7	Оптимизация биотехнологических режимов	4
8	Создание модели расхода сырья на биотехнологическом производстве	4
9	Моделирование процесса теплообмена в пластинчатом теплообменнике	3

4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	18
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	7
3	Подготовка к экзамену	25
4	Создание математических и графических моделей процессов	10

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: творческие задания, исследовательский метод, мастер-класс

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Моделирование процессов и расчет на ЭВМ [Электронный ресурс] : методические указания по подготовке к курсовой работе для студентов направления подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья»/Иркутск:ИРНИТУ,2018.–18с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Франтенко В.К. Моделирование в пищевом производстве: лабораторный практикум/В. К. Франтенко, Г.С. Гусакова, 2017.- 85с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Моделирование процессов и расчет на ЭВМ [Электронный ресурс] : методические указания по самостоятельной работе для студентов направления подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья»/Иркутск:ИРНИТУ,2018.–53с.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 6 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос даёт возможность выполнить несколько задач одновременно. Преподаватель опрашивает и производит оценку проверяемых знаний и корректирует ответы, направляет, а также исправляет ошибки. При таком виде контроля текущей успеваемости происходит закрепление пройденного материала.

Тема (раздел): Моделирование как современный метод исследования биотехнологических процессов.

Вопросы для контроля:

1. Дайте определение процессу моделирования, приведите понятие модели.
2. Сформулируйте основные требования к процессу моделирования.

Тема(раздел): Математическое моделирование.

- Вопросы для контроля:
1. Сформулируйте понятие математического моделирования.
 2. Математическое описание биотехнологических процессов на основе уравнений материального и теплового балансов для стационарных и нестационарных условий.
 3. Исследование биотехнологических процессов методом математического моделирования.

Тема(раздел): Типовые модели биотехнологических процессов.

Вопросы для контроля:

1. Выделение микро- и макроуровней сложных биотехнологических процессов и разбиение их на составные части.
2. Биотехнологический процесс как система. Внешние связи биотехнологической системы с окружающей средой.
3. Приведите математическое описание эмпирической модели.
4. Перечислите типовые математические модели биотехнологических процессов.
5. Применение комбинированных моделей.
6. Охарактеризуйте поток идеального вытеснения.
7. Расскажите о потоке идеального смешения.

Тема (раздел): Работа с электронными таблицами Excel для оценки и обработки

результатов исследований.

Вопросы для контроля:

- 1.Опишите процедуру проверки статистических гипотез.
- 2.Использование электронных таблиц в процессе оценки и обработки результатов исследований.

Тема(раздел): Планирование эксперимента для составления математической модели биотехнологического процесса.

Вопросы для контроля:

- 1.Сравните пассивный и активный эксперименты.
- 2.В чем заключается планирование эксперимента?
- 3.Как используется метод полного факторного эксперимента при построении планов?
- 4.Дайте характеристику структурным и эмпирическим моделям.

Тема(раздел): Методы математической статистики в биотехнологии

Вопросы для контроля:

- 1.Математическое моделирование процессов дозирования и смешивания.
- 2.Блок-схема алгоритма решения расчета сред.
- 3.Приведите алгоритм решения уравнений математического описания одного из типовых процессов биотехнологии.

Тема (раздел): Компьютерное моделирование и оптимизация биотехнологических процессов.

Вопросы для контроля:

- 1.Дайте формулировку задачи оптимизации.
- 2.Что такое критерий оптимальности?

Критерии оценивания.

всестороннее, систематическое и достаточно глубокое знание теоретического материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-7.2	применяет математические методы и основы математического моделирования для решения практических задач в биотехнологии	Устный опрос

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Вопросы к экзамену:

1. Дайте определение процессу моделирования, приведите понятие модели.
2. Сформулируйте основные требования к процессу моделирования.
3. Исследование биотехнологических процессов методом математического моделирования. Опишите метод электрогидродинамических аналогий.
4. Приведите пример моделей-аналогов реологических свойств сред.
5. Математическое описание стационарных и нестационарных процессов.
6. Дайте понятие алгоритма решения задач. Как разрабатывается алгоритм моделирования?
7. Как составляются блок-схемы алгоритма решения задач.
8. Расскажите о современных информационных технологиях в процессе поиска и обмена информацией.
9. Использование электронных таблиц в процессе оценки и обработки результатов исследований.
10. Опишите процедуру проверки статистических гипотез.
11. Сравните пассивный и активный эксперименты. В чем заключается планирование эксперимента?
12. Как используется метод полного факторного эксперимента при построении планов?
13. Выделение микро- и макроуровней сложных биотехнологических процессов и разбиение их на составные части.
14. Биотехнологический процесс как система. Внешние связи технологической системы с окружающей средой.
15. Приведите математическое описание эмпирической модели.
16. Перечислите типовые математические модели биотехнологических процессов.
17. Применение комбинированных моделей.
18. Охарактеризуйте потоки идеального вытеснения.
19. Расскажите о потоке идеального смешения. Назовите тепловые режимы работы аппаратов.
20. Приведите уравнения тепловых балансов в потоках идеального вытеснения.
21. Блок-схема алгоритма решения продуктового расчета.
22. Приведите алгоритм решения уравнений математического описания одного из типовых процессов биотехнологии.
23. Дайте формулировку задачи оптимизации. Что такое критерий оптимальности?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
четко представляет теоретические основы моделирования в биотехнологии, - понимает связь между отдельными этапами стадиями создания биотехнологических моделей производств, владеет навыками	в основном представляет теоретические основы моделирования в биотехнологии, в основном понимает связь между отдельными этапами стадиями создания биотехнологических моделей производств, в	фрагментарно представляет теоретические основы моделирования в биотехнологии, владеет фрагментарными навыками осуществления оптимизации биотехнологических процессов с применением ЭВМ	фрагментарно представляет основы создания моделирования в биотехнологии, и не умеет грамотно их изложить, плохо понимает связь между отдельными этапами и стадиями создания биотехнологических моделей производств, практически не владеет навыками осуществления

осуществления оптимизации биотехнологических процессов с применением ЭВМ	основном может осуществлять оптимизацию биотехнологических процессов с применением ЭВМ		оптимизации биотехнологических процессов с применением ЭВМ
--	--	--	--

6.2.2.2 Семестр 6, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Целью курсовой работы является составление программы или универсальной формы в виде электронной таблицы для нахождения модели состава среды для культивирования продуцентов.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и диска с программой или формой электронной таблицы продуктового расчёта и оптимизации выпуска продукции.

Пояснительная записка должна включать разделы:

- теоретическая часть;
- расчётная часть(математическая модель);
- текст программы или форма электронной таблицы продуктового расчёта и оптимизации;
- результаты расчётов;
- анализ полученных результатов, выводы о целесообразности расходования сырья, и рекомендаций к производственной программе выпуска препаратов. В качестве исходных данных для расчёта расхода сырья предлагается составить качественные показатели выпускаемых препаратов. Основными нормативными документами для изготовления препаратов являются ГОСТы. На основании расчета производится выбор основного и вспомогательного оборудования, расчет количества тары и вспомогательных материалов; также это дает возможность планировать себестоимость препаратов. В составах сред указано определённое соотношение компонентов сырья для производства данного наименования препаратов, что позволяет определить расход сырья для выпуска готовой продукции и спланировать себе стоимость препаратов.

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Работа выполнена самостоятельно, носит творческий характер, возможно содержание элементов научной новизны; продемонстрирован высокий уровень развития общекультурных и	Тема работы раскрыта, однако выводы и рекомендации не всегда оригинальны и/или не имеют практической значимости, есть неточности; не по всем аспектам исследуемой темы	Тема раскрыта частично, но в основном правильно, допущено поверхностное изложение отдельных вопросов; в работе недостаточно полно были выполнены расчеты, выводы и	Содержание работы не раскрывает тему, материал изложен бессистемно и поверхностно, нет анализа практического материала, основные положения и рекомендации не имеют обоснования; работа неоригинальна, основана на

профессиональн х компетенций, теоретические знания и наличие практических навыков; работа хорошо оформлена и своевременно представлена на кафедру, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых работ.	сделаны выводы и обоснованы практические рекомендации; при написании и защите работы студентом продемонстрирова н средний уровень развития общекультурных и профессиональн х компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков; работа своевременно представлена на кафедру, есть отдельные недостатки в ее оформлении.	практические рекомендации не отражали в достаточной степени содержание работы; при написании и защите работы студентом продемонстрирован удовлетворительный уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, поверхностный уровень знаний и навыков; работа своевременно представлена на кафедру, однако не в полном объеме по содержанию и/или оформлению соответствует предъявляемым требованиям.	компиляции публикаций по теме; при написании и защите работы студентом продемонстрирован неудовлетворительный уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций; работа несвоевременно представлена на кафедру, не в полном объеме по содержанию и оформлению соответствует предъявляемым требованиям.
--	---	---	--

7 Основная учебная литература

1. Янчуковская Е. В. Моделирование и оптимизация работы теплообменников : лабораторный практикум для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 18.03.01 "Химическая технология" / Е. В. Янчуковская, 2019. - 75.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-21439.pdf>

2. Янчуковская Е. В. Моделирование тепловых процессов в химической технологии. Примеры и задачи : учебное пособие / Е. В. Янчуковская, 2018. - 95.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-22344.pdf>

3. Янчуковская Е. В. Моделирование массообменных процессов в химической технологии. Примеры и задачи : учебное пособие по направлениям подготовки "Химическая технология", "Автоматизация технологических процессов и производств" / Е. В. Янчуковская, 2019. - 138.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-21440.pdf>

4. Франтенко В. К. Моделирование в пищевом производстве : лабораторный практикум / В. К. Франтенко, Г. С. Гусакова, 2017. - 85.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-23246.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика : учебное пособие для вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров 260100 "Продукты питания из растительного сырья", 260200 "Продукты питания животного происхождения" и 260500 "Высокотехнологичные производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения" / О. Н. Красуля [и др.], 2015. - 317.

2. Янчуковская Е. В. Моделирование и расчет на ЭВМ химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. В. Янчуковская, С. В. Гунич, 2012. - 111.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-4948.pdf>

3. Гунич. Математическое моделирование и расчет на ЭВМ химико-технологических процессов. Примеры и задачи : учебное пособие. Ч. 1, 2010. - 215.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-40603.pdf>

4. Гунич. Математическое моделирование и расчет на ЭВМ химико-технологических процессов. Примеры и задачи : учебное пособие. Ч. 2, 2010. - 215.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-40604.pdf>

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office Professional Plus 2013
2. Microsoft Windows Professional 8 Russian
3. Excel Link concurrent AcademicEdition
4. Microsoft Windows Server Standard 2008 - клиентские лицензии_для КУИЦ

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
2. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
3. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5

4. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
5. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
6. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
7. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
8. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
9. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
10. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
11. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
12. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
13. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
14. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
15. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5
16. Celeron G3930/2.9GHz/DDR 8Gb/HDD 500Gb/LG 23.5