

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Белгородский Валерий Савельевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.10.2024 17:51:04
Уникальный программный ключ:
8df276ee93e17c18e7bee9e7cad2d0ed9ab82473

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»

Институт Отдел аспирантуры и докторантуры
Кафедра энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и безопасности

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование процессов химической технологии

| | | |
|---|---|---|
| Уровень образования | аспирантура | |
| Научная специальность | 2.6.13 | Процессы и аппараты химических технологий |
| Направленность | Процессы и аппараты химических технологий | |
| Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения | 4 года | |
| Форма обучения | очная | |

Рабочая программа учебной дисциплины «Математическое моделирование процессов химической технологии» основной профессиональной образовательной программы высшего образования, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 9 от 15.03.2024 г.

Разработчик рабочей программы «Математическое моделирование процессов химической технологии»

профессор
доцент

М. П. Тюрин
Е. С. Бородина

Заведующий кафедрой:

О. И. Седяров

1. Цели освоения учебной дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование процессов химической технологии» является формирование экспериментально-теоретического подхода к моделированию технологических процессов и методологии построения моделей; формирование понимания теоретических основ, приемов и методов составления статистических (эмпирических) моделей; освоение навыков идентификации параметров, статистического анализа моделей, исследования адекватности моделей и оценки значимости факторов процесса; формирование основных навыков применения математических моделей.

В результате освоения учебной дисциплины (модуля) «Математическое моделирование процессов химической технологии» обучающийся должен

Знать:

- особенности подходов и постановки задач, используемые при математическом моделировании;
- понятия детерминированная и стохастическая, непрерывная, дискретная и смешанная, статическая и динамическая, параметрическая и непараметрическая, линейная и нелинейная математические модели;
- методику выбора типа используемых моделей исходя из постановки прикладной задачи и имеющихся данных;
- математический аппарат, используемый при различных подходах к моделированию;
- этапы построения, верификации и анализа математических моделей различных типов.

Уметь:

- применять методы и инструментальные средства математического моделирования для исследования объектов профессиональной деятельности;
- идентифицировать проблему, строить математическую модель, выбрать метод анализа, проводить интерпретацию полученного решения, использовать полученные знания для выбора решений прикладной задачи;
- принимать решения о необходимости модификации хода исследования по промежуточным результатам моделирования.

Владеть:

- навыками выбора, построения и анализа математических моделей различных типов;
- навыками верификации моделей и полученных при их анализе результатов, оформления результатов моделирования в соответствии с требованиями проблемной и предметной областей;
- навыками использования математических пакетов при моделировании.

2. Место учебной дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Математическое моделирование процессов химической технологии» включена в часть 2.1 Дисциплины (модули) Образовательного компонента, 1-го года обучения семестр 2.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы (з.е.) или 96 академических часов (час), в том числе 8 часов лекции, 18 часов практических занятий и 70 часа самостоятельной работы.

Дисциплина базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении предыдущих дисциплин магистратуры: «Математическое моделирование».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Таблица 1

| Результаты обучения | Критерии результатов обучения | Технологии формирования |
|---|---|---|
| Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | Знать: - основные методы научно-исследовательской деятельности; - методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных областях. Уметь: - выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; - критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; - избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. Владеть: - навыкам сбора, обработки, критического анализа и систематизации информации по теме исследования; - навыками выбора методов и средств решения задач исследования. | лекции (Л), практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР) |
| Владение культурой научного исследования в области химических технологий, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий | Знать: - современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной среде деятельности; - основы правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности. Уметь: - применять новейшие информационно-коммуникационные технологии при решении задач профессиональной деятельности в области химической технологии и смежных наук; - выявить изобретение или иной объект патентного права в результатах проводимых научных исследований в области химической технологии, осуществлять патентный поиск, подготовить заявку на изобретение. Владеть: - культурой научного исследования с соблюдением правовых, этических и технических норм осуществления профессиональной деятельности; - навыками поиска (в том числе с использованием новейших информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований. | лекции (Л), практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР) |
| Способность применять знания законов, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов | Знать: - основные законы, теории, методы процессов и аппаратов химической технологии; - методы системного анализа, способы анализа и синтеза технологических схем. Уметь: - применять системный подход для описания процессов химической технологии; - использовать оптимальные методы анализа и синтеза технологических схем; - формулировать требования к системам управления химико-технологическими процессами. Владеть: - современными методами расчетов технологических процессов и аппаратов; - навыками подготовки исходных данных на проектирование химических производств | лекции (Л), практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР) |
| Способностью применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач | Знать: - методы расчета нестандартного оборудования химических производств; - основные нормативные документы для выбора оборудования химических производств. Уметь: - рассчитывать основное оборудование химических производств; - оценивать перспективы развития химических технологий, необходимые для расчета нового оборудования. | лекции (Л), практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР) |

| Результаты обучения | Критерии результатов обучения | Технологии формирования |
|---|--|--|
| | Владеть: - навыками расчетов нестандартного химико-технологического оборудования. | |
| Способность выполнять при разработке технических проектов технологический расчёт основных аппаратов химических технологий, включая материальный, термодинамический, тепловой, массообменный, гидравлический и экономический расчёты | Знать: - методы проведения и организации научных исследований в области химической технологии; - основы моделирования процессов и аппаратов химической технологии; - нормативные требования к организации научных исследований в химических лабораториях. Уметь: - создавать лабораторные установки и стенды для проведения исследований в области химической технологии; - планировать и проводить исследования на лабораторных и стендовых установках в области технологии переработки и создания веществ и материалов, обобщать полученные результаты. Владеть: навыками создания лабораторных и/или стендовых установок для изучения процессов в области технологии переработки и создания новых органических веществ; - методами планирования эксперимента; - навыками регистрации и обработки данных технологических экспериментов; - навыками разработки лабораторных регламентов. | <i>лекции (Л), практические занятия (ПЗ) самостоятельная работа (СР)</i> |

4. Объем и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Таблица 2

| Показатель объема дисциплины | Трудоемкость |
|--------------------------------------|--------------|
| Объем дисциплины в зачетных единицах | 3 |
| Объем дисциплины в часах | 96 |
| Лекции (ч) | 8 |
| Практические занятия (семинары) (ч) | 18 |
| Самостоятельная работа (ч) | 38 |
| Форма контроля зачёт | Зачет (32) |

4.2 Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)

Таблица 3

| Наименование раздела учебной дисциплины (модуля) | Лекции | | Наименование практических (семинарских) занятий | | Оценочные средства |
|---|---|-------------------|---|-------------------|----------------------|
| | № и тема лекции | Трудоемкость, час | № и тема практического занятия | Трудоемкость, час | |
| Раздел 1 Основные понятия моделирования технологических процессов. Модели объектов с сосредоточенными и распределенными параметрами. Балансовый метод. | 1. Основные понятия моделирования химико - технологических процессов. | 4 | 1. Основные понятия моделирования технологических процессов. | 2 | Устное собеседование |
| | 2. Модели объектов с сосредоточенными и распределенными параметрами. Методы исследования математических моделей. Классификация моделей. | | 2. Понятие модели с сосредоточенными и распределенными параметрами. Балансовый метод. | 2 | Устное собеседование |
| | 3. Балансовый метод. Численное моделирование. | | 3. Разработка и исследование модели технологического объекта с сосредоточенными параметрами. | 2 | Тест 1. |
| Раздел 2 Статистические регрессионные модели. Идентификация моделей методом наименьших квадратов. Методика статистического анализа. | 4. Статистические регрессионные модели. | 2 | 4. Статистические регрессионные модели. | 2 | Устное собеседование |
| | 5. Идентификация моделей методом наименьших квадратов | | 5. Методика статистического анализа. | 2 | Коллоквиум 1. |
| | 6. Методика статистического анализа. | | 6. Построение и анализ регрессионной модели методом наименьших квадратов. | 2 | Тест 2. |
| Раздел 3 Теоретические основы оптимального планирования экспериментов. Модели на основе полных и дробных факторных планов. | 7. Теоретические основы оптимального планирования экспериментов. | 2 | 7. Теоретические основы оптимального планирования экспериментов. | 2 | Устное собеседование |
| | 8. Модели на основе полных и дробных факторных планов. | | 8. Расчет параметров регрессионных моделей для активных технологических экспериментов. | 2 | Коллоквиум 2. |
| | 9. Математические модели объектов различных областей науки | | 9. Анализ качества регрессионных моделей и исследование распространение вредных выбросов в атмосфере от объектов промтеплоэнергетики. | 2 | Тест 3. |
| ВСЕГО часов в семестре | | 8 | | 18 | Зачёт |

5. Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 4

| № п/п | Наименование раздела учебной дисциплины (модуля) | Содержание самостоятельной работы | Трудоемкость в часах |
|--------------------------------|--|---|----------------------|
| 1 | Раздел 1 | Проработка материала лекции. Самостоятельное изучение дополнительных литературных источников, нормативных документов. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестированию 1 | 12 |
| 2 | Раздел 2 | Самостоятельное изучение теоретического материала Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестированию 2 | 12 |
| 3 | Разделы 3 | Самостоятельное изучение теоретического материала Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к тестированию 3 | 14 |
| 5 | Все разделы | Подготовка к зачёту | 32 |
| ВСЕГО часов в семестре: | | | 70 |

6. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе по данной дисциплине различных образовательных технологий, таких как: активные и интерактивные формы проведения занятий; участие в Устных дискуссиях и тестирование.

При освоении дисциплины «Математическое моделирование процессов химической технологии» используются активные и интерактивные формы проведения занятий; разбор, анализ и обсуждение конкретных ситуаций, а также тестирование по темам разделов.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

7.1 Примерная тематика курсовых проектов (работ) – не предусмотрены.

7.2 Примеры используемых оценочных средств для текущего контроля (тестирования)

Вопросы к тестовому контролю Тестирование 1 (письменное)

Заключается в кратких ответах. Цель тестирования - контроль теоретического материала и проверка знаний по проработанному материалу. Каждому студенту выдается комплект заданий из 5 вопросов.

1. Какое высказывание наиболее точно определяет понятие «модель»:
 - 1) точная копия оригинала;
 - 2) оригинал в миниатюре;
 - 3) образ оригинала с наиболее присущими свойствами;
 - 4) начальный замысел будущего объекта?
2. Компьютерное моделирование – это:
 - 1) процесс построения модели компьютерными средствами;
 - 2) процесс исследования объекта с помощью компьютерной модели;
 - 3) построение модели на экране компьютера;
 - 4) решение конкретной задачи с помощью компьютера.
3. Вербальной моделью является:
 - 1) модель автомобиля;
 - 2) сборник правил дорожного движения;
 - 3) формула закона всемирного тяготения;
 - 4) номенклатура списков товаров на складе.
4. Математической моделью является:
 - 1) модель автомобиля;
 - 2) сборник правил дорожного движения;
 - 3) формула закона всемирного тяготения;
 - 4) номенклатура списка товаров на складе.
5. Информационной моделью является:
 - 1) модель автомобиля;
 - 2) сборник правил дорожного движения;
 - 3) формула закона всемирного тяготения;
 - 4) номенклатура списка товаров на складе.

Тестирование 2 (письменное)

Заключается в кратких ответах. Цель тестирования - контроль теоретического материала и проверка знаний по проработанному материалу. Каждому студенту выдается комплект заданий из 5 вопросов.

1. Моделирование логических устройств без памяти:

1) это устройства, которые работают только лишь в двух дискретных состояниях: истина и ложь;

2) зависят не только от аргумента, но и от прежнего состояния устройства;

3) Устройства без памяти не зависят ни от аргумента, ни от прежнего состояния устройства;

4) законы кинематики.

2. Моделирование логических устройств с памятью:

1) это устройства, которые работают только лишь в двух дискретных состояниях: истина и ложь;

2) зависят не только от аргумента, но и от прежнего состояния устройства;

3) Устройства без памяти не зависят ни от аргумента, ни от прежнего состояния устройства;

4) законы кинематики.

3. Модель дешифратора:

1) В зависимости от того, какое двоичное число поступает на входы дешифратора x_0, x_1, x_2 , на одном из выходов, соответствующих двоичному числу (y_0, \dots, y_7) появляется значение 1, на остальных выходах значение 0.

2) гипотетическое описание модели;

3) решение задачи методом индукции;

4) решение задачи дедуктивным методом;

4. Модель суммирующего устройства:

1) В зависимости от того, какое двоичное число поступает на входы дешифратора x_0, x_1, x_2 , на одном из выходов, соответствующих двоичному числу (y_0, \dots, y_7) появляется значение 1, на остальных выходах значение 0.

2) Для того, чтобы построить суммирующее устройство надо иметь три входа и два выхода:

3) решение задачи методом индукции;

4) решение задачи дедуктивным методом;

5. Модель динамики одномерного движения

1) $V_{i+1} = V_i + (\) \square \square t$;

2) ;

3) ;

4) .

Тестирование 3 (письменное)

Заключается в кратких ответах. Цель тестирования - контроль теоретического материала и проверка знаний по проработанному материалу. Каждому студенту выдается комплект заданий из 5 вопросов.

1. Стохастическое моделирование изучает

1) процессы, содержащие некоторый случайный фактор.

2) процесс исследования объекта с помощью компьютерной модели;

3) построение модели на экране компьютера;

4) решение конкретной задачи с помощью компьютера.

2. При уменьшении вдвое шага интегрирования точность решения ОДУ четырехточечным методом Рунге-Кутты увеличивается в

а) 4 раза

- б) 8 раз
 - в) 32 раза
 - г) 10 раз.
3. Четырехточечный метод Рунге-Кутты пригоден для решения ОДУ
- а) только первого порядка
 - б) только второго порядка
 - в) только четвертого порядка
 - г) любого порядка.
4. Дана 4×4 матрица, у которой отличны от нуля только элементы $A[1,2]=1$, $A[2,1]=-1$, $A[3,4]=1$, $A[4,4]=1$. Какой из нижеперечисленных векторов является ее собственным вектором?
- а) $[0,1,0,1]$
 - б) $[1,1,1,1]$
 - в) $[0,0,1,1]$
 - г) $[0,0,1,-1]$.
5. Для приведения симметричной 4×4 матрицы к диагональному виду методом Якоби необходимо сделать
- а) 4 шага
 - б) 6 шагов
 - в) 16 шагов
 - г) количество шагов заранее предсказать нельзя.

Вопросы для коллоквиума №1

1. Моделирование как метод научного исследования. Типы моделей.
2. Структурная и динамическая сложность систем. Подходы к построению моделей сложных систем.
3. Экономические системы как пример сложных систем. Особенности моделей экономических систем, цели и задачи их моделирования.
4. Управление в экономических системах. Принятие решений. Особенности моделей используемых на различных этапах подготовки и принятия решений.
5. Основные цели и задачи анализа данных. Средства и методы анализа данных.
6. Феноменологические и концептуальные модели и их характеристики.
7. Измерительные шкалы, представление переменных, ввод и редактирование данных. Многомерное шкалирование.
8. Трансформация данных и файлов для математического моделирования (на примере решения прикладной задачи).
9. Теоретическая модель и ее согласованность с эмпирическими данными для различных типов моделей.
10. Роль и место методов математической статистики в моделировании.
11. Классические методы многомерного статистического анализа.
12. Задачи выявления и восстановления зависимостей в анализе данных.
13. Простая регрессионная модель. Оценка соответствия простой линейной регрессии реальным данным. Множественная линейная регрессия.
14. Методы отбора переменных в регрессионные модели и ограничения применимости регрессионных моделей.
15. Множественная нелинейная регрессия
16. Задачи и методы таксономии (классификации).
17. Дискриминационный анализ как способ классификации явлений и объектов.
18. Цели, задачи и основное содержание кластерного анализа. Классификация методов кластеризации. Принципы и общая характеристика методов кластерного анализа.
19. Общая характеристика и методы решения задач прогнозирования

20. отклика. Построение и верификация.
21. Оценивание качества прогноза и адекватности модели прогнозирования.
22. Методы построения непрерывных математических моделей.
23. Статические модели.
24. Динамические модели.
25. Общие понятия о численных методах. Вычислительный эксперимент. Анализ устойчивости решений и их верификация.
26. Анализ и исследование устойчивости систем линейных уравнений.
27. Численные методы решений нелинейных уравнений и систем.
28. Линейные и нелинейные обыкновенные дифференциальные уравнения и системы. Их использование в качестве моделей динамических систем.

Вопросы для коллоквиума №2

1. Анализ динамических систем. Линейные и нелинейные динамические системы.
2. Математические модели на основе уравнений гиперболического, параболического и эллиптического типов. Корректная постановка краевых задач для уравнений различного типа.
3. Методы построения дискретных математических моделей.
4. Основные задачи и методы их решения.
5. Сети Петри и их использование в прикладной информатике.
6. Основные концепции, модели и методы сетевого планирования и управления.
7. Автоматные модели.
8. Свойства бинарных отношений и их использование при решении прикладных задач.
9. Задача ранжирования при различных свойствах отношений между 25 объектами.
10. Модель формальных грамматик. Классификация. Порождающие и распознающие грамматики. Подходы к построению алгоритмов распознавания для контекстно-зависимых грамматик.
11. Логические модели. Автоматизация логического вывода. Основные концепции.
12. Оптимизационные модели. Основные понятия. Постановка задачи. Структура оптимизационной модели.
13. Математическое программирование и оптимальное управление.
14. Линейное программирование. Методы решения.
15. Нелинейное программирование. Классификация методов решения.
16. Многокритериальная оптимизация. Общие подходы к решению проблемы.
17. Детерминированные и стохастические модели. Основные понятия.
18. Целочисленное программирование. Основные понятия.
19. Метод динамического программирования. Типичные области применения моделей динамического программирования при принятии решений.
20. Основные элементы динамических моделей. Рекуррентные алгоритмы прямой и обратной прогонки.
21. Стохастические оптимизационные модели. Модель с вероятностными ограничениями. Стохастическая задача распределения ресурсов.
22. Общая постановка задачи оптимального управления.
23. Достаточные условия оптимальности для непрерывных процессов.
24. Достаточные условия оптимальности для многошаговых процессов.

25. Ограниченность области применения классических методов математического программирования. Имитационный подход.
26. Имитационные модели. Особенности имитационного моделирования. Этапы имитационного моделирования.
27. Принципы построения моделирующих алгоритмов.
28. Планирование имитационных экспериментов.

Вопросы для сдачи зачета

1. Роль новых информационных технологий и математического обеспечения в энергетике.
2. Этапы математического моделирования.
3. Обработка табличных данных. Равномерное приближение.
4. Случайные события, классификация случайных событий. Примеры случайных событий в теплоэнергетике.
5. Случайные величины в теплоэнергетике. Непрерывные и дискретные случайные величины
6. Масштабирующие функции.
7. Основные понятия теории нечетких множеств.
8. Операции над нечеткими множествами.
9. Представление параметров режима нечеткими моделями в условиях неопределенности.
10. Искусственные нейронные сети.
11. Физическое и математическое моделирование. Сравнительная характеристика.
12. Преобразование производных в дискретные алгебраические выражения.
13. Точность процесса дискретизации. Сравнение формул высокого и низкого порядка.
14. Метод конечных разностей.
15. Метод конечных разностей. Согласованность дискретного алгебраического представления и исходного дифференциального уравнения.
16. Метод конечных разностей. Численная сходимость решения.
17. Метод конечных разностей. Устойчивость решения.
18. Метод конечных разностей. Точность решения.
19. Метод взвешенных невязок. Общая формулировка.
20. Отличие метода взвешенных невязок от метода конечных разностей.
21. Метод конечных объемов.
22. Метод конечных элементов.
23. Уравнения движения для физических переменных.
24. Уравнение переноса вихря и уравнение для функции тока.
25. Запись уравнений движения в напряжениях.
26. Течения в пограничном слое. Математическое описание.
27. Течения, описываемые укороченными уравнениями Навье - Стокса.
28. Несжимаемые вязкие течения.
29. Влияние граничных условий в расчетных сетках.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины (модуля)

8.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

| № п/п | Автор(ы) | Наименование издания | Вид издания (учебник, УП, МП и др.) | Издательство | Год издания | Адрес сайта ЭБС или электронного ресурса | Количество экземпляров в библиотеке Университета |
|--|--|---|--|---|----------------|--|---|
| Основная литература, в том числе электронные издания | | | | | | | |
| 1. | А. А. Самарский, Гулин А.В. | Численные методы | Книга | М. : Наука | 1989 | | 38 |
| 2. | Попова Е. В., Замотайлова Д. А., Кумратова А. М. | Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ | Учебное пособие | Краснодар : КубГАУ | 2019 | https://e.lanbook.com/book/254183 | |
| 3. | Гумеров А. М. | Математическое моделирование химико-технологических процессов | Учебное пособие | Санкт-Петербург : Лань | 2022 | https://e.lanbook.com/book/211445 | |
| 4. | Гартман Т.Н., Клушин Д.В. | Моделирование химико- технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики | Учебное пособие | Санкт-Петербург : Лань | 2020 | https://e.lanbook.com/book/126905 | |
| 5. | Павловский В. А., Никущенко Д. В. | Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы | Учебное пособие для вузов | Санкт-Петербург: Лань | 2021 | https://e.lanbook.com/book/154392 | |
| 6. | В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.]. | Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. | Учебник для вузов | Санкт-Петербург : Лань | 2023 | https://e.lanbook.com/book/309377 https://e.lanbook.com/book/309377 | |
| 7. | Седяров О. И., Бородина Е. С., Отрубянных Е. В., Гужавина Е. Н. | Моделирование технологических процессов и аппаратов с использованием свободного программного обеспечения. Препроцессинг | Учебное пособие | М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» | 2022 | | 15 |
| Дополнительная литература, в том числе электронные издания | | | | | | | |
| 1. | Касаткин А.Г. | Основные процессы и аппараты химической технологии | Учебник | М.: ООО ТИД “Альянс” | 2005 | | 102 |
| 2. | Мешалкин В.П., Бутусов О.Б., Гнаука А.Г. | Основы информатизации и математического моделирования экологических систем | Учебное пособие | М.: ИНФРА-М | 2010 | http://znanium.com/bookread2.php?book=184099 | |

| | | | | | | | |
|----|-----------------------------------|--|-----------------------|--|------|---|---|
| 3. | Красс М.С. | Моделирование эколого-экономических систем | Учебное пособие | М.: НИЦ ИНФРА-М | 2013 | http://znanium.com/bookread2.php?book=398940 | |
| 4. | Самарский А.А., Вабищевич П.Н. | Численные методы решения задач конвекции-диффузии | Книга | М. : УРСС | 2004 | | 1 |
| 5. | Белоусов А.С. | Построение статистической модели процесса методом регрессионного анализа | Методические указания | М.: МГУДТ | 2013 | http://znanium.com/bookread2.php?book=459646 | 5 |
| 6. | Белоусов А.С. | Разработка многофакторной модели на основе активного эксперимента | Методические указания | М.: МГУДТ | 2013 | http://znanium.com/catalog/product/465536 | 5 |
| 7. | Попалов В. В. | Математические модели в расчетах ЭВМ | Учебное пособие | М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А. Н. Косыгина | 2012 | http://znanium.com/catalog/product/466339 | 5 |
| 9. | Кобелев Н.Б. | Имитационное моделирование объектов с хаотическими факторами | Учебное пособие | М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М | 2016 | http://znanium.com/bookread2.php?book=535221 | 5 |

8.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, электронных образовательных ресурсов локальных сетей РГУ им. А.Н. Косыгина, необходимых для освоения дисциплины

| № пп | Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы |
|--|---|
| 1. | «Znanium.com» научно-издательского центра «Инфра-М» http://znanium.com/ |
| 2. | Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/ |
| 3. | «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru |
| 4. | О предоставлении доступа к информационно-аналитической системе SCIENCE INDEX (включенного в научный информационный ресурс elibrary.ru) https://www.elibrary.ru/ |
| 5. | ЭБС «Лань» http://www.e.lanbook.com/ |
| 6. | ООО «Национальная электронная библиотека» (НЭБ) http://нэб.рф/ Договор № 101/НЭБ/0486 – пот 21.09.2018 г. |
| 7. | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://www.elibrary.ru/ Лицензионное соглашение № 8076 от 20.02.2013 г. |
| 8. | НЭИКОН http://www.neicon.ru/ Соглашение №ДС-884-2013 от 18.10.2013 г |
| Профессиональные базы данных, информационные справочные системы | |
| 1. | «Polpred.com Обзор СМИ» http://www.polpred.com Соглашение № 2014 от 29.10.2016 г. |
| 2. | Scopus http://www.Scopus.com/ Сублицензионный Договор № Scopus /917 от 09.01.2018 г. |
| 3. | «SpringerNature» http://www.springernature.com/gp/librarians Платформа Springer Link: https://rd.springer.com/ Платформа Nature: https://www.nature.com/ Базаданных Springer Materials: http://materials.springer.com/ Базаданных Springer Protocols: http://www.springerprotocols.com/ База данных zbMath: https://zbmath.org/ База данных Nano: http://nano.nature.com/ Сублицензионный договор № Springer/41 от 25 декабря 2017 г. |
| 4. | http://arxiv.org — база данных полнотекстовых электронных публикаций научных статей по физике, математике, информатике |
| 5. | http://www.garant.ru/ - Справочно-правовая система (СПС) «Гарант», комплексная правовая поддержка пользователей по законодательству Российской Федерации |
| 6. | http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/databases/ -базы данных на Едином Интернет-портале Росстата |

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины при обучении с использованием традиционных технологий обучения.

| Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п. | Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п. |
|--|---|
| 119071, г. Москва, Донская улица, дом 39, строение 4 | |
| аудитории для проведения занятий лекционного типа | комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук; – проектор, – экран, – маркерная доска |
| аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук, – проектор, – маркерная доска, – наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие рабочей программе дисциплины. |
| аудитории для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций | комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: - экран переносной ClassicSolutionLibra 180x180, - проектор BenQMX511 9H.J3R77.33 Оборудования (стенды) для проведения лабораторных работ |
| аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: - экран переносной ClassicSolutionLibra 180x180, - проектор BenQMX511 9H.J3R77.33 Оборудования (стенды) для проведения лабораторных работ |
| аудитории для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций | компьютерная техника (15 компьютеров Aquarius) ; подключение к сети «Интернет» |
| Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Комплект учебной мебели, маркерная доска, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: экран, проектор, колонки. |
| Помещения для самостоятельной работы обучающихся | Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся |
| 119071, г. Москва, Малый Калужский переулок, дом 2, строение 6 | |
| читальный зал библиотеки: | – компьютерная техника; подключение к сети «Интернет» |

Перечень программного обеспечения

| №п/п | Программное обеспечение | Реквизиты подтверждающего документа/Свободно распространяемое |
|------|--|---|
| 1. | Windows 10 Pro, MS Office 2019 | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 2. | PrototypingSketchUp: 3D modeling for everyone | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 3. | V-Ray для 3Ds Max | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 4. | NeuroSolutions | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 5. | Wolfram Mathematica | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 6. | Microsoft Visual Studio | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 7. | CorelDRAW Graphics Suite 2018 | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 8. | Mathcad | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 9. | Matlab+Simulink | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019. |
| 10. | Adobe Creative Cloud 2018 all Apps (Photoshop, Lightroom, Illustrator, InDesign, XD, Premiere Pro, Acrobat Pro, Lightroom Classic, Bridge, Spark, Media Encoder, InCopy, Story Plus, Muse и др.) | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 11. | SolidWorks | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 12. | Rhinoceros | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 13. | Simplify 3D | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 14. | FontLab VI Academic | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 15. | Pinnacle Studio 18 Ultimate | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
| 16. | КОМПАС-3d-V 18 | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
| 17. | Project Expert 7 Standart | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
| 18. | Альт-Финансы | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
| 19. | Альт-Инвест | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
| 20. | Программа для подготовки тестов Indigo | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
| 21. | Диалог NIBELUNG | контракт № 17-ЭА-44-19 от 14.05.2019 |
| 22. | Windows 10 Pro, MS Office 2019 | контракт 85-ЭА-44-20 от 28.12.2020 |
| 23. | Adobe Creative Cloud for enterprise All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Enterprise Licensing Subscription New | контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021 |
| 24. | Mathcad Education - University Edition Subscription | контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021 |
| 25. | CorelDRAW Graphics Suite 2021 Education License (Windows) | контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021 |
| 26. | Mathematica Standard Bundled List Price with Service | контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021 |
| 27. | Network Server Standard Bundled List Price with Service | контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021 |
| 28. | Office Pro Plus 2021 Russian OLV NL Acad AP LTSC | контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021 |
| 29. | Microsoft Windows 11 Pro | контракт № 60-ЭА-44-21 от 10.12.2021 |
| 30. | LibreOffice GNU Lesser General Public License | Свободно распространяемое |
| 31. | ScilabCeCILL (свободная, совместимая с GNU GPL v2) | Свободно распространяемое |
| 32. | Linux Ubuntu GNU GPL | Свободно распространяемое |
| 33. | FDS-SMV free and open-source software | Свободно распространяемое |
| 34. | AnyLogic Personal Learning Edition | Свободно распространяемое |
| 35. | Helyx-OS GNU General Public License | Свободно распространяемое |
| 36. | OpenFoam v.4.0 GNU General Public License | Свободно распространяемое |
| 37. | DraftSight 2018 SP3 Автономная бесплатная лицензия | Свободно распространяемое |
| 38. | GNU Octave GNU General Public License | Свободно распространяемое |