

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра прикладной механики и компьютерных технологий



УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научно-методической
и учебной работе

Е.И. Скафа

«22» апреля 2020 г.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»

Направление подготовки: 09.03.04 Программная инженерия

Профиль подготовки: Программная инженерия

Образовательная программа: бакалавриат

Квалификация: Академический бакалавр

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная, в том
числе с ускоренным сроком обучения
нужное подчеркнуть

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета математики
и информационных технологий

И. А. Моисеенко


«16» апреля 2020

МП

Программа учебной дисциплины «Методы математического моделирования» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 21 января 2016 г. № 33; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 09.03.04 Программная инженерия, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».


Разработчик:

Доцент кафедры прикладной механики
и компьютерных технологий

 Н.С. Бондаренко


Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры прикладной механики и компьютерных технологий

Протокол № 11 от «02» апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой

 А.С. Гольцев

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией факультета математики и информационных технологий
Протокол № 8 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

 Л.И. Селякова

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебная дисциплина «Методы математического моделирования» относится к циклу Профессиональной подготовки, вариативная часть.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплины «Математический анализ» и формирует основу для освоения дисциплины «Математическое моделирование физических процессов».

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

| <i>Характеристика учебной дисциплины</i> | | | | |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| Направление подготовки | 09.03.04 Программная инженерия | | | |
| Профиль | Программная инженерия | | | |
| Образовательная программа | Бакалавриат | | | |
| Квалификация | Академический бакалавр | | | |
| Количество содержательных модулей | 2 | | | |
| Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы | Дисциплина вариативной части | | | |
| Формы контроля (МК, экзамен, зачет) | модульный контроль, экзамен | | | |
| Показатели | очная форма обучения | | заочная форма обучения | |
| | нормат. срок | ускор. срок | нормат. срок | ускор. срок |
| Количество зачётных единиц (кредитов) | 4 | 4 | 4 | – |
| Год подготовки | 2 | 2 | 2 | – |
| Семестр | 4 | 4 | – | – |
| Количество часов | 144 | 144 | 144 | – |
| - лекционных | 48 | 48 | 10 | – |
| - практических, семинарских | – | – | – | – |
| - лабораторных | 32 | 32 | 6 | – |
| - самостоятельной работы | 64 | 64 | 128 | – |
| в т.ч. индивидуальное задание | – | – | – | – |
| Недельное количество часов, | 9 | 9 | – | – |
| в т.ч. аудиторных | 5 | 5 | – | – |

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цели:

- формирование знаний о современных технологиях построения и исследования математических моделей различных сложных систем;
- выработка практических навыков декомпозиции и абстрагирования при решении задач в различных областях профессиональной деятельности.

Задачи:

- получение представления о современном уровне развития технологий математического моделирования;
- ознакомление с общими правилами построения математических моделей в различных областях профессиональной деятельности;

- рассмотрение спектра математических методов, используемых в математическом моделировании;
- ознакомление с ограничениями возможностей метода математического моделирования;
- формирование математической культуры студентов;
- развитие у студентов логического и аналитического мышления;
- формирование практических навыков по основам использования пакета Maple для решения профессиональных задач.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины «Методы математического моделирования» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 09.03.04 Программная инженерия (Профиль: Программная инженерия):

а) общекультурных (ОК):

- ОК-7 – способность к самоорганизации и самообразованию;

б) общепрофессиональных (ОПК):

- ОПК-1 – владение основными концепциями, принципами, теориями и фактами, связанными с информатикой;

в) профессиональных (ПК):

- ПК-12 – способность к формализации в своей предметной области с учётом ограничений используемых методов исследования;
- ПК-13 – готовность к использованию методов и инструментальных средств исследования объектов профессиональной деятельности.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

Знать:

- классификацию и типы математических моделей;
- основные этапы в технологии построения математических моделей;
- базовые классические модели профессиональной деятельности;
- основные математические методы, используемые при исследовании математических моделей;
- методы самоконтроля, используемые при построении математических моделей.

Уметь:

- реализовывать декомпозицию исследуемой системы;
- формировать систему рабочих гипотез (постулатов) модели;
- строить содержательную модель;
- выбирать адекватный математический аппарат;
- исследовать построенную модель на адекватность, полноту, устойчивость по входным параметрам;
- уметь применять процедуру агрегирования при разработке сложных моделей.

Владеть:

- навыками построения математических моделей в сфере профессиональной деятельности;
- навыками построения алгоритмов решения формализованных практических задач;
- умением использовать современное прикладное программное обеспечение при исследовании математических моделей.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

| Порядковый номер и тема | Краткое содержание темы |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Содержательный модуль 1 «Технология математического моделирования и её основные этапы» | |
| Тема 1. Цель моделирования. Построение содержательной модели | Понятие модели и моделирования. Формулировка задачи и конкретизация цели исследования. Анализ исследуемой системы и её декомпозиция. Построение содержательной модели. Иерархия содержательных моделей |
| Тема 2. Математические модели, их классификация | Классификация моделей. Математические модели. Основные понятия дифференциальных уравнений. Этапы математического моделирования |
| Тема 3. Моделирование некоторых физических и биологических процессов | Разрушение биологических клеток. Закон распада радиоактивных веществ. Уравнения с разделяющимися переменными. Постановка задачи Коши. Построение графика решения задачи Коши в пакете Maple. Уравнения, приводящиеся к уравнениям с разделяющимися переменными |
| Тема 4. Непрерывные экономические модели | Динамическая модель Кейнса. Уравнение Самуэльсона. Методы интегрирования линейных уравнений первого порядка. Уравнения Бернулли. Уравнения Риккати |
| Тема 5. Геометрические модели | Однородные уравнения и приводящиеся к ним. Уравнения, неразрешённые относительно производной. Уравнения Лагранжа и Клеро. Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель |
| Тема 6. Математические модели механических систем и процессов | Колебание маятника в поле силы тяжести. Колебание колец Сатурна. Дифференциальные уравнения высших порядков |
| Содержательный модуль 2 «Линейные и нелинейные математические модели» | |
| Тема 7. Линейные модели | Понятие линейной модели. Линейные уравнения высших порядков с постоянными коэффициентами. Линейные однородные и неоднородные уравнения. Задача Коши. Линейные уравнения высших порядков с переменными коэффициентами. Формула Остроградского – Лиувилля. Уравнения Эйлера |
| Тема 8. Краевые задачи в моделировании | Постановка краевой задачи. Пример решения граничной задачи |
| Тема 9. Примеры использования линейных моделей в экономике | Модель изменения зарплаты и занятости. Линейные однородные системы. Линейные неоднородные системы |
| Тема 10. Нелинейные модели. Процедура | Автономные системы на плоскости. Линеаризация системы. Классификация неподвижных точек. Теорема о линеаризации. |

| Порядковый номер и тема | Краткое содержание темы |
|-------------------------|-----------------------------------------------|
| линеаризации | Устойчивость особых точек. Динамика популяций |

Тематический план

Содержательный модуль 1
«Технология математического моделирования и её основные этапы»

| Названия содержательных модулей и тем | Количество часов | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|----------------|--------------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|----------------|---------------------------|--------|--------------|--------------|------------------------|----------------|--------------------------|--------|--------------|--------------------------------|
| | Очная форма обучения | | | | | | | | | | | | Заочная форма обучения | | | | | | | | | |
| | Нормативный срок обучения | | | | | | Ускоренный срок обучения | | | | | | Нормативный срок обучения | | | | | | Ускоренный срок обучения | | | |
| | всего | в т.ч. | | | | | всего | в т.ч. | | | | | всего | в т.ч. | | | | | всего | в т.ч. | | |
| | | лекции | практические | лабораторные | самостоятельная работа | индивидуальная | | лекции | практические | лабораторные | самостоятельная работа | индивидуальная | | лекции | практические | лабораторные | самостоятельная работа | индивидуальная | | лекции | практические | самостоятельная индивидуальная |
| Тема 1. Цель моделирования. Построение содержательной модели | 9 | 2 | – | 2 | 5 | – | 9 | 2 | – | 2 | 5 | – | 13,6 | 1 | – | 0,6 | 12 | – | – | – | – | – |
| Тема 2. Математические модели, их классификация | 9 | 2 | – | 2 | 5 | – | 9 | 2 | – | 2 | 5 | – | 13,6 | 1 | – | 0,6 | 12 | – | – | – | – | – |
| Тема 3. Моделирование некоторых физических и биологических процессов | 11 | 4 | – | 2 | 5 | – | 11 | 4 | – | 2 | 5 | – | 13,6 | 1 | – | 0,6 | 12 | – | – | – | – | – |
| Тема 4. Непрерывные экономические модели | 11 | 4 | – | 2 | 5 | – | 11 | 4 | – | 2 | 5 | – | 13,6 | 1 | – | 0,6 | 12 | – | – | – | – | – |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|---|-----------|-----------|---|------------|-----------|---|-----------|-----------|---|-------------|-----------|---|------------|------------|---|---|---|---|---|---|
| Тема 5. Геометрические модели | 13 | 4 | – | 4 | 5 | – | 13 | 4 | – | 4 | 5 | – | 13,6 | 1 | – | 0,6 | 12 | – | – | – | – | – | – |
| Тема 6. Математические модели механических систем и процессов | 13 | 4 | – | 4 | 5 | – | 13 | 4 | – | 4 | 5 | – | 13,6 | 1 | – | 0,6 | 12 | – | – | – | – | – | – |
| Итого по содержательному модулю 1 | 66 | 20 | – | 16 | 30 | – | 66 | 20 | – | 16 | 30 | – | 81,6 | 6 | – | 3,6 | 72 | – | – | – | – | – | – |
| Содержательный модуль 2 «Линейные и нелинейные математические модели» | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 7. Линейные модели | 18 | 6 | – | 4 | 8 | – | 18 | 6 | – | 4 | 8 | – | 15,6 | 1 | – | 0,6 | 14 | – | – | – | – | – | – |
| Тема 8. Краевые задачи в моделировании | 18 | 6 | – | 4 | 8 | – | 18 | 6 | – | 4 | 8 | – | 15,6 | 1 | – | 0,6 | 14 | – | – | – | – | – | – |
| Тема 9. Примеры использования линейных моделей в экономике | 20 | 8 | – | 4 | 8 | – | 20 | 8 | – | 4 | 8 | – | 15,6 | 1 | – | 0,6 | 14 | – | – | – | – | – | – |
| Тема 10. Нелинейные модели. Процедура линеаризации | 22 | 8 | – | 4 | 10 | – | 22 | 8 | – | 4 | 10 | – | 15,6 | 1 | – | 0,6 | 14 | – | – | – | – | – | – |
| Итого по содержательному модулю 2 | 78 | 28 | – | 16 | 34 | – | 78 | 28 | – | 16 | 34 | – | 62,4 | 4 | – | 2,4 | 56 | – | – | – | – | – | – |
| Всего по дисциплине | 144 | 48 | – | 32 | 64 | – | 144 | 48 | – | 32 | 64 | – | 144 | 10 | – | 6 | 128 | – | – | – | – | – | – |

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Темы лекционных занятий

| <i>№ n/n</i> | <i>Название темы</i> | <i>Количество часов</i> |
|------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Цель моделирования. Построение содержательной модели | 2 |
| 2 | Математические модели, их классификация | 2 |
| 3 | Моделирование некоторых физических и биологических процессов | 4 |
| 4 | Непрерывные экономические модели | 4 |
| 5 | Геометрические модели | 4 |
| 6 | Математические модели механических систем и процессов | 4 |
| 7 | Линейные модели | 6 |
| 8 | Краевые задачи в моделировании | 6 |
| 9 | Примеры использования линейных моделей в экономике | 8 |
| 10 | Нелинейные модели. Процедура линеаризации | 8 |
| | ВСЕГО | 48 |

Темы лабораторных занятий

| <i>№ n/n</i> | <i>Название темы</i> | <i>Количество часов</i> |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Уравнения с разделяющимися переменными | 2 |
| 2 | Линейные уравнения первого порядка. Уравнения Бернулли | 2 |
| 3 | Однородные дифференциальные уравнения | 2 |
| 4 | Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель | 2 |
| 5 | Дифференциальные уравнения высших порядков, допускающие понижение порядка | 4 |
| 6 | Линейные однородные уравнения n -го порядка | 4 |
| 7 | Линейные неоднородные уравнения n -го порядка | 4 |
| 8 | Линейные однородные системы второго и третьего порядка | 4 |
| 9 | Линейные неоднородные системы второго порядка | 4 |
| 10 | Исследование особых точек автономных систем на плоскости | 4 |
| | ВСЕГО | 32 |

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Организация самостоятельной работы студентов

| <i>№ n/n</i> | <i>Название темы</i> | <i>Количество часов</i> |
|------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Цель моделирования. Построение содержательной модели | 5 |
| 2 | Математические модели, их классификация | 5 |
| 3 | Моделирование некоторых физических и биологических процессов | 5 |
| 4 | Непрерывные экономические модели | 5 |
| 5 | Геометрические модели | 5 |
| 6 | Математические модели механических систем и процессов | 5 |
| 7 | Линейные модели | 8 |
| 8 | Краевые задачи в моделировании | 8 |
| 9 | Примеры использования линейных моделей в экономике | 8 |
| 10 | Нелинейные модели. Процедура линеаризации | 10 |
| | ВСЕГО | 64 |

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Чем отличаются модель и оригинал?
2. Приведите примеры моделей.
3. Что такое моделирование?
4. Какие требования предъявляются к моделям?
5. На какие классы можно разделить цели исследования по своей структуре?
6. Чем отличаются прямые и обратные задачи?
7. Приведите примеры обратных задач.
8. Является ли произвольным выбор элементарного уровня системы? Приведите примеры элементарных уровней различных систем.
9. Что такое декомпозиция системы?
10. Что такое содержательная модель системы?
11. В чём заключается процесс построения содержательной модели?
12. Что называется иерархией содержательных моделей?
13. Какие классификации моделей существуют?
14. На какие виды подразделяются модели в рамках классификации по характерным особенностям выражения свойств оригинала?
15. На какие виды подразделяются модели в рамках классификации по основаниям для преобразования свойств?
16. Что такое математическая модель?
17. Какие виды аналитических зависимостей могут применяться для описания взаимосвязи параметров объекта в его математической модели?
18. Что в общем случае подразумевается под математическим описанием объекта?
19. Назовите различные классификации математических моделей.
20. Перечислите основные этапы математического моделирования.

8. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и информационных технологий

Направление подготовки: 09.03.04 Программная инженерия
 Профиль: Программная инженерия
 Программа подготовки: **бакалавриат**
 Семестр: **4**
 Учебная дисциплина: Методы математического моделирования

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №1

1. Перечислите основные этапы математического моделирования.
2. В чём заключается процесс построения содержательной модели?
3. Какие требования предъявляются к моделям?

Утверждено на заседании кафедры прикладной механики и компьютерных технологий,
 протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой
 Преподаватель

А.С. Гольцев
 Н.С. Бондаренко

Критерии оценивания модульного контроля

| <i>Номер задания</i> | <i>Количество баллов</i> |
|----------------------|--------------------------|
| 1 | 10 |
| 2 | 10 |
| 3 | 10 |
| Всего | 30 |

9. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Теоретические вопросы к экзамену

- 1 Роль математического моделирования в техническом прогрессе и в процессе познания.
- 2 Содержательная модель исследуемой системы. Иерархия содержательных моделей.
- 3 Анализ исследуемой системы и её декомпозиция.
- 4 Рабочие гипотезы, постулаты модели, их иерархия.
- 5 Понятие математической модели и её свойства.
- 6 Требования, предъявляемые к математическим моделям.
- 7 Основные этапы технологии математического моделирования.
- 8 Алгоритмизация модели и её машинная реализация.
- 9 Получение, интерпретация и документирование результатов моделирования.
- 10 Методы построения и преобразования математических моделей.
- 11 Краевая и начальная задачи.
- 12 Классификация математических моделей. Различные подходы к классификации.
- 13 Функциональные и структурные модели, их связь.
- 14 Различные подходы к выбору подсистем.

- 15 Роль декомпозиции. Элементарный уровень декомпозиции и бесструктурные элементы.
- 16 Модель чёрного ящика, системы типа «вход – выход».
- 17 Дискретные и непрерывные модели. Предельные переходы: континуализация и дискретизация моделей.
- 18 Динамические и статические модели.
- 19 Детерминированные и стохастические модели. Реальные системы, их модели и ограниченность детерминированного описания.
- 20 Недоопределённые модели и стохастический метод описания.
- 21 Модели случайных воздействий: винеровские процессы и белый шум.
- 22 Линейные и нелинейные модели. Линейные модели в N -мерном пространстве состояний.

Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и информационных технологий

ОКУ – Бакалавр

Направление подготовки – 09.03.04 «Программная инженерия»

Семестр 4

Учебная дисциплина «Методы математического моделирования»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Понятие математической модели и её свойства. Требования, предъявляемые к математическим моделям.

2. Дискретные и непрерывные модели. Предельные переходы: континуализация и дискретизация моделей.

3. Решите уравнение Кейнса

$$Y'(t) = \frac{1-a}{m} Y(t) - \frac{b+E}{m},$$

где $Y(t)$ – национальный доход; t – время; a – коэффициент склонности к потреблению ($0 < a < 1$); m – норма акселерации; b – характеристика функционирования государства; E – государственные расходы.

Утверждено на заседании кафедры прикладной механики и компьютерных технологий

Протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой

А. С. Гольцев

Экзаменатор

Н. С. Бондаренко

Критерии оценивания экзамена

| Номер задания | Количество баллов |
|---------------|-------------------|
| 1 | 30 |
| 2 | 35 |
| 3 | 35 |
| Всего | 100 баллов |

10. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнения индивидуальной работы и экзамена. Экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

*Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины*

| Организационно-учебная работа студента | СРС | | | Всего |
|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|------------|
| | Индивидуальная работа | Модульный контроль | Индивидуальная творческая работа | |
| Мах 10 баллов | мах 50 баллов | мах 30 баллов | мах 10 баллов | 100 баллов |
| Активность на лабораторных занятиях | Выполнение упражнений | Выполнение модульной контрольной работы | Написание реферата | |

Шкала соответствия баллов национальной шкале

| Оценка по шкале ECTS | Оценка по 100-балльной шкале | Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачёт) | Оценка по государственной шкале (зачёт) |
|----------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| A | 90-100 | 5 (отлично) | зачтено |
| B | 80-89 | 4 (хорошо) | зачтено |
| C | 75-79 | 4 (хорошо) | зачтено |
| D | 70-74 | 3 (удовлетворительно) | зачтено |
| E | 60-69 | 3 (удовлетворительно) | зачтено |
| FX | 35-59 | 2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи | не зачтено |
| F | 0-34 | 2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов | не зачтено |

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные и лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, столами, доской.

12. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

| № п/п | Наименование | Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ | Наличие электронной версии в ЭБС |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Основная литература</i> | | | |
| 1 | Бондаренко Н. С. Методы математического моделирования в среде пакета Maple : учебно-методическое пособие по дисциплине «Методы математического моделирования» для студентов направления подготовки «Программная инженерия» / Н. С. Бондаренко. – Донецк : ГОУ ВПО «ДонНУ», 2017. – 152 с. | 2 | + |
| 2 | Умнов А. Е. Основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений / А. Е. Умнов, Е. А. Умнов. – Москва : МФТИ, 2016. – 304 с. | – | + |
| <i>Дополнительная литература</i> | | | |
| 1 | Аюпов В. В. Математическое моделирование технических систем: учебное пособие / В. В. Аюпов. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2017. – 242 с. | – | + |
| 2 | Венгеров И. Р. Математическое моделирование эволюционных теплофизических процессов в сложных системах геотехносферы / И. Р. Венгеров. – Киев : Наукова думка, 2017. – 431 с. | 4 | – |
| 3 | Звонарев С. В. Основы математического моделирования : учебное пособие / С. В. Звонарев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 112 с. | – | + |

13. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Краткий курс лекций по дисциплине «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://kubsau.ru/upload/iblock/baa/baabc92fb4e55a27c6b4521d971ff710.pdf>. – Загл. с экрана.

2. Математические модели: текст лекций / С. М. Устинов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://elib.spbstu.ru/dl/local/2703.pdf/en/info>. – Загл. с экрана.

3. Основы математического моделирования / А. Н. Боголюбов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://math.phys.msu.ru/data/27/OMM1.pdf>. – Загл. с экрана.

14. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614);
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919);
3. Математический пакет Maple (Demo версия).

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры прикладной механики и компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г. Заведующий. кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры прикладной механики и компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 20____ год.
Протокол № ____ от “ ____ ” _____ 20__ г. Заведующий. кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры прикладной механики и компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 20____ год.
Протокол № ____ от “ ____ ” _____ 20__ г. Заведующий. кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры прикладной механики и компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 20____ год.
Протокол № ____ от “ ____ ” _____ 20__ г. Заведующий. кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры прикладной механики и компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 20____ год.
Протокол № ____ от “ ____ ” _____ 20__ г. Заведующий. кафедрой _____