

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 1

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

д.ф.-м.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

А.О. Смирнов

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«15» декабря 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нелинейные модели»

(Наименование дисциплины)

| | |
|---|--|
| Код направления подготовки/ специальности | 01.03.02 |
| Наименование направления подготовки/ специальности | Прикладная математика и информатика |
| Наименование направленности/ специализации | Прикладная математика и информатика в наукоемком производстве |
| Форма обучения | очная |
| Год приема | 2026 |

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

д.ф.-м.н.,доц.

(должность, уч. степень, звание)



08.12.25

(подпись, дата)

А.О. Смирнов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 1

«08» декабря 2025 г, протокол № 05

Заведующий кафедрой № 1

д.ф.-м.н.,доц.

(уч. степень, звание)



08.12.25

(подпись, дата)

А.О. Смирнов

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц.,к.т.н.,доц.

(должность, уч. степень, звание)



08.12.25

(подпись, дата)

Н.Ю. Ефремов

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Нелинейные модели» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» направленности/специализации «Прикладная математика и информатика в наукоемком производстве». Дисциплина реализуется кафедрой «№1».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способен участвовать в работах по постановке и анализу задач моделирования наукоемкой продукции и процессов ее изготовления с использованием современных цифровых инструментов и информационных технологий»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с использованием современных цифровых инструментов и информационных технологий»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с анализом нелинейных моделей различных динамических систем, построение их фазовых портретов и бифуркационных диаграмм с использованием современных математических методов и программирования в МАТЛАБ.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета (8 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины- получение обучающимися необходимых теоретических сведений и практических навыков использования современных методов анализа различных режимов функционирования нелинейных динамических систем. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

| Категория (группа) компетенции | Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--------------------------------|---|---|
| Профессиональные компетенции | ПК-2 Способен участвовать в работах по постановке и анализу задач моделирования наукоемкой продукции и процессов ее изготовления с использованием современных цифровых инструментов и информационных технологий | ПК-2.3.1 знать актуальную нормативную документацию в области автоматизации и управления; математические методы разработки моделей ПК-2.У.1 уметь ставить и анализировать задачи моделирования объектов и процессов ПК-2.В.1 владеть современными информационными технологиями разработки моделей с использованием цифровых инструментов |

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «математический анализ»,
- «дифференциальные уравнения»,

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Моделирование нелинейных динамических систем»
- «Математические методы и модели в научных исследованиях»

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

| Вид учебной работы | Всего | Трудоемкость по семестрам |
|--------------------|-------|---------------------------|
|--------------------|-------|---------------------------|

| | | |
|--|--------|--------|
| | | №8 |
| 1 | 2 | 3 |
| Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час) | 3/ 108 | 3/ 108 |
| Из них часов практической подготовки | 20 | 20 |
| Аудиторные занятия, всего час. | 40 | 40 |
| в том числе: | | |
| лекции (Л), (час) | 20 | 20 |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час) | 20 | 20 |
| лабораторные работы (ЛР), (час) | | |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час) | | |
| экзамен, (час) | | |
| Самостоятельная работа, всего (час) | 68 | 68 |
| Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.) | Зачет, | Зачет, |

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины | Лекции (час) | ПЗ (СЗ) (час) | ЛР (час) | КП (час) | СРС (час) |
|---|-----------------|------------------|-------------|-------------|--------------|
| Семестр 8 | | | | | |
| Раздел 1. Основные понятия моделирования Тема 1.1. Виды моделей (стохастическая модель, детерминированная модель, линейная и нелинейная модели. Прямая и обратная задачи моделирования, формализация модели, примеры простейших моделей) Тема 1.2 Модель движения одноступенчатой и многоступенчатой ракеты | 5 | 5 | | | 17 |
| Раздел 2. Анализ устойчивости стационарного состояния динамической системы Тема 2.1. Понятие устойчивости стационарного состояния динамической системы (Связь устойчивости стационарного состояния с простейшим типом аттрактора. Линеаризация динамической системы. Анализ устойчивости стационарного состояния динамической системы) Тема 2.2 . Типы стационарных состояний (устойчивый и неустойчивый узел, седло, устойчивый и неустойчивый фокус, центр и их связи с корнями характеристического уравнения линеаризованной системы) Тема 2.3. Анализ устойчивости модели Вольтерра | 5 | 5 | | | 17 |

| | | | | | |
|--|----|----|---|---|----|
| Раздел 3. Бифуркации стационарного состояния динамической системы Тема 3.1 Бифуркации стационарного состояния динамической системы (основное понятие бифуркации и типы локальных и глобальных бифуркаций динамической системы) Тема 3.2 Бифуркация стационарного состояния типа седло-узел Тема 3.3 Бифуркация стационарного состояния типа Андронова-Хопфа | 5 | 5 | | | 17 |
| Раздел 4. Анализ динамической системы в окрестности предельного цикла Тема 4.1 . Анализ динамической системы в окрестности предельного цикла (мультипликаторы периодического решения их связь с показателями Ляпунова. Условие возникновения предельного цикла). Тема 4.2 . Суперкритическая и субкритическая бифуркации Андронова-Хопфа и явление гистерезиса | 5 | 5 | | | 17 |
| Итого в семестре: | 20 | 20 | | | 68 |
| Итого | 20 | 20 | 0 | 0 | 68 |
| | | | | | |

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий |
|---------------|--|
| 1 | Основные понятия моделирования Тема 1.1. Виды моделей (стохастическая модель, детерминированная модель, линейная и нелинейная модели. Прямая и обратная задачи моделирования, формализация модели, примеры простейших моделей) Тема 1.2 Модель движения одноступенчатой и многоступенчатой ракеты |

| | |
|---|--|
| 2 | <p>Анализ устойчивости стационарного состояния динамической системы</p> <p>Тема 2.1. Понятие устойчивости стационарного состояния динамической системы (Связь устойчивости стационарного состояния с простейшим типом аттрактора. Линеаризация динамической системы. Анализ устойчивости стационарного состояния динамической системы)</p> <p>Тема 2.2 . Типы стационарных состояний (устойчивый и неустойчивый узел, седло, устойчивый и неустойчивый фокус, центр и их связи с корнями характеристического уравнения линеаризованной системы)</p> <p>Тема 2.3. Анализ устойчивости модели Вольтерра</p> |
| 3 | <p>Бифуркации стационарного состояния динамической системы</p> <p>Тема 3.1 Бифуркации стационарного состояния динамической системы (основное понятие бифуркации и типы локальных и глобальных бифуркаций динамической системы)</p> <p>Тема 3.2 Бифуркация стационарного состояния типа седло-узел</p> <p>Тема 3.3 Бифуркация стационарного состояния типа Андронова-Хопфа</p> |
| 4 | <p>Анализ динамической системы в окрестности предельного цикла</p> <p>Тема 4.1 . Анализ динамической системы в окрестности предельного цикла (мультипликаторы периодического решения их связь с показателями Ляпунова. Условие возникновения предельного цикла).</p> <p>Тема 4.2 . Суперкритическая и субкритическая бифуркации Андронова-Хопфа и явление гистерезиса</p> |

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п | Темы практических занятий | Формы практических занятий | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|-----------|---|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Семестр 8 | | | | | |
| 1 | Основные понятия моделирования | обсуждение | 2 | | |
| 2 | Модель движения одноступенчатой и многоступенчатой ракеты | обсуждение | 2 | | |

| | | | | | |
|-------|---|---------------------|----|--|--|
| 3 | Понятие устойчивости стационарного состояния динамической системы | обсуждение | 2 | | |
| 4 | Построение фазовых траекторий системы дифференциальных уравнений Ресслера | написание программы | 2 | | |
| 5 | Построение фазовых траекторий системы дифференциальных уравнений Лоренца | написание программы | 2 | | |
| 6 | Построение фазовых траекторий системы уравнений Хенона | написание программы | 2 | | |
| 7 | Построение фазовых портретов системы Вольтерра | написание программы | 2 | | |
| 8 | Применение программ MATCONT | обсуждение | 2 | | |
| | для анализа динамических систем | | | | |
| 9 | Применение программ MATCONT для построения фазовых траекторий динамических систем | написание программы | 2 | | |
| 10 | Применение программ MATCONT для построения однопараметрической бифуркационной диаграммы | написание программы | 2 | | |
| Всего | | | 20 | | |

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

| № п/п | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Учебным планом не предусмотрено | | | | |
| | | | | |
| Всего | | | | |

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

| Вид самостоятельной работы | Всего, час | Семестр 8, час |
|---|---------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 20 | 30 |
| Курсовое проектирование (КП, КР) | | |
| Расчетно-графические задания (РГЗ) | | |
| Выполнение реферата (Р) | | |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) | 6 | 3 |
| Домашнее задание (ДЗ) | 36 | 36 |
| Контрольные работы заочников (КРЗ) | | |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА) | 6 | 6 |
| Всего: | 68 | 68 |

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

| Шифр/ URL адрес | Библиографическая ссылка | Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров) |
|---|--|---|
| https://e.lanbook.com/book/230366 | Юмагулов, М. Г. Введение в нелинейную динамику: теория, приложения, модели / М. Г. Юмагулов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-9792-8 | ЭБС Лань |

| | | |
|---|--|--|
| https://e.lanbook.com/book/249845 | Бычков, Ю. А. Непрерывные и дискретные нелинейные модели динамических систем : монография / Ю. А. Бычков, Е. Б. Соловьева, С. В. Щербаков. — 2-е изд., стер. — СанктПетербург : Лань, 2022. — 420 с. — ISBN 978-5-507-44919-4. | |
|---|--|--|

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| URL адрес | Наименование |
|---|--|
| https://e.lanbook.com/ | Электронно-библиотечная система “Лань” |

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование |
|-------|--|
| 1 | <i>MathWorks MATLAB (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)</i> |

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

| № п/п | Наименование |
|-------|------------------|
| | Не предусмотрено |

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы | Номер аудитории (при необходимости) |
|-------|---|-------------------------------------|
| 1 | Компьютерная лекционная аудитория | |

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

| Вид промежуточной аттестации | Перечень оценочных средств |
|------------------------------|----------------------------|
| Зачет | Список вопросов; Тесты; |

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

| Оценка компетенции 5-балльная шкала | Характеристика сформированных компетенций |
|--|--|
| «отлично» «зачтено» | Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**. |
| «хорошо» «зачтено» | Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**. |
| «удовлетворительно» «зачтено» | – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**. |
| «неудовлетворительно» «не зачтено» | – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**. |

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.
Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для экзамена | Код индикатора |
|-------|--|----------------|
| | Учебным планом не предусмотрено | |

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета | Код индикатора |
|-------|---|----------------|
| 1. | В чем различие между детерминистской и стохастической моделями? | ПК-2.3.1 |
| 2. | В чем различие между линейной и нелинейной моделями? | ПК-2.У.1 |
| 3. | В чем заключается прямая задача моделирования? | ПК-2.В.1 |
| 4. | В чем заключается обратная задача моделирования? | ПК-2.3.1 |
| 5. | Почему модель одноступенчатой ракеты не может развить первую космическую скорость? | ПК-2.У.1 |
| 6. | Какой должна быть общая масса трехступенчатой ракеты для доставки на орбиту 10 тонн полезного груза? | ПК-2.В.1 |
| 7. | Какую скорость будет иметь ракета после сгорания топлива в третьей ступени? | ПК-2.3.1 |
| 8. | Чем отличается модель экспоненциального роста от модели логистического роста? | ПК-2.У.1 |
| 9. | Почему динамика численности вида устойчива в модели логистического роста, а в модели экспоненциального роста нет? | ПК-2.В.1 |
| 10. | Как получить фазовый портрет динамической системы? | ПК-2.3.1 |
| 11. | Какие существуют основные типы аттракторов динамической системы? | ПК-2.У.1 |
| 12. | Что такое линеаризация динамической системы? | ПК-2.В.1 |
| 13. | В каком случае стационарное состояние системы будет устойчивым? | ПК-2.3.1 |
| 14. | Как получить характеристическое уравнение системы? | ПК-2.У.1 |
| 15. | В каком случае стационарное состояние системы будет устойчивым узлом? | ПК-2.В.1 |
| 16. | В каком случае стационарное состояние системы будет неустойчивым узлом? | ПК-2.3.1 |
| 17. | В каком случае стационарное состояние системы будет устойчивым фокусом? | ПК-2.У.1 |
| 18. | В каком случае стационарное состояние системы будет центром? | ПК-2.В.1 |
| 19. | Как определяется устойчивость стационарного состояния динамической системы? | ПК-2.3.1 |
| 20. | Чем отличается исходная система уравнений Вольтерра от модифицированной системы Вольтерра? | ПК-2.У.1 |
| 21. | В каком случае в системе Вольтерра существуют устойчивые периодические колебания? | ПК-2.В.1 |

| | | |
|-----|--|----------|
| 22. | При каких условиях стационарное состояние модифицированной системы Вольтерра будет устойчивым фокусом? | ПК-2.3.1 |
| 23. | При каких условиях в динамической системе возникает бифуркация седло-узел? | ПК-2.У.1 |
| 24. | Что изменяется в поведении динамической системы при возникновении седлоузловой бифуркации? | ПК-2.В.1 |
| 25. | При каких условиях в динамической системе возникает бифуркация Андронова-Хопфа? | ПК-2.3.1 |
| 26. | Что изменяется в поведении динамической системы при возникновении бифуркации Андронова-Хопфа? | ПК-2.У.1 |
| 27. | Что такое предельный цикл? | ПК-2.В.1 |
| 28. | В каком случае якобиан динамической системы будет периодически зависеть от времени? | ПК-2.3.1 |
| 29. | Чем определяется устойчивость траектории периодического решения? | ПК-2.У.1 |
| 30. | Что такое показатель Ляпунова и как его вычислить? | ПК-2.В.1 |
| 31. | Как вычислить мультипликаторы периодического решения динамической системы? | ПК-2.3.1 |
| 32. | Как связаны значения мультипликаторов цикла со значениями показателей Ляпунова? | ПК-2.У.1 |
| 33. | В каком случае предельный цикл будет устойчивым аттрактором? | ПК-2.В.1 |
| 34. | В каком случае периодическое решение будет неустойчивой периодической орбитой? | ПК-2.3.1 |
| 35. | При каких условиях в динамической системе может возникнуть устойчивый тор? | ПК-2.У.1 |
| 36. | При каких условиях в динамической системе может возникнуть неустойчивый тор? | ПК-2.В.1 |
| 37. | Чем отличается субкритическая бифуркация Андронова Хопфа от суперкритической бифуркации? | ПК-2.3.1 |
| 38. | В чем состоит явление гистерезиса при численном интегрировании уравнений системы при изменяющемся параметре? | ПК-2.У.1 |

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

| № п/п | Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы |
|-------|--|
| | Учебным планом не предусмотрено |

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

| № п/п | Примерный перечень вопросов для тестов | Код индикатора |
|-------|--|----------------|
|-------|--|----------------|

| | | |
|---|--|----------|
| 1 | <p>Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите один правильный ответ Какие методы предназначены для накопления первичных данных об объектах исследования</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наблюдение и дисперсионный анализ 2. Эксперимент и вариационный анализ 3. Наблюдение и эксперимент 4. Дисперсионный и вариационный анализ <p>Ключ с правильным ответом: 3</p> | ПК-2.3.1 |
| 2 | <p>Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные ответы</p> <p>Вопрос: Какие из перечисленных факторов необходимо учитывать при моделировании нелинейных динамических систем на производстве, чтобы модель была точной?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Влияние нелинейных ограничений 2) Внесение шумов и возмущений 3) Реакции системы на линейные возмущения 4) Текущие технологии моделирования <p>Ключ с правильным ответом: 1, 2</p> | ПК-2.3.1 |
| 3 | <p>Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа и обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите один правильный ответ и кратко обоснуйте свой выбор</p> <p>Вопрос: Какое из следующих свойств наиболее характерно для бифуркационных диаграмм в нелинейных системах?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Постоянное значение параметра системы 2) Линейная зависимость исходного значения от конечного 3) Чувствительность систем к изменению параметров, переход от устойчивого состояния к хаосу 4) Отдельные волновые линии, не пересекающиеся друг с другом <p>Ключ с правильным ответом: 3. Обоснование: бифуркационные диаграммы показывают качественную перестройку поведения системы при изменении параметров, включая переход от устойчивых состояний к хаосу.</p> | ПК-2.3.1 |
| 4 | <p>Задание закрытого типа на установление соответствия</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие</p> <p>Вопрос: Сопоставьте тип нелинейной модели и её применение.</p> <p>К каждой позиции в левом столбце подберите</p> | ПК-2.У.1 |

| | <p>соответствующую позицию в правом столбце:</p> <table><tr><th>Тип модели</th><th>Применение</th></tr><tr><td>А) Логистическая модель</td><td>1. Популяционная динамика</td></tr><tr><td>В) Лоренцов аттрактор</td><td>2. Хаотическое поведение в физических системах</td></tr><tr><td>С) Модель Вольтерра-Лотки</td><td>3. Рост и насыщение популяции</td></tr><tr><td>Д) Уравнение Шредингера</td><td>4. Описание квантовых систем</td></tr></table> <p>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:</p> <table><tr><td>А</td><td>Б</td><td>В</td><td>Г</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <p>Ключ с правильным ответом: А3, Б2, В1, Г4</p> | Тип модели | Применение | А) Логистическая модель | 1. Популяционная динамика | В) Лоренцов аттрактор | 2. Хаотическое поведение в физических системах | С) Модель Вольтерра-Лотки | 3. Рост и насыщение популяции | Д) Уравнение Шредингера | 4. Описание квантовых систем | А | Б | В | Г | | | | | |
|---------------------------|--|------------|------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|--|---------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|---|---|---|---|--|--|--|--|--|
| Тип модели | Применение | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А) Логистическая модель | 1. Популяционная динамика | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| В) Лоренцов аттрактор | 2. Хаотическое поведение в физических системах | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| С) Модель Вольтерра-Лотки | 3. Рост и насыщение популяции | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Д) Уравнение Шредингера | 4. Описание квантовых систем | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| А | Б | В | Г | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | <p>Задание закрытого типа на установление правильной последовательности</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность</p> <p>Вопрос: Расположите в правильной последовательности этапы построения нелинейной модели технологического процесса производства:</p> <p>1) Тестирование модели на реальных данных 2) Определение входных данных и параметров 3) Разработка математического уравнения 4) Анализ результатов моделирования 5) Валидация модели</p> <p>Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо</p> <p>Ключ с правильным ответом: 2, 3, 1, 5, 4</p> | ПК-2.У.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | <p>Задание открытого типа</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и запишите ответ</p> <p>Вопрос: Назовите критерий «странности» аттрактора.</p> <p>Ключ с правильным ответом: экспоненциальная неустойчивость траекторий</p> | ПК-2.У.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | <p>Задание открытого типа</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и запишите развёрнутый обоснованный ответ</p> <p>Вопрос: Почему при моделировании наукоемких производственных процессов предпочтительнее использовать нелинейные, а не линейные модели?</p> | ПК-2.У.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|----------|------------|-----------------|----------------------------|---------------|--|-------------------------|---|---|---|---|--|--|--|----------|
| | <p>Ключ с правильным ответом: Нелинейные модели позволяют учитывать сложные зависимости между параметрами, эффекты насыщения, пороговые эффекты, бифуркации и хаотическое поведение, которые не описываются линейными моделями. В наукоемких производствах многие процессы имеют существенные нелинейности, которые критически влияют на точность прогнозирования и принятия решений.</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | <p>Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа и обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите один правильный ответ и кратко обоснуйте свой выбор</p> <p>Вопрос: Для исследования связей между статистическими совокупностями применяются методы анализа:</p> <p>1) Корреляционного 2) Векторного 3) Регрессионного 4) Дисперсионного</p> <p>Ключ с правильным ответом: 1, 3. Обоснование: корреляционный и регрессионный анализ используются для исследования связей между статистическими совокупностями.</p> | ПК-2.У.1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | <p>Задание закрытого типа на установление соответствия</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие</p> <p>Вопрос: Сопоставьте метод планирования эксперимента и его назначение.</p> <p>К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце</p> <table><tr><td>Метод</td><td>Назначение</td></tr><tr><td>А) Рандомизация</td><td>1. Оценка влияния факторов</td></tr><tr><td>В) Репликация</td><td>2. Случайное распределение для исключения систематических ошибок</td></tr><tr><td>С) Дисперсионный анализ</td><td>3. Повторение экспериментов для оценки точности</td></tr></table> <p>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:</p> <table><tr><td>А</td><td>Б</td><td>В</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> <p>Ключ с правильным ответом: А2, Б3, В1</p> | Метод | Назначение | А) Рандомизация | 1. Оценка влияния факторов | В) Репликация | 2. Случайное распределение для исключения систематических ошибок | С) Дисперсионный анализ | 3. Повторение экспериментов для оценки точности | А | Б | В | | | | ПК-2.В.1 |
| Метод | Назначение | | | | | | | | | | | | | | | |
| А) Рандомизация | 1. Оценка влияния факторов | | | | | | | | | | | | | | | |
| В) Репликация | 2. Случайное распределение для исключения систематических ошибок | | | | | | | | | | | | | | | |
| С) Дисперсионный анализ | 3. Повторение экспериментов для оценки точности | | | | | | | | | | | | | | | |
| А | Б | В | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|----|--|----------|
| 10 | <p>Задание закрытого типа на установление правильной последовательности</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность</p> <p>Вопрос: Расположите в правильной последовательности этапы исследования устойчивости стационарного состояния динамической системы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Определение стационарного состояния системы 2) Линеаризация системы в окрестности стационарного состояния 3) Составление характеристического уравнения 4) Анализ корней характеристического уравнения и определение типа стационарного состояния <p>Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо</p> <p>Ключ с правильным ответом: 1, 2, 3, 4</p> | ПК-2.В.1 |
| 11 | <p>Задание открытого типа</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и запишите ответ</p> <p>Вопрос: Что такое линеаризация динамической системы?</p> <p>Ключ с правильным ответом: замена нелинейной системы линейной в окрестности стационарного состояния с помощью разложения в ряд Тейлора</p> | ПК-2.В.1 |
| 12 | <p>Задание открытого типа</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и запишите развёрнутый обоснованный ответ</p> <p>Вопрос: Объясните различие между детерминистской и стохастической моделями. Приведите примеры их применения.</p> <p>Ключ с правильным ответом: Детерминистская модель — результат однозначно определяется начальными условиями и параметрами (например, модель движения ракеты). Стохастическая модель учитывает случайные факторы и даёт вероятностный прогноз (например, модель роста популяции с учётом случайных колебаний среды).</p> | ПК-2.В.1 |
| 13 | <p>Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа и обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите один правильный ответ и кратко обоснуйте свой выбор</p> <p>Вопрос: При каких условиях в динамической системе возникает бифуркация Андронова-Хопфа?</p> | ПК-2.В.1 |

| | | |
|--|--|--|
| | 1) При прохождении пары комплексно-сопряжённых корней характеристического уравнения через мнимую ось 2) При равенстве нулю одного из корней характеристического уравнения 3) При совпадении двух действительных корней характеристического уравнения 4) При изменении знака определителя матрицы системы Ключ с правильным ответом: 1. Обоснование: бифуркация Андронова-Хопфа возникает, когда пара комплексно-сопряжённых корней пересекает мнимую ось, что приводит к рождению предельного цикла. | |
|--|--|--|

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

| № п/п | Перечень контрольных работ |
|-------|----------------------------|
| | Не предусмотрено |

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний

обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

| Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и № протокола заседания кафедры | Подпись зав. кафедрой |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |