

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

Кафедра № 1

УТВЕРЖДАЮ  
Ответственный за образовательную  
программу

д.ф.-м.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

А.О. Смирнов  
(инициалы, фамилия)

  
(подпись)  
«26» июня 2024 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	Прикладная математика и информатика в наукоемком производстве
Форма обучения	очная
Год приема	2024

Санкт-Петербург– 2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

д.б.н., доцент  
(должность, уч. степень, звание)  24.06.24  
(подпись, дата) Дик О.Е.  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 1  
«24» июня 2024 г, протокол №06/2

Заведующий кафедрой № 1

д.ф.-м.н., доц.  
(уч. степень, звание)  24.06.24  
(подпись, дата) А.О. Смирнов  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.ф.-м.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)  24.06.24  
(подпись, дата) Ю.А. Новикова  
(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 «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 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.

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.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. 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
<b>Общая трудоемкость дисциплины,</b> ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
<b>Из них часов практической подготовки</b>	20	20
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	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)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	68	68
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Зачет	Зачет

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 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)
<b>Семестр 8</b>					
<b>Раздел 1. Основные понятия моделирования</b> Лекция 1. Виды моделей (стохастическая модель, детерминированная модель, линейная и нелинейная модели. Прямая и обратная задачи моделирования, формализация модели, примеры простейших моделей) Лекция 2. Модель движения одноступенчатой и многоступенчатой ракеты	4	4			8
<b>Раздел 2. Анализ устойчивости стационарного состояния динамической системы</b> Лекция 3. Понятие устойчивости стационарного состояния динамической системы (Связь устойчивости стационарного состояния с простейшим типом аттрактора. Линеаризация динамической системы. Анализ устойчивости стационарного состояния динамической системы) Лекция 4. Типы стационарных состояний (устойчивый и неустойчивый узел, седло, устойчивый и неустойчивый фокус, центр и их связи с корнями характеристического уравнения линеаризованной системы) Лекция 5. Анализ устойчивости модели Вольтерра	6	6			30
<b>Раздел 3. Бифуркации стационарного состояния динамической системы</b> Лекция 6. Бифуркации стационарного					
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
<b>Раздел 1. Основные понятия моделирования</b>	Лекция 1. Виды моделей (стохастическая модель, детерминированная модель, линейная и нелинейная модели. Прямая и обратная задачи моделирования, формализация модели, примеры простейших моделей)  Лекция 2. Модель движения одноступенчатой и многоступенчатой ракеты
<b>Раздел 2. Анализ устойчивости стационарного состояния динамической системы</b>	Лекция 3. Понятие устойчивости стационарного состояния динамической системы (Связь устойчивости стационарного состояния с простейшим типом аттрактора. Линеаризация динамической системы. Анализ устойчивости стационарного состояния динамической системы) Лекция 4. Типы стационарных состояний (устойчивый и неустойчивый узел, седло, устойчивый и неустойчивый фокус, центр и их связи с корнями характеристического уравнения линеаризованной системы) Лекция 5. Анализ устойчивости модели Вольтерра
<b>Раздел 3. Бифуркации стационарного состояния динамической системы</b>	Лекция 6. Бифуркации стационарного состояния динамической системы (основное понятие бифуркации и типы локальных и глобальных бифуркаций динамической системы)  Лекция 7. Бифуркация стационарного состояния типа седло-узел  Лекция 8. Бифуркация стационарного состояния типа Андронова-Хопфа
<b>Раздел 4. Анализ динамической системы в окрестности предельного цикла</b>	Лекция 9. Анализ динамической системы в окрестности предельного цикла (мультипликаторы периодического решения их связь с показателями Ляпунова. Условие возникновения предельного цикла). Лекция 10. Суперкритическая и субкритическая бифуркации Андронова-Хопфа и явление гистерезиса

#### 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	<b>Основные понятия моделирования</b>	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 для анализа динамических систем	обсуждение	2		
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. Курсовое проектирование/ выполнение 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)	30	30
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)	36	36
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	2	2
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. 7-11.

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)

<a href="https://e.lanbook.com/book/128833">https://e.lanbook.com/book/128833</a>	Дик, О. Е. Механизмы изменения динамической сложности паттернов физиологических сигналов : монография / О. Е. Дик, А. Д. Ноздрачев. — Санкт-Петербург : СПбГУ, 2019. — 200 с. — ISBN 978-5-288-05932-2	
<a href="https://e.lanbook.com/book/230366">https://e.lanbook.com/book/230366</a>	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	
<a href="https://e.lanbook.com/book/249845">https://e.lanbook.com/book/249845</a>	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.	
<a href="https://e.lanbook.com/book/59325">https://e.lanbook.com/book/59325</a>	Чуличков, А. И. Математические модели нелинейной динамики : учебное пособие / А. И. Чуличков. — 2-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 296 с. — ISBN 978-5-9221-0366-0	
<a href="https://e.lanbook.com/book/169906">https://e.lanbook.com/book/169906</a>	Башкирцева, И. А. Компьютерное моделирование нелинейной динамики: Непрерывные модели : учебное пособие / И. А. Башкирцева. — Екатеринбург : УрФУ, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-7996-2046-2	

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
<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	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
	Не предусмотрено

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	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

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 курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

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

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения 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	Какие методы предназначены для накопления первичных данных об объектах исследования 1. Наблюдение и дисперсионный анализ 2. Эксперимент и вариационный анализ 3. Наблюдение и эксперимент 4. Дисперсионный и вариационный анализ	ПК-2.3.1
2	В матрице планирования дробного факторного эксперимента 24-1 число линейных эффектов, приравненных к эффектам взаимодействия, равно 1. 1 2. 2 3. 3 4. 4	ПК-2.У.1
3	Представление объекта, явления или процесса в виде математической модели принято называть 1. Формальным описанием 2. Вербальным описанием 3. Объектным описанием 4. Аналитическим описанием	ПК-2.В.1
4	Критерий “странности” аттрактора: 1. устойчивость траектории 2. экспоненциальная неустойчивость траектории 3. непериодичность в зависимости от времени	ПК-2.3.1
5	Для исследования связей между статистическими совокупностями применяются методы анализа 1. корреляционного 2. векторного 3. регрессионного	ПК-2.У.1

	4. дисперсионного	
6	<p>Основные принципы планирования эксперимента</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стандартизация</li> <li>2. Валоризация</li> <li>3. Репликация</li> <li>4. Канонизация</li> <li>5. Рандомизация</li> </ol>	ПК-2.В.1
7	<p>Всевозможные качественные перестройки или метаморфозы различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят называются:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аттрактор</li> <li>2. Бифуркация</li> <li>3. Синхронизация</li> <li>4. Корреляция</li> <li>5. Ковариация</li> </ol>	ПК-2.3.1
8	<p>Существуют ли методы статистической оценки связи между качественными признаками?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. да</li> <li>2. нет</li> </ol>	ПК-2.У.1
9	<p>В какой шкале можно вычислить среднее арифметическое</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. наименований</li> <li>2. порядка</li> <li>3. интервалов</li> <li>4. абсолютная</li> </ol>	ПК-2.3.1
10	<p>Бифуркации какого типа являются предметом анализа в теории катастроф?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мягкие</li> <li>2. Жесткие</li> <li>3. Локальные</li> </ol>	ПК-2.У.1
11	<p>Какое из следующих свойств наиболее характерно для бифуркационных диаграмм в нелинейных системах?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Постоянное значение параметра системы.</li> <li>2. Линейная зависимость исходного значения от конечного.</li> <li>3. Чувствительность систем к изменению параметров, переход от устойчивого состояния к хаосу.</li> <li>4. Отдельные волновые линии, не пересекающиеся друг с другом.</li> </ol> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.</p>	ПК-2.3.1
12	<p>Какие из следующих факторов необходимо учитывать при моделировании нелинейных динамических систем на производстве, чтобы модель была точной?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Влияние нелинейных ограничений.</li> <li>2. Внесение шумов и возмущений.</li> </ol>	ПК-2.У.1 ПК-2.В.1

	<p>3. Реакции системы на линейные возмущения. 4. С текущие технологии моделирования.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов.</p>									
13	<p>Установите соответствие между типами нелинейных моделей и их применениями:</p> <table border="1"> <tr> <td>А) Логистическая модель</td> <td>1. Описание квантовых систем</td> </tr> <tr> <td>В) Лоренцов аттрактор</td> <td>2. Популяционная динамика</td> </tr> <tr> <td>С) Модель Вольтерра-Лотки</td> <td>3. Хаотическое поведение в физических системах</td> </tr> <tr> <td>Д) Уравнение Шредингера</td> <td>4. Рост и насыщение популяции</td> </tr> </table> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце</p>	А) Логистическая модель	1. Описание квантовых систем	В) Лоренцов аттрактор	2. Популяционная динамика	С) Модель Вольтерра-Лотки	3. Хаотическое поведение в физических системах	Д) Уравнение Шредингера	4. Рост и насыщение популяции	ПК-2.3.1
А) Логистическая модель	1. Описание квантовых систем									
В) Лоренцов аттрактор	2. Популяционная динамика									
С) Модель Вольтерра-Лотки	3. Хаотическое поведение в физических системах									
Д) Уравнение Шредингера	4. Рост и насыщение популяции									
14	<p>Установите последовательность этапов при построении нелинейной модели технологического процесса производства:</p> <p>А. Определение входных данных и параметров. В. Тестирование модели на реальных данных. С. Разработка математического уравнения. Д. Анализ результатов моделирования. Е. Валидация модели.</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо.</p>	ПК-2.3.1								
15	<p>Почему при моделировании наукоемких производственных процессов предпочтительнее использовать нелинейные, а не линейные модели?</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.</p>	ПК-2.У.1								

Оценивание тестовых заданий:

- Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

- Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

- Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

- Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3

балла, если допущена одна ошибка \ неточность \ ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

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 (*если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*).

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 (*если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*)

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.

#### Требования к проведению практических занятий

Практические занятия начинаются с записи в журнал преподавателя присутствующих студентов. Затем объявляется тема практических занятий (см. пункт 4.3), и выдается задание. Студенты решают задачи, используя знания, полученные на лекции. Студент, который первым решил задачу, вызывается к доске. В случае если студент правильно решил задачу, он получает 5 баллов. Если студент решает задачу с помощью преподавателя, то получает 4 балла. Затем, в конце семестра, оценки студентов (включая оценку посещаемости) переводятся в бонусы (качество) от 0 до 5 баллов. Эти бонусы добавляются к общей сумме баллов в рамках модульно-рейтинговой системы.

Студентам выдается домашнее задание в виде задач, которые они сдают в установленные сроки.

#### 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им 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;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

#### 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