

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)

«10» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование нелинейных динамических систем»
(Наименование дисциплины)

| | |
|---|---|
| Код направления подготовки/ специальности | 01.04.02 |
| Наименование направления подготовки/ специальности | Прикладная математика и информатика |
| Наименование направленности | Математическое и компьютерное моделирование |
| Форма обучения | очная |
| Год приема | 2025 |

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Проф. д.б.н., доцент
(должность, уч. степень, звание)

03.02.25
(подпись, дата)

Дик О.Е.
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 1

«03» февраля 2025 г, протокол № 02/1

Заведующий кафедрой № 1

д.ф.-м.н., доц.
(уч. степень, звание)

03.02.25
(подпись, дата)

А.О. Смирнов
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПИ по методической работе

доц., к.т.н.
(должность, уч. степень, звание)

03.02.25
(подпись, дата)

Н.Ю. Ефремов
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Моделирование нелинейных динамических систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» направленности «Математическое и компьютерное моделирование». Дисциплина реализуется кафедрой «№1».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики»

ОПК-3 «Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с описанием необходимых теоретических сведений и современных методов анализа динамических систем, включающих построение аттракторов, основы теории бифуркаций и определение характеристик аттракторов, а также практические примеры задач в среде MATLAB.

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 экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

получение обучающимися необходимых знаний, умений и навыков в области анализа нелинейных динамических систем.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части 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 |
|----------------------------------|--|---|
| Общепрофессиональные компетенции | ОПК-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики | ОПК-1.3.1 знать методы фундаментальной и прикладной математики ОПК-1.У.1 уметь применять математические методы для решения актуальных задач теоретического и прикладного характера ОПК-1.В.1 владеть навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности |
| Общепрофессиональные компетенции | ОПК-3 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности | ОПК-3.3.1 знать методы разработки математических моделей ОПК-3.У.1 уметь выбирать математический аппарат для разработки модели процесса, объекта, явления; проводить анализ моделей при решении задач в области профессиональной деятельности |

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математический анализ»,
- «Нелинейные модели»
- Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

«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 |
|---|--------|---------------------------|
| | | №3 |
| 1 | 2 | 3 |
| Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час) | 4/ 144 | 4/ 144 |
| Из них часов практической подготовки | | |
| Аудиторные занятия, всего час. | 51 | 51 |
| в том числе: | | |
| лекции (Л), (час) | 34 | 34 |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час) | 17 | 17 |
| лабораторные работы (ЛР), (час) | | |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час) | | |
| экзамен, (час) | 54 | 54 |
| Самостоятельная работа, всего (час) | 39 | 39 |
| Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**) | Экз. | Экз. |

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) |
|---|--------------|---------------|----------|----------|-----------|
| Семестр 3 | | | | | |
| Раздел 1. Основные понятия нелинейной динамики. Определение нелинейной динамической системы и ее основных характеристик. Детерминизм хаотичность и стохастичность. Тема 1.1. Фазовый портрет и аттрактор хаотической динамической системы. Тема 1.2. Реконструкция аттрактора хаотической динамической системы. Тема 1.3. Корреляционная размерность как показатель аттрактора хаотической динамической системы. Тема 1.4. Энтропия хаотической динамической системы. | 8 | 4 | | | 6 |

| | | | | | |
|--|----|----|---|---|----|
| Раздел 2. Устойчивость динамических систем Тема 2.1. Анализ устойчивости нелинейной системы в окрестности точки покоя Выявление типа стационарного состояния динамической системы на основе нахождения значений корней характеристического уравнения линеаризованной системы Тема 2.2. Бифуркации стационарного состояния динамической системы (основное понятие бифуркации и типы бифуркаций стационарного состояния динамической системы) | 4 | 4 | | | 5 |
| Раздел 3. Предельные циклы динамической системы Тема 3.1. Анализ нелинейной системы в окрестности предельного цикла Тема 3.2. Типы бифуркаций предельного цикла Тема 3.3. Переходы к хаосу через последовательность бифуркаций удвоения периода | 9 | 4 | | | 15 |
| Раздел 4. Фракталы в нелинейной динамике Тема 4.1. Фрактальность и мультифрактальность нелинейной динамической системы | 2 | 3 | | | 5 |
| Раздел 5. Стохастическая нелинейная динамика Тема 5.1. Стохастические дифференциальные уравнения. Тема 5.2. Стохастическое равновесие и стохастический цикл | 4 | 2 | | | 2 |
| Раздел 6. Синхронизация в нелинейной динамике Тема 6.1. Фазовая синхронизация нелинейной динамической системы Тема 6.2. Вынужденная синхронизация зашумленных автоколебаний нелинейной динамической системы внешней гармонической силой Тема 6.3. Стохастический резонанс в хаотических системах Тема 6.4. Динамический хаос и диагностика в биологии и медицине Тема 6.5. Влияние шума на эффект синхронизации колебаний нелинейной динамической системы | 10 | | | | 6 |
| Итого в семестре: | 34 | 17 | | | 39 |
| Итого | 34 | 17 | 0 | 0 | 39 |
| | | | | | |

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 |
|---------------|---|
| Раздел 1. | Основные понятия нелинейной динамики. Определение нелинейной динамической системы и ее основных характеристик. Детерминизм хаотичность и стохастичность. Лекция 1. Фазовый портрет и аттрактор хаотической динамической системы. Лекция 2. Реконструкция аттрактора хаотической динамической системы. Лекция 3. Корреляционная размерность как показатель аттрактора хаотической динамической системы. Лекция 4. Энтропия хаотической динамической системы. |
| Раздел 2. | Устойчивость динамических систем Лекция 5. Анализ устойчивости нелинейной системы в окрестности точки покоя. Выявление типа стационарного состояния динамической системы на основе нахождения значений корней характеристического уравнения линеаризованной системы Лекция 6. Бифуркации стационарного состояния динамической системы (основное понятие бифуркации и типы бифуркаций стационарного состояния динамической системы) |
| Раздел 3. | Предельные циклы динамической системы Лекция 7. Анализ нелинейной системы в окрестности предельного цикла Лекция 8. Типы бифуркаций предельного цикла Лекция 9. Переходы к хаосу через последовательность бифуркаций удвоения периода |
| Раздел 4. | Фракталы в нелинейной динамике Лекция 10. Фрактальность и мультифрактальность нелинейной динамической системы |
| Раздел 5. | Стохастическая нелинейная динамика Лекция 11. Стохастические дифференциальные уравнения. Лекция 12. Стохастическое равновесие и стохастический цикл |
| Раздел 6. | Раздел 6. Синхронизация в нелинейной динамике Лекция 13. Фазовая синхронизация нелинейной динамической системы Лекция 14. Вынужденная синхронизация зашумленных автоколебаний нелинейной динамической системы внешней гармонической силой Лекция 15. Стохастический резонанс в хаотических системах Лекция 16. Динамический хаос и диагностика в биологии и медицине Лекция 17. Влияние шума на эффект синхронизации колебаний нелинейной динамической системы |

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п | Темы практических занятий | Формы практических занятий | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, | № раздела дисцип |
|-------|---------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------|------------------|
|-------|---------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------|------------------|

| | | | | (час) | лины |
|-----------|---|------------------------------|----|-------|------|
| Семестр 3 | | | | | |
| 1 | Построение аттрактора хаотической системы Лоренца | Написание программы и анализ | 2 | 2 | 1 |
| 2 | Построение аттрактора хаотической системы Ресслера и его зашумленного варианта | Написание программы и анализ | 2 | 2 | 1 |
| 3 | Вычисление корреляционной размерности хаотической системы | Написание программы и анализ | 2 | 2 | 1 |
| 4 | Вычисление энтропии хаотической системы | Написание программы и анализ | 2 | 2 | 1 |
| 5 | Построение однопараметрической бифуркационной диаграммы хаотического осциллятора | Написание программы и анализ | 2 | 2 | 2 |
| 6 | Определение степени фрактальности нелинейной динамической системы методом анализа флуктуаций относительно тренда | Написание программы и анализ | 2 | 2 | 4 |
| 7 | Определение степени мультифрактальности нелинейной динамической системы методом поиска максимумов модулей вейвлет коэффициентов | Написание программы и анализ | 2 | 2 | 4 |
| 8 | Определение степени фазовой синхронизации генератора Ван дер Поля | Написание программы и анализ | 3 | 3 | 6 |
| Всего | | | 17 | 17 | |

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 3, час |
|---|---------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 35 | 35 |
| Курсовое проектирование (КП, КР) | | |
| Расчетно-графические задания (РГЗ) | | |
| Выполнение реферата (Р) | | |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) | 2 | 2 |
| Домашнее задание (ДЗ) | | |
| Контрольные работы заочников (КРЗ) | | |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА) | 2 | 2 |
| Всего: | 39 | 39 |

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) |
|--------------------|---|---|
| | 1. Анищенко В. С. Сложные колебания в простых системах. М., Наука, 1990. 312 с. 2. Анищенко В. С., Вадивасова Т. Е. Лекции по нелинейной динамике. М.-Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2011. 516 с. 3. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука, 1976. 286 с. 4. Гукенхеймер Д., Холме Ф. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации | |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>векторных полей. М.-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2002. 518 с.</p> <p>5. Кузнецов С. П. Динамический хаос. М.: Физматлит, 2006. 355 с.</p> <p>6. Кузнецов А. Л., Кузнецов С. Л., Рыскин Н. М. Нелинейные колебания: учеб. пособие для вузов. М.: Физматлит, 2002. 561 с.</p> <p>7. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Основы теории сложных систем. М.-Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2007. 620 с.</p> <p>8. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. 2-е изд. М.-Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2010. 560 с.</p> <p>9. Шильников Л. Л., Шильников А. Л., Тураев Д. В., Чуа Л. Методы качественной теории в нелинейной динамике. М.-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2009. 548 с.</p> <p>10. Kantz H. and Schreiber T. Nonlinear Time Series Analysis-Cambridge University Press, Cambridge, 1997. 388 с.</p> <p>11. Дик О.Е. Нелинейный анализ временных рядов (учебное пособие) СПб.: ГУАП, 2018. – 51 с. –ISBN 978-5-8088-1254-3</p> <p>12. Дик О.Е., Смирнов А.О., Семенова Е.Г Математическое моделирование и приложения в среде MATLAB (учебное пособие) СПб.: ГУАП, 2020. – 69 с. – ISBN 978-5-8088-1464-6.</p> | |
|--|---|--|

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 |
|-------|------------------|
| | 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 |
|------------------------------|--|
| Экзамен | Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; 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» | <ul style="list-style-type: none"> – 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; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. |
| «хорошо» «зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> – 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. |

| Оценка компетенции 5-балльная шкала | Характеристика сформированных компетенций |
|--|---|
| «удовлетворительно» «зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> – 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. |
| «неудовлетворительно» «не зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> – 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. |

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 |
|-------|---|----------------|
| 1 | Как построить аттрактор динамической системы? | ОПК-1.3.1 |
| 2 | Чем аттрактор динамической системы отличается от фазовой траектории? | ОПК-1.У.1 |
| 3 | Как определить корреляционную размерность аттрактора? | ОПК-1.В.1 |
| 4 | Как определить энтропию аттрактора? | ОПК-3.3.1 |
| 5 | В чем различие между детерминистской и стохастической моделями? | ОПК-3.У.1 |
| 6 | Какие существуют основные типы аттракторов динамической системы? | ОПК-1.3.1 |
| 7 | Что такое линеаризация динамической системы? | ОПК-1.У.1 |
| 8 | В каком случае стационарное состояние системы будет устойчивым? | ОПК-1.В.1 |
| 9 | При каких условиях в динамической системе возникает бифуркация седло-узел? Что изменяется в поведении динамической системы при возникновении седло-узловой бифуркации? | ОПК-3.3.1 |
| 10 | При каких условиях в динамической системе возникает бифуркация Андронова-Хопфа? Что изменяется в поведении динамической системы при возникновении бифуркации Андронова-Хопфа? | ОПК-3.У.1 |
| 11 | Чем определяется устойчивость траектории периодического решения? | ОПК-1.3.1 |
| 12 | Что такое показатель Ляпунова и как его вычислить? | ОПК-1.У.1 |
| 13 | Как построить семейство устойчивых и неустойчивых периодических орбит? | ОПК-1.В.1 |
| 14 | Как оценить фрактальность динамической системы? | ОПК-3.3.1 |
| 15 | Как определить существует ли фазовая синхронизация двух сигналов? | ОПК-3.У.1 |
| 16 | Как шум влияет на синхронизацию колебаний нелинейной динамической системы? | ОПК-3.У.1 |

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 |
|-------|---|----------------|
| | Учебным планом не предусмотрено | |

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 | В чем различие между детерминистской и стохастической моделями? | ОПК-1.В.1 |
| 2 | Какие существуют основные типы аттракторов динамической системы? | ОПК-3.3.1 |
| 3 | Как и для чего осуществляется линеаризация динамической системы? | ОПК-3.У.1 |
| 4 | В каком случае в системе могут возникнуть периодические колебания? | ОПК-1.3.1 |
| 5 | При каких условиях в динамической системе возникает бифуркация седло-узел и что изменяется в поведении динамической системы при возникновении седло-узловой бифуркации? | ОПК-1.У.1 |
| 6 | При каких условиях в динамической системе возникает бифуркация Андронова-Хопфа и что изменяется в поведении динамической системы при возникновении бифуркации Андронова-Хопфа? | ОПК-1.В.1 |
| 7 | Чем определяется устойчивость траектории периодического решения? | ОПК-3.3.1 |
| 8 | Что такое показатель Ляпунова и как его вычислить? | ОПК-1.В.1 |
| 9 | Как вычислить мультипликаторы периодического решения динамической системы? | ОПК-3.3.1 |
| 10 | С чем связана синхронизация двух динамических систем? | ОПК-3.У.1 |
| 11 | Что такое фрактальность динамической системы? | ОПК-1.3.1 |
| 12 | Как различить фрактальность и мультифрактальность динамической системы? | ОПК-1.У.1 |

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
(Ниже приводятся рекомендации по составлению данного раздела)

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.

Структура предоставления лекционного материала:

- сопровождается демонстрацией слайдов лекционного материала и разработки компьютерных программ
-

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 обучающимися 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

Для осуществления практических заданий необходимо присутствие в компьютерной аудитории и чтение лекционного материала, загруженного преподавателем в Личный кабинет.

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;

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.

Результаты текущего контроля успеваемости учитываются при выполнении тестовых заданий и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

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:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в

период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

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 |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |