

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Качественные методы нелинейной динамики

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.05 Качественные методы нелинейной динамики относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-13: Способен участвовать в исследовании математических моделей в естественных науках и технике	<p>ПК-13.1: Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике</p> <p>ПК-13.2: Знает математические методы обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований</p> <p>ПК-13.3: Умеет корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятельности</p> <p>ПК-13.4: Владеет навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований</p>	<p>ПК-13.1: Знает: основные термины, понятия и методы нелинейной динамики, применяемые для анализа и исследования поведения конкретных динамических объектов, основные бифуркации нелинейных динамических систем и механизмы перехода к хаотическим режимам, приемы исследования динамики нелинейных систем второго порядка</p> <p>ПК-13.2: Знает основные положения, качественные методы и подходы нелинейной динамики, динамические состояния, бифуркационные переходы и параметрические портреты в базовых динамических моделях систем с фазовым управлением.</p> <p>ПК-13.3: Умеет: использовать методы и приемы нелинейной динамики при решении конкретных задач динамики систем, планировать вычислительный эксперимент на ЭВМ</p>	Контрольная работа Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

		<p>ПК-13.4: Владеет основными методами и представлениями нелинейной динамики и технологией вычислительного эксперимента при проведении исследований динамики конкретных объектов и систем.</p>		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	38
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	
Введение. Синхронизация в динамических системах.	3	1	0	1	2
Построение математических моделей систем автоматической фазовой синхронизации (систем с фазовым управлением). Задачи исследования динамики таких систем.	19	6	3	9	10
Применение качественных методов нелинейной динамики к исследованию стационарных режимов и бифуркаций в моделях систем с фазовым управлением второго порядка.	19	6	3	9	10
Численное исследование бифуркаций в моделях систем с фазовым	29	3	10	13	16

управлением.					
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	16	16	34	38

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Понятие синхронизации.
2. Явления синхронизации в природе и технике.
3. Синхронизация как подстройка ритмов.
4. Осциллирующий объект, ритм, взаимодействие осциллирующих систем, подстройка ритмов, связь и связанность.
5. Взаимная синхронизация.
6. Синхронизация внешней силой, захват фазы и частоты.
7. Синхронизация с использованием принципа автоматического управления. Основные элементы систем и принцип функционирования.
8. Структурная схема системы с фазовым управлением. Характеристики основных элементов. Получение общего уравнения динамики системы в операторной форме.
9. Динамика типовых моделей систем фазовой синхронизации с фильтрами первого порядка. ФАП с интегрирующим фильтром. ФАП с пропорционально-интегрирующим фильтром.
10. Типы особых траекторий наблюдаются в модели системы с фазовым управлением второго порядка.
11. Режимы фазовой синхронизации и квазисинхронизации в системе с фазовым управлением.
12. Понятие области захвата в режиме фазовой синхронизации.
13. Применение метода малого параметра (метода Понтрягина) к исследованию модели системы фазовой синхронизации
14. Динамические системы с цилиндрическим фазовым пространством: типы предельных циклов, приемы исследования.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Качественные методы нелинейной динамики-2"

(<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=5418>).

Иные учебно-методические материалы: 1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М. 1981. – 567 с.

2. Шалфеев В.Д., Матросов В.В. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации. Н.Новгород, ННГУ, 2013. - 366 с

3. Прошин, Ю.Н. Моделирование и визуализация нелинейных динамических систем. Часть 1. Точечные отображения / Ю.Н. Прошин, М.А. Шакиров – Казань: Казан. ун-т, 2017. – 36 с

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

Задача 1. Построить фазовые портреты модели системы с фазовым управлением первого порядка $\frac{d\varphi}{dt} = \gamma - \sin \varphi$ в зависимости от параметра γ .

Задача 2. Постройте фазовый портрет модели системы с фазовым управлением второго порядка $\frac{d\varphi}{dt} = y$, $\frac{dy}{dt} = -\sin \varphi$ и укажите области начальных значений фазовых переменных, при которых в системе реализуются колебательные и вращательные движения.

Задача 3. Постройте фазовый портрет модели системы с фазовым управлением второго порядка $\frac{d\varphi}{dt} = y$, $\frac{dy}{dt} = -\lambda y - \sin \varphi$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Студент показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике.
отлично	Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Возможно наличие одной неточности или описки, не являющихся следствием незнания или непонимания учебного материала. Студент показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике.
очень хорошо	Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны.
хорошо	Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны. Допущена одна ошибка или два-три недочета.
удовлетворительно	Допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов.
неудовлетворительно	Работа выполнена не полностью. Допущены грубые ошибки.
плохо	Не выполнено ни одного задания или работа не сдана.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

1. Понятие синхронизации.

2. Виды синхронизации: взаимная синхронизация, синхронизация внешней силой, синхронизация с использованием принципа автоматического управления Структурная схема и принцип действия системы с фазовым управлением.
3. Структурная схема и принцип действия системы с фазовым управлением.
4. Приведите общее уравнение динамики системы с фазовым управлением и поясните его физический смысл.
5. От чего зависит размерность динамической системы, описывающей поведение системы с фазовым управлением?
6. Приведите математическую модель системы с фазовым управлением в случае пропорционально-интегрирующего фильтра в цепи управления.
7. Приведите математическую модель системы с фазовым управлением в случае фильтра третьего порядка в цепи управления.
8. Какие типы особых траекторий наблюдаются в модели системы с фазовым управлением второго порядка?
9. Какое состояние системы с фазовым управлением называют режимом фазовой синхронизации?
10. Какое состояние системы с фазовым управлением называют режимом квазисинхронизации?
11. Какое состояние системы с фазовым управлением называют асинхронным режимом?
12. Какими особыми траекториями модели системы с фазовым управлением второго порядка определяются синхронный, квазисинхронный и асинхронный режимы?
13. Возможен ли режим квазисинхронизации в модели системы с фазовым управлением второго порядка?
14. Изобразите фазовые портреты консервативной модели системы с фазовым управлением второго порядка.
15. Какие бифуркации наблюдаются в динамической модели системы с фазовым управлением второго порядка при интегрирующем фильтре в цепи управления?
16. Приведите параметрический и фазовые портреты системы фазовой синхронизации с интегрирующим фильтром в цепи управления.
17. Пользуясь параметрическим и фазовыми портретами модели системы с фазовым управлением второго порядка при интегрирующем фильтре в цепи управления, поясните характер развития динамики системы при изменении ее параметров.
18. Какие бифуркации наблюдаются в динамической модели системы с фазовым управлением второго порядка при пропорционально-интегрирующем фильтре в цепи управления?
19. Приведите параметрический и фазовые портреты системы фазовой синхронизации с пропорционально-интегрирующим фильтром в цепи управления.
20. Поясните понятие области захвата в режим фазовой синхронизации. Какими бифуркациями определяются границы этой области?
21. Пользуясь параметрическим и фазовыми портретами модели системы с фазовым управлением второго порядка при пропорционально-интегрирующем фильтре в цепи управления, поясните характер развития динамики системы при изменении ее параметров.
22. Какие методы и приемы нелинейной динамики применяются при анализе математических моделей системы с фазовым управлением второго порядка.
23. К каким динамическим системам применяется метод малого параметра (метод Понтрягина)?
24. С помощью какого метода устанавливается существование круговых движений в модели системы с фазовым управлением второго порядка?
25. Как устанавливается свойство диссипативности модели системы с фазовым управлением второго порядка?

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень и полнота освоения учебного материала позволяет обучающемуся давать верные ответы на 80-100% заданий
не зачтено	Количество правильно данных ответов меньше 80% (от 0 до 79%)

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы навыки при решении нестандарт	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартны

	вследствие отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	стандартны х задач с некоторым и недочетами	х задач с некоторым и недочетами	х задач без ошибок и недочетов	ных задач без ошибок и недочетов	х задач
--	--	---------------------	---	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-13

1. Понятие синхронизации. Явления синхронизации в природе и технике. Синхронизация как подстройка ритмов. Осциллирующий объект, ритм, взаимодействие осциллирующих систем, подстройка ритмов, связь и связанность.
2. Взаимная синхронизация. Синхронизация внешней силой, захват фазы и частоты.
3. Синхронизация с использованием принципа автоматического управления. Основные элементы систем и принцип функционирования.
3. Синхронизация с использованием принципа автоматического управления. Основные элементы систем и принцип функционирования.
4. Структурная схема системы с фазовым управлением. Характеристики основных элементов. Получение общего уравнения динамики системы в операторной форме.
5. Получение дифференциальных уравнений системы с фазовым управлением для фильтров первого, второго и третьего порядка в цепях управления.
6. Динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + \lambda \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: состояния равновесия, их тип и устойчивость.
7. Динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + \lambda \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: оценка месторасположения предельного цикла второго рода, доказательство существования предельного цикла при значениях $\gamma > 1$.
8. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: исследование предельных циклов методом точечных преобразований.
9. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: оценка области глобальной асимптотической устойчивости.
10. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: оценка области существования предельного цикла второго рода.
11. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: доказательство существования бифуркации петли сепаратрис второго рода и анализ ее устойчивости.
12. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: параметрический портрет системы, режимы поведения системы, область захвата в режим синхронизации.
13. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + b \cos \varphi \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: анализ состояний равновесия, оценка месторасположения предельного цикла второго рода.
14. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + b \cos \varphi \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: доказательство отсутствия предельных циклов при значениях $\gamma > 1$, существование круговых движений.
15. Динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + b \cos \varphi \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: доказательство существования бифуркации петли сепаратрис второго рода и анализ ее устойчивости.
16. Динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + b \cos \varphi \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: параметрический портрет системы, условия реализации режима синхронизации.

17. Обобщенная динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi)\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: свойство диссипативности.
18. Обобщенная динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi)\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: глобальная асимптотическая устойчивость при $\gamma=0$.
19. Обобщенная динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi)\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: доказательство отсутствия предельных циклов первого рода.
20. Обобщенная динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi)\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: оценка области глобальной асимптотической устойчивости.
21. Обобщенная динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi)\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: фазовые портреты при малых значениях параметра λ , доказательство существования бифуркаций петли сепаратрис и двойного предельного цикла второго рода.
22. Обобщенная динамическая модель системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi)\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: параметрический и фазовые портреты, область захвата в режим синхронизации.
23. Применение метода малого параметра (метода Понтрягина) к исследованию модели системы фазовой синхронизации $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi)\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$.
24. Динамические системы с цилиндрическим фазовым пространством: типы предельных циклов, приемы исследования.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Дан полный, развернутый ответ на контрольный вопрос (вопросы), показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Студент демонстрирует глубокие и прочные знания материала по заданным вопросам, исчерпывающе и последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, полно и аргументировано отвечает на дополнительные вопросы, делает самостоятельные выводы, умозаключения, демонстрирует кругозор, используя материал из дополнительных источников, интернет ресурсов. Сообщение носит исследовательский характер.
отлично	Дан полный, развернутый ответ на контрольный вопрос (вопросы), показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Студент демонстрирует глубокие и прочные знания материала по заданным вопросам, исчерпывающе и последовательно, грамотно и логически стройно его излагает.

Оценка	Критерии оценивания
очень хорошо	Дан полный, развернутый ответ на контрольный вопрос (вопросы), показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения дисциплины; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Студент твердо знает материал по заданным вопросам, грамотно и последовательно его излагает, но допускает несущественные неточности в определениях
хорошо	Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на контрольный вопрос (вопросы), но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Студент владеет знаниями только по основному материалу, но не знает отдельных деталей и особенностей, допускает неточности и испытывает затруднения с формулировкой определений.
удовлетворительно	Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Обучающийся может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Студент знает только отдельные моменты, относящиеся к заданным вопросам, слабо владеет понятийным аппаратом, нарушает последовательность в изложении материала.
неудовлетворительно	Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы темы.
плохо	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-13

Задача 1. Найти коэффициент передачи пропорционально-интегрирующего фильтра низких частот первого порядка.

Задача 2. Найти коэффициент передачи фильтра верхних частот первого порядка.

Задача 3. При каких значениях параметров система с фазовым управлением, описываемая моделью $\frac{dx}{dt} = y$, $\frac{dy}{dt} = \beta - \sin x - (\lambda + b \cos x)y$, не имеет предельных циклов на фазовом цилиндре $(x(\bmod 2\pi), y)$?

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Студент показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике.
отлично	Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Возможно наличие одной неточности или описки, не являющихся следствием незнания или непонимания учебного материала. Студент показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике.
очень хорошо	Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны.
хорошо	Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны. Допущена одна ошибка или два-три недочета.
удовлетворительно	Допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов.
неудовлетворительно	Работа выполнена не полностью. Допущены грубые ошибки.
плохо	Не выполнено ни одного задания или работа не сдана.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Анищенко В. С. Знакомство с нелинейной динамикой : лекции соровского профессора : учеб. пособие. - М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002. - 144 с. - ISBN 5-93972-116-8 : 88.30., 1 экз.
2. Пономаренко Валерий Павлович. Динамика систем синхронизации сложных сигналов : учеб. пособие / Горьков. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Горький : [б. и.], 1987. - 80 с. - 0.15., 1 экз.
3. Пономаренко Валерий Павлович. Моделирование динамических процессов в автогенераторных системах с частотным управлением : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : ННГУ, 1997. - 114 с. - 20.00., 3 экз.

4. Шалфеев Владимир Дмитриевич. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации : монография / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 366 с. - ISBN 978-5-91326-201-1 : 691.79., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Андронов Александр Александрович. Теория колебаний / с предисл. Л. И. Мандельштама. - 2-е изд. - М. : Наука, 1981. - 568 с. : ил. - 2.60., 274 экз.
2. Неймарк Юрий Исаакович. Динамические системы и управляемые процессы. - М. : Наука, 1978. - 336 с. : ил. - 1.50., 40 экз.
3. Блехман Илья Израилевич. Синхронизация динамических систем. - М. : Наука, 1971. - 894 с. : ил. - 3.70., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Для реализации программы данного курса специальное программное обеспечение не требуется.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Никифорова Ирина Владимировна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Иванченко Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.