МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета_____ Гусев П.Ю.
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом»

Направление подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Квалификация выпускника Исследователь. Преподаватель-исследователь

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2021

Автор программы _____/ Батаронов И.Л./

Заведующий кафедрой Высшей математики и физико-математического моделирования _____/ Батаронов И.Л./

Руководитель ОПОП _____/ Батаронов И.Л./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины состоит в изучении и практическом освоении методологии математического моделирования, выбора численных методов решения систем с гистерезисом в рамках выбранной области исследования.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- сформировать у обучаемых целостную методологию математического моделирования систем с гистерезисом;
- освоить методологию выбора методов стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом;
- освоить методику анализа и синтеза моделей систем с гистерезисом задач в области исследования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности

ОПК-5 – способностью объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях

ПК-2 – способностью осуществлять математическую формализацию исследуемых объектов и систем на этапах анализа и синтеза

ПК-3 – готовностью реализовать математические и алгоритмические модели в виде программных компонент и баз данных

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	**знать** *основные модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*
	уметь применять *методы стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*
	владеть *методами построения моделей стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*
ОПК-5	**знать** *основные понятия теории неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*
	уметь применять *модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом для анализа результатов научных разработок*
	владеть *методами анализа научных результатов по системам с гистерезисом*
ПК-2	**знать** *основные формализации в системах с гистерезисом*
	уметь применять *формализацию задачи с использованием моделей стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*
	владеть *методами анализа и синтеза объектов, содержащих системы с гистерезисом*
ПК-3	**знать** *основные программные средства для исследования моделей систем с гистерезисом*
	уметь применять *методы алгоритмизации для моделей стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*
	владеть *методами программирования моделей систем с гистерезисом*

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	10	10
В том числе:		
Лекции	10	10
Практические занятия (ПЗ)	–	–
Самостоятельная работа	98	98
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		

академические часы зач.ед.	108 3	108 3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Гистерезисные преобразователи	Общие сведения о гистерезисных преобразователях Обобщенный люфт Неидеальное реле Преобразователь Прейсаха	*2*		*20*	*22*
2	Оптимальная производственно-ценовая стратегия в условиях гистерезисной функции спроса	Синтез оптимального управления для одного класса систем с гистерезисными нелинейностями Гистерезисная модель темпа продаж Задача о максимизации прибыли на конечном временном интервале Задача о производстве, потреблении и сбыте товара с гистерезисной функцией спроса	*2*		*20*	*22*
3	Приближенное построение вынужденных периодических режимов в системах автоматического регулирования с гистерезисными нелинейностями	Линейное звено Замкнутые системы Регулярные линейные системы Постановка задачи и алгоритм нахождения периодических решений систем автоматического регулирования с гистерезисными нелинейностями Численная реализация, блок-схема, результаты применения приближенного метода построения вынужденных периодических режимов в системах автоматического регулирования с гистерезисными нелинейностями	*3*		*29*	*32*
4	Стабилизация обратного положения маятника вертикальными осцилляциями посредством гистерезисного управления	Математическая модель обратного маятника. Стабилизация вертикального положения маятника с осциллирующим подвесом. Зоны устойчивости уравнения Матье. Модель осциллирующего подвеса с гистерезисной нелинейностью Исследование диссипативности модели движения обратного маятника с гистерезисным управлением	*3*		*29*	*32*
		Итого	**10**		**98**	**108**

Практическая подготовка при освоении дисциплины проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на лекционных занятиях.

№ п/п	Семестр	Перечень выполняемых обучающимся отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессио-нальные компетенции
1	5	Разработка и анализ модели с гистерезисом для объекта исследования	ПК-2, ПК-3

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение реферата.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компе-тенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	**знать** *основные модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять *методы стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть *методами построения моделей стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-5	**знать** *основные понятия теории неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять *модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом для анализа результатов научных разработок*	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть *методами анализа научных результатов по системам с гистерезисом*	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	**знать** *основные формализации в системах с гистерезисом*	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять *формализацию задачи с использованием моделей стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть *методами анализа и*	Решение	Выполнение работ в	Невыполнение работ

	синтеза объектов, содержащих системы с гистерезисом	прикладных задач в конкретной предметной области	срок, предусмотренный в рабочих программах	в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	**знать** *основные программные средства для исследования моделей систем с гистерезисом*	Активная работа на лекционных занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять *методы алгоритмизации для моделей стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть *методами программирования моделей систем с гистерезисом*	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компе-тенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	**знать** *основные модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять *методы стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Решение стандартных практических задач	Выполнение индивидуального практического задания в области исследования	Невыполнение индивидуального практического задания в области исследования
	владеть *методами построения моделей стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования	Невыполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования
ОПК-5	**знать** *основные понятия теории неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять *модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом для анализа результатов научных разработок*	Решение стандартных практических задач	Выполнение индивидуального практического задания в области исследования	Невыполнение индивидуального практического задания в области исследования
	владеть *методами анализа научных результатов по системам с гистерезисом*	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования	Невыполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования
ПК-2	**знать** *основные формализации в*	Тест	Выполнение теста	Выполнение менее

	системах с гистерезисом		на 70-100%	70%
	уметь применять *формализацию задачи с использованием моделей стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Решение стандартных практических задач	Выполнение индивидуального практического задания в области исследования	Невыполнение индивидуального практического задания в области исследования
	владеть *методами анализа и синтеза объектов, содержащих системы с гистерезисом*	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования	Невыполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования
ПК-3	**знать** *основные программные средства для исследования моделей систем с гистерезисом*	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять *методы алгоритмизации для моделей стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом*	Решение стандартных практических задач	Выполнение индивидуального практического задания в области исследования	Невыполнение индивидуального практического задания в области исследования
	владеть *методами программирования моделей систем с гистерезисом*	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования	Невыполнение индивидуальной прикладной задачи в области исследования

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Не предусмотрено методикой оценки.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Построить гистерезисную модель темпа продаж.
2. Алгоритмизировать задачу о максимизации прибыли на конечном временном интервале.
3. Сформулировать задачу о производстве, потреблении и сбыте товара с гистерезисной функцией спроса.
4. Построить модель стабилизации вертикального положения маятника с осциллирующим подвесом.
5. Алгоритмизировать модель осциллирующего подвеса с гистерезисной нелинейностью.
6. Сформулировать алгоритм поиска зоны устойчивости уравнения Матье.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Исследовать диссипативность модели движения обратного маятника с гистерезисным управлением.

2. Исследовать гистерезисную модель темпа продаж.

3. Исследовать модель стабилизации вертикального положения маятника с осциллирующим подвесом.

4. Исследовать модель осциллирующего подвеса с гистерезисной нелинейностью.

5. Исследовать задачу о максимизации прибыли на конечном временном интервале.

6. Найти зоны устойчивости уравнения Матье.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Обобщенный люфт Неидеальное реле Преобразователь Прейсаха.

Гистерезисная модель темпа продаж. Задача о максимизации прибыли на конечном временном интервале.

Задача о производстве, потреблении и сбыте товара с гистерезисной функцией спроса.

Линейное звено Замкнутые системы Регулярные линейные системы

Постановка задачи и алгоритм нахождения периодических решений систем автоматического регулирования с гистерезисными нелинейностями

Численная реализация, блок-схема приближенного метода построения вынужденных периодических режимов в системах автоматического регулирования с гистерезисными нелинейностями.

Математическая модель обратного маятника.

Стабилизация вертикального положения маятника с осциллирующим подвесом.

Зоны устойчивости уравнения Матье.

Модель осциллирующего подвеса с гистерезисной нелинейностью

Исследование диссипативности модели движения обратного маятника с гистерезисным управлением.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для экзамена

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по аттестационным заданиям, каждое из которых содержит 1 вопрос и 3 задачи. Правильный ответ на вопрос оценивается 5 баллов, каждая задача оценивается в 5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Не зачтено ставится в случае, если студент набрал менее 10 баллов.

2. Зачтено ставится в случае, если студент набрал от 10 до 20 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Гистерезисные преобразователи	ОПК-1, ОПК-5, ПК-2, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
2	Оптимальная производственно-ценовая стратегия в условиях гистерезисной функции спроса	ОПК-1, ОПК-5, ПК-2, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
3	Приближенное построение вынужденных периодических режимов в системах автоматического регулирования с гистерезисными нелинейностями	ОПК-1, ОПК-5, ПК-2, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
4	Стабилизация обратного положения маятника вертикальными осцилляциями посредством гистерезисного управления	ОПК-1, ОПК-5, ПК-2, ПК-3	Тест, зачет, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время выполнения 30 мин. Затем осуществляется проверка ответов экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем

осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Красносельский, М.А. Системы с гистерезисом / М. А. Красносельский, А. В. Покровский. - Москва : Наука, 1983. - 271 с. - 3-20.

2. Семенов М.Е. Автоколебания в системе с гистерезисом: метод малого параметра / Семенов М.Е., Решетова О.О., Борзунов С.В., Мелешенко П.А., Канищева О.И. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2021. № 4. С. 37-53.

3. Медведский А.Л. Неустойчивые колебательные системы с гистерезисом: задачи стабилизации и управления / Медведский А.Л., Мелешенко П.А., Нестеров В.А., Решетова О.О., Семенов М.Е., Соловьев А.М. Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2020. № 4. С. 58-82.

4. Карабутов Н.Н. Структурный анализ и модификации системы с гистерезисом Бука-Вена. Вестник Воронежского государственного технического университета. 2020. Т. 16. № 2. С. 57-64.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

ПО: windows, open office, Acrobat reader

Для выполнения домашних заданий рекомендуется использовать Mathstudio

Современная профессиональная база данных Mathnet.ru, e-library.ru

Информационные справочные системы dist.sernam.ru, Wikipedia

http://eios.vorstu.ru/

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1. **Лекции**: специализированное помещение для проведения лекций

9.2. **Практические занятия**: не предусмотрено учебным планом

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Модели стабилизации неустойчивых режимов в системах с гистерезисом» читаются лекции, проводятся самостоятельные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Самостоятельные занятия направлены на приобретение практических навыков построения и анализа моделей оптимального управления. Занятия проводятся путем решения конкретных задач на индивидуальных компьютерах или в классе для самостоятельной работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.