

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.17
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Оптимальное управление и устойчивость

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

направленность (профиль)
Алгоритмы управления движением и навигация беспилотных мобильных систем и
комплексов

Форма обучения: заочная

Год набора: 2024

Общая трудоемкость: 4 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Курс	5	Итого
Форма контроля	Экзамен	
Вид занятий		
Лекции	4	4
Лабораторные		
Практические		
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	4,35	4,35
Самостоятельная работа	131	131
Контроль	8,65	8,65
Итого	144	144

Рабочую программу составил(и):

старший преподаватель Кудинов А.К.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана
направления подготовки

11.03.04 Электроника и микроэлектроника

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2030 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

Промышленная электроника

(протокол заседания № 7 от «24» февраля 2026 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в области анализа устойчивости и синтеза оптимальных законов управления динамическими системами, с акцентом на применение к мобильным беспилотным платформам.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина:

- Схемотехника 1,2,
- Физика.
- Высшая математика;
- Основы микропроцессорной техники;

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- выпускная квалификационная работа.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-6 Способен проектировать алгоритмы и системы управления движением различных типов беспилотных мобильных систем и комплексов	ПК-6.1 Знает принципы построения математических моделей динамики наземных и воздушных беспилотных аппаратов, методы синтеза регуляторов и критерии устойчивости замкнутых систем управления	Знать: принципы построения математических моделей динамики наземных и воздушных беспилотных аппаратов, методы синтеза регуляторов и критерии устойчивости замкнутых систем управления
	ПК-6.2 Умеет проектировать структуры систем управления движением (позиционное, траекторное, адаптивное управление) с учётом динамических ограничений и внешних возмущений для различных типов мобильных платформ	Уметь проектировать структуры систем управления движением (позиционное, траекторное, адаптивное управление) с учётом динамических ограничений и внешних возмущений для различных типов мобильных платформ
	ПК-6.3 Владеет методами оптимизации параметров алгоритмов управления (ПИД-регуляторы, оптимальное управление) и навыками их реализации в средах моделирования.	Владеть: методами оптимизации параметров алгоритмов управления (ПИД-регуляторы, оптимальное управление) и навыками их реализации в средах моделирования.

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-9 Способен работать с навигационными системами, специализированным программным обеспечением и симуляторами	ПК-9.1 Знает архитектуру современных навигационных систем (от классических ИНС/ГНСС до визуально-инерциальной одометрии), принципы построения SLAM-алгоритмов и методы картографирования окружающей среды	Знать: архитектуру современных навигационных систем (от классических ИНС/ГНСС до визуально-инерциальной одометрии), принципы построения SLAM-алгоритмов и методы картографирования окружающей среды
	ПК-9.2 Умеет настраивать и интегрировать навигационное ПО (ROS Navigation Stack, PX4/Ardupilot), а также работать со специализированными симуляторами для отладки навигационных алгоритмов в виртуальной среде	Уметь: настраивать и интегрировать навигационное ПО (ROS Navigation Stack, PX4/Ardupilot), а также работать со специализированными симуляторами для отладки навигационных алгоритмов в виртуальной среде
	ПК-9.3 Владеет навыками разработки и оптимизации алгоритмов локализации и планирования траекторий с использованием методов теории оптимизации (градиентные методы, методы внутренней точки, эволюционные алгоритмы) в условиях реальных ограничений	Владеть: навыками разработки и оптимизации алгоритмов локализации и планирования траекторий с использованием методов теории оптимизации (градиентные методы, методы внутренней точки, эволюционные алгоритмы) в условиях реальных ограничений

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Курс	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1.	Лек., Ср.	Введение в задачи управления мобильными объектами. Классические понятия устойчивости по Ляпунову, прямой метод и построение функций Ляпунова. Корневые и частотные критерии устойчивости линейных систем. Абсолютная устойчивость нелинейных систем с ограничениями типа «насыщение» (критерий Попова). Основы робастной устойчивости: малые и структурные неопределённости, теорема Харитонова, анализ μ . Применение рассмотренных методов к типовым моделям беспилотных платформ	5	45		-	Отчеты по выполнению практических и тестовых заданий. Вопросы к экзамену.
	Лек., Ср.	Постановка задач оптимального управления. Вариационное исчисление: уравнение Эйлера–Лагранжа, условия трансверсальности для задач со свободным и фиксированным концом. Принцип максимума Понтрягина для систем с ограниченным управлением; задачи максимального быстродействия и минимального расхода энергии. Динамическое программирование и уравнение Беллмана, синтез оптимальной стратегии с обратной связью. Численные методы решения двухточечных краевых задач (метод стрельбы, прямые методы	5	45			Отчеты по выполнению практических и тестовых заданий. Вопросы к экзамену.

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Курс	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		коллокации) и их компьютерная реализация					
	Лек., Ср.	Линейно-квадратичный регулятор (LQR): алгебраическое уравнение Риккати, свойства робастности, выбор весовых матриц. Оптимальное оценивание состояния: фильтр Калмана, дискретный и непрерывный варианты. Принцип разделения и синтез LQG-регуляторов. Особенности реализации оптимальных алгоритмов в дискретном времени для встроенных вычислителей. Прикладные задачи навигации и управления движением: оптимальный обход препятствий, минимизация энергии полёта мультикоптера, терминальное управление с ограничениями. Контрольная работа по синтезу оптимального терминального управления для мобильной платформы.	5	45		-	Отчеты по выполнению практических и тестовых заданий. Вопросы к экзамену.
	ПА		5	0,35		-	-
	Контроль		5	8,65		-	-
Итого:				144			

5. Образовательные технологии

1. Технологии традиционного обучения
 - 1.1. Лекционные занятия
 - 1.2. Самостоятельная работа
 - 1.3. Практические занятия
2. Технология модульного обучения
 - 2.1. Разбиение преподаваемого материала на отдельные модули
3. Технология проблемного обучения
 - 3.1. Эвристическая беседа
 - 3.2. Дискуссия
 - 3.3. Учебное исследование
4. Технология обучения в сотрудничестве
 - 4.1. Разбиение студентов на команды для решения конкретных задач
5. Интерактивные технологии
 - 5.1. Демонстрационный метод обучения
 - 5.2. Работа в группах
 - 5.3. Эвристическая беседа

6. Методические указания по освоению дисциплины

Рекомендуется посещение лекционных занятий; самостоятельное изучение материала; выполнение практических заданий и оформление отчетов.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Курс	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
5	ПК-8 ПК-9	Отчеты по выполнению практических и тестовых заданий. Вопросы к экзамену.

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Выполнение практического задания

Типовой пример задания

Выполнить практическое задание в соответствии с темой занятий и оформить отчет

Краткое описание и регламент выполнения

Практическое задание должно быть выполнено. Результаты оформлены в виде отчета.

Критерии оценки:

«отлично» - полное раскрытие двух теоретических вопросов, отчет оформлен в соответствии с ГОСТ и методикой исследования.

«хорошо» - частичное раскрытие двух теоретических вопросов билета контрольной работы, отчет оформлен в соответствии с ГОСТ и методикой исследования возможно 1-2 замечания.

«удовлетворительно» частичное раскрытие двух из двух теоретических вопросов билета контрольной работы, отчет оформлен в соответствии с ГОСТ и методикой исследования возможно 3-4 замечания.

«неудовлетворительно» - отчет не представлен или при наличии отчета нет ответа на один из вопросов.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Курс 5

№ п/п	Вопросы к экзамену
1	Что такое устойчивость системы?
2	Что такое асимптотическая устойчивость? Чем она отличается от простой устойчивости?
3	Что такое неустойчивость? Приведите пример неустойчивой системы.
4	Кто такой Ляпунов и в чём суть его прямого метода?
5	Что такое функция Ляпунова? Какие два основных условия на неё накладываются?
6	Приведите пример простейшей функции Ляпунова для системы маятника без трения.
7	Что такое положение равновесия? Приведите пример системы с двумя положениями равновесия.
8	Как по корням характеристического уравнения линейной системы понять, устойчива она или нет?
9	Что такое критерий Гурвица (для системы второго порядка)? Когда он выполняется?
10	Что такое частотный критерий устойчивости?
11	Что такое абсолютная устойчивость? Приведите пример нелинейности типа «насыщение».
12	Зачем нужен запас устойчивости по фазе и усилению?
13	Может ли насыщение привода сделать устойчивую систему неустойчивой? Почему?
14	Что такое робастность? Почему важно, чтобы система оставалась устойчивой при небольших изменениях параметров?
15	Как проверить устойчивость дискретной системы (по модулю собственных чисел)?
16	Что такое задача оптимального управления?
17	Что такое критерий качества (функционал)? Приведите пример критерия «минимум времени» и «минимум энергии».
18	Чем отличаются задачи Лагранжа, Майера и Больца?
19	Что такое уравнение Эйлера–Лагранжа? Для чего оно используется?
20	Что такое принцип максимума Понтрягина? Сформулируйте основную идею.
21	Что такое функция Гамильтона в принципе максимума?
22	Что такое сопряжённые переменные?
23	В чём особенность задачи максимального быстродействия? Приведите простой пример.
24	Что такое динамическое программирование Беллмана? Основной принцип оптимальности.
25	Что такое уравнение Беллмана? Для чего оно нужно?
26	Что такое линейно-квадратичный регулятор (LQR)? Какие два слагаемых обычно входят в его критерий качества?
27	Какое уравнение нужно решить, чтобы найти LQR-регулятор?
28	Для чего нужен фильтр Калмана? Какую задачу он решает?
29	Что такое LQG-регулятор? Из каких двух частей он состоит?

№ п/п	Вопросы к экзамену
30.	В чём основное преимущество оптимального регулятора перед обычным ПИД-регулятором?

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Курс	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
5	Экзамен	«отлично»	Студент набрал 85- 100 баллов по итогу изучения дисциплины в семестре.
		«хорошо»	Студент набрал 70- 84 баллов по итогу изучения дисциплины в семестре.
		«удовлетворительно»	Студент набрал 55- 69 баллов по итогу изучения дисциплины в семестре.
		«неудовлетворительно»	Студент набрал 0-54 баллов по итогу изучения дисциплины в семестре

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пащенко, А. Ю. Келина.	Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) : практикум	учебное пособие	2025	ЭБС "Лань"
2	Е. М. Яковлева	Автоматизированное проектирование средств и систем управления	учебное пособие	2024	ЭБС "IPRbooks"
3	Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пащенко, И. Ю. Кудинов, А. Ф. Пащенко.	Нечеткое моделирование и управление в технических системах	учебное пособие	2022	ЭБС "Лань"
4	С. А. Микаева, А. Н. Брысин, Ю. А. Журавлева.	Электроника и схемотехника	учебное пособие	2023	ЭБС "ZNANIUM.COM"
5	А. Н. Игнатов, В. Л. Савиных, Н. Е. Фадеева.	Основы электроники	учебное пособие	2022	ЭБС "ZNANIUM.COM"
6	Е. Н. Почекуев, П. Н. Шенбергер	Инженерный анализ объектов и процессов машиностроения в САПР. Моделирование объектов и процессов в САПР. Методы решения задач моделирования с помощью MATLAB	учебное пособие	2024	ЭБС-"Репозиторий"

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	М. Н. Романовский	Интегральные устройства радиоэлектроники. Ч. 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем	учебное пособие	2012	ЭБС "IPRbooks"
2	М. Н. Романовский	Интегральные устройства радиоэлектроники. Ч. 2. Элементы интегральных схем и функциональные устройства	учебное пособие	2012	ЭБС "IPRbooks"
3	В. А. Кологривов	Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств	учебное пособие	2012	ЭБС "IPRbooks"
4	Е. Л. Максина.	Электроника	учебное пособие	2019	ЭБС "IPRbooks"
5	А. Б. Власов.	Электроника : Элементы электронных схем	учебное пособие	2023	ЭБС "ZNANIUM.CO M"

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- IPRbooks[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : iprbookshop.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- WebofScience[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016– . – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus[Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier.

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition	договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно
3	Mirapolis Human Capital Management	лицензионный договор № 1346 от 24.12.2024, срок действия – до 31.12.2025

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Э-402 Лаборатория имитационного моделирования. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Стол двухместный ученический, стол преподавательский, доска аудиторная, стул, компьютеры, жалюзи, щит электрический.
2	Э-511 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная	Столы ученические двухместные (моноблок) , столы ученические трехместные (моноблок) стол

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая).
3	Э-504 Лаборатория "Микропроцессорная техника и компьютерное моделирование" Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Стол�ы ученические двухместные, стулья, компьютерные столы, доска аудиторная, монитор Samsung. Монитор - CTX. Монитор ProView. мониторы LG Flatron, системные блоки Kompass, системный блок - ALAN, системный блок - Antares, манипулятор типа «мышь» A-Tech, манипулятор типа «мышь» - Genius, Клавиатура Mitsumi. Клавиатура - Clicker, Клавиатура-Genius, клавиатура - Chicony, шкаф, экран, стол и стул преподавательские, жалюзи.
4	Г-401 Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Стол�ы, стулья, компьютеры