ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Политехнический институт

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Ваулин С. Д.
Пользователь: vaulinsd
Дата подписания: 23.11.2021

С. Д. Ваулин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.49 Системы управления ракет
для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
уровень специалист **тип программы** Специалитет
специализация Ракетные транспортные системы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Летательные аппараты

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Дегтярь В. Г.
Пользователь: degtiarvg
Дата подписания: 23.11.2021

В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент (кн)

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Курносов Д. А.
Пользователь: kurnosovda
Дата подписания: 23.11.2021

Д. А. Курносов

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины является определение места и значения систем автоматического управления полётом летательных аппаратов среди других систем и комплексов летательных аппаратов, а также изучение основ современной теории управления полётом летательных аппаратов. Задачей изучения дисциплины является освоение методов анализа систем, включающих составление полной математической модели ЛА и других элементов СУ ЛА, и методов синтеза систем с заданными динамическими и статическими свойствами. Глубокое усвоение этих методов позволит будущим специалистам обоснованно подходить к проектированию электромеханических систем и систем электрооборудования ЛА.

Краткое содержание дисциплины

Классификация систем управления полетом ЛА . ЛА как объект управления. Элементы СУ ЛА. Системы ориентации и стабилизации ЛА. Системы навигации и наведения ЛА. Терминальное управление движением центра масс ЛА. Оптимальное управление движением ЛА. Примеры решения задач оптимального управления ЛА. Идентификация ЛА. Адаптивные СУ ЛА. СУ ЛА с пассивной адаптацией.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-2 способностью анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники	Знать: состояние и перспективы развития как ракетно-космической техники, так и систем управления ракетами
	Уметь: разрабатывать математические модели, описывающие процессы, происходящие в разрабатываемых ракетно-космических комплексах,строить модели функционирования системы управления ракетой
	Владеть: методами анализа и синтеза изделий ракетной и ракетно-космической техники; математическими методами исследования проблем эксплуатации систем управления ракетами
ОК-14 способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников, используя самые современные информационные технологии, способностью критически осмысливать полученную информацию выделять в ней главное, создавать на ее основе новые знания	Знать:современные информационные технологии
	Уметь:осмысливать полученную информацию, выделять в ней главное, создавать на ее основе новые знания
	Владеть:способностью получать и обрабатывать инрформацию из различных источников
ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых	Знать: принципы представления разрабатываемого изделия как в виде абстрактных операций, так и с помощью математического моделирования;
	Уметь: строить модели, воспроизводящие существенные аспекты подготовки летательного аппарата к пуску, модели функционирования

материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов	системы управления летательного аппарата
	Владеть: методами анализа и синтеза летательных аппаратов; математическими методами исследования проблем управления летательными аппаратами

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.05.02 Математический анализ, ДВ.1.05.02 Баллистика ракет, Б.1.27 Устройство и конструкция ракет, Б.1.45 Акустика летательных аппаратов, Б.1.06 Физика	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.27 Устройство и конструкция ракет	Конструкция элементов и принципы работы систем управления изделий
Б.1.05.02 Математический анализ	Формирование и решение дифференциальных уравнений, используемых для расчета траектории летательного аппарата
Б.1.06 Физика	Принципы работы элементов и устройств систем управления
Б.1.45 Акустика летательных аппаратов	Возмущающие нагрузки, действующие на изделие в процессе полета
ДВ.1.05.02 Баллистика ракет	Траектории движения изделий, которые формируют системы управления. Устранение возмущений.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		11
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия:	48	48
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	60	60
Подготовка к зачету	20	20

Задачи для самостоятельного решения. Индивидуальные задания.	40	40
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Летательный аппарат как объект управления	16	12	4	0
2	Системы ориентации и стабилизации ЛА. Системы стабилизации продольного движения ЛА. Системы стабилизации движения центра масс ЛА в боковом и нормальном направлении.	16	6	10	0
3	Оптимальное управление движением ЛА.	16	6	10	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1-3	1	Классификация систем управления полетом ЛА. Задачи, решаемые СУ ЛА. ЛА как объект управления. Системы координат. Классификация ЛА. Уравнения движения ЛА. Уравнения движения центра масс ЛА. Уравнения вращательного движения ЛА вокруг центра масс. Силы и моменты, действующие на ЛА в полете.	6
4-6	1	Система дифференциальных уравнений возмущенного движения ЛА. Структурная схема динамической модели ЛА. Передаточные функции ЛА.	6
7-9	2	Элементы СУ ЛА. Органы управления ЛА. Органы управления космических ЛА. Исполнительные устройства. Датчики информации. Усилительно-преобразующие устройства. Бортовые вычислители и бортовая ЭВМ. Принципы построения систем ориентации и стабилизации ЛА. Исследование системы стабилизации угла крена ЛА. Система ориентации ЛА с двигателем-маховиком. Система ориентации ЛА с релейным законом управления. Система стабилизации движения центра масс ЛА в боковом и нормальном направлении. Взаимовлияние систем наведения и угловой стабилизации. Система стабилизации продольного движения ЛА. Система регулирования «кажущейся» скорости ЛА.	6
10-12	3	Терминальное управление движением центра масс ЛА. Задача терминального (конечного) управления движением центра масс ЛА. Оптимальное управление движением ЛА. Задача аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР). Примеры решения задач оптимального управления ЛА. Оптимизация по квадратичному критерию качества. Оптимизация по быстродействию. Оптимизация по расходу топлива. Синтез алгоритма субоптимального управления движением ЛА.	6

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1-2	1	ЛА как объект управления. Система дифференциальных уравнений возмущенного движения ЛА. Структурная схема динамической модели ЛА.	4

		Передаточные функции ЛА. Анализ. Решение задач.	
3-5	2	Исследование системы стабилизации угла крена ЛА. Система ориентации ЛА с двигателем-маховиком. Система ориентации ЛА с релейным законом управления.	6
6-7	2	Системы стабилизации движения центра масс ЛА. Примеры. Решение задач.	4
8-9	3	Терминальное управление движением центра масс ЛА. Примеры. Решение задач.	4
10--12	3	Оптимальное управление движением ЛА. Примеры решения задач оптимального управления ЛА. Оптимизация по квадратичному критерию качества. Оптимизация по быстродействию. Оптимизация по расходу топлива. Решение задач.	6

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Формирование системы управления для баллистической (крылатой) ракеты и описание ее функционирования	Материалы УЦ РКТ ЮУрГУ	40
Подготовка к зачету	Основная и дополнительная литература	20

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Проведение интерактивных лекций	Лекции	Использование презентаций при проведении лекционных занятий	9
Использование информационных ресурсов и баз данных	Практические занятия и семинары	Поиск и изучение специальной литературы	4

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: При проведении лекционных и практических занятий занятий приводятся примеры расчета конструкций ЛА в рамках проведения совместных научных работ с АО "ГРЦ Макеева"

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ОК-14 способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников, используя самые современные информационные технологии, способностью критически осмысливать полученную информацию выделять в ней главное, создавать на ее основе новые знания	зачет	1-9
Все разделы	ПК-8 способностью проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем с использованием методов системного подхода и современных программных продуктов для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования изделия в целом, а также его подсистем с учетом используемых материалов, ожидаемых рисков и возможных отказов	контрольные задания	1-4
Все разделы	ПК-2 способностью анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники	решение задач	1-12

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачет	Студент вправе прийти на зачет для улучшения своего рейтинга (приказ ректора от 24.05.2019 г. № 179) и получить оценку с учетом текущего рейтинга и баллов за промежуточное испытание. Рейтинг обучающегося по дисциплине Rд определяется из рейтинга по текущему контролю, рейтинга по промежуточной аттестации и бонус-рейтинга по формуле: Rд=0,6xRтек+0,4xRпа+Rб. Зачет проводится в письменной форме (три вопроса из общего списка в течении одного часа).	Зачтено: Зачтено: Более 50% раскрытия материала при положительном ответе на все вопросы соответствуют Rпа=75...100. Зачёт выставляется, если Rд=0,6xRтек+0,4xRпа+Rб≥60 Не зачтено: Не зачтено: Менее 50% раскрытия материала при положительном ответе на все вопросы соответствуют Rпа=0...59 Зачёт не выставляется, если Rд=0,6xRтек+0,4xRпа+Rб≤59
контрольные задания	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Контрольные работы проводятся после окончания соответствующего раздела дисциплины во время аудиторных занятий. На контрольное мероприятие отводится 20-30 минут. Контрольная работа выполняется в письменной форме. Оценивается полнота и правильность выполнения задания. Баллы начисляются по нижеприведённым соотношениям (за каждую контрольную	Зачтено: Зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям больше 59. Не зачтено: Не зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям меньше 60.

	работу): Для каждого контрольно-рейтингового мероприятия i (i=1...n) рассчитывается рейтинг обучающегося по мероприятию Ri по формуле: Ri=Bi x 100/Bi_max, где Bi -балл обучающегося за контрольное мероприятие i (решённую задачу), Bi_max -максимально возможный балл за контрольное мероприятие i (равен 100). Рейтинг обучающегося по текущему контролю Rтек (по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям, включающим задачи и контрольные работы) определяется как средний рейтинг обучающегося по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям с учетом их сложности (веса) по формуле: Rтек=∑(Wi x Ri)/∑Wi, где Wi - вес (вклад) контрольно-рейтингового мероприятия i в формирование рейтинга. Вес Wi выполнения контрольной работы выбирается в размере 0,133 при 3 контрольных работах. (∑Wi=1 для всех контрольно-рейтинговых мероприятий, включающих 3 задачи и 3 контрольные работы). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется по результатам текущего контроля по формуле: Rд=Rтек+Rб. Здесь Rб - бонус-рейтинг (Rб≤15).	
решение задач	При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Студентом выбираются задачи/творческие задания из фиксированного списка. Решение задачи/задач оформляется в виде отчёта. Оценивается полнота и правильность выполнения задания/решения задачи. Баллы начисляются по нижеприведённым соотношениям (за каждую решённую задачу): Для каждого контрольно-рейтингового мероприятия i (i=1...n) рассчитывается рейтинг обучающегося по мероприятию Ri по формуле: Ri=Bi x 100/Bi_max, где Bi -балл обучающегося за контрольное мероприятие i (решённую задачу), Bi_max -максимально возможный балл за контрольное мероприятие i (равен 100). Рейтинг обучающегося по текущему контролю Rтек (по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям, включающим задачи и контрольные работы) определяется как средний рейтинг обучающегося по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям с учетом их сложности (веса) по формуле: Rтек=∑(Wi x Ri)/∑Wi, где Wi - вес (вклад) контрольно-рейтингового мероприятия i в формирование рейтинга. Вес Wi решения задач выбирается в размере 0,2 при 3 задачах. (∑Wi=1 для всех контрольно-рейтинговых мероприятий,	Зачтено: Зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям больше 59. Не зачтено: Не зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям меньше 60.

	включающих 3 задачи и 3 контрольные работы). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется по результатам текущего контроля по формуле: Rд=Rтек+Rб. Здесь Rб - бонус-рейтинг (Rб≤15).	

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
зачет	1. Виды систем управления, принципы работы и контрольные параметры. 2. Структура каналов управления по контролируемым параметрам, статическое и астатическое управление. 3. Дифференциальные уравнения систем автоматического управления, расчет свободных и вынужденных процессов. 4. Переходные процессы в системах управления, интеграл Фурье и преобразование Лапласа. Передаточные функции систем при различном включении звеньев. 5. Устойчивость систем управления. Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Запасы устойчивости, построение областей устойчивости. 6. Качество процессов управления. Оценка качества системы: по расположению корней характеристического уравнения, по интегральным характеристикам, по частотным характеристикам, по вещественным характеристикам замкнутой системы. 7. Некотрые положения теории вероятностей: распределение случайных величин, математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция, функция спектральной плотности. 8. Анализ точности систем управления при случайных воздействиях, средняя квадратическая ошибка, расчет корреляционной функции ошибки. 9. Синтез корректирующих элементов систем управления.
контрольные задания	САУ_002.pdf
решение задач	Задания_СУ.pdf

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Ракетная техника.
2. Вопросы ракетной техники.
3. Оборонная техника.
4. Известия ВУЗов: Авиационная техника, ракетная техника и космонавтика.

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Нет

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Нет

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Туманов, А.В. Методы телеуправления и самонаведения в системах управления крылатыми ракетами. [Электронный ресурс] / А.В. Туманов, А.Г. Зуев, Э.Д. Суханов. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 122 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/52287 — Загл. с экрана.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Илюхин, С.Н. Формирование облика зенитной управляемой ракеты и динамический анализ ее системы управления: учеб. пособие. [Электронный ресурс] / С.Н. Илюхин, С.В. Беневольский, В.В. Грабин. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 80 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/58424 — Загл. с экрана.

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	303 (2)	Оборудование аудитории
Практические занятия и семинары	100 (2в)	Специальная литература и образцы изделий РКТ