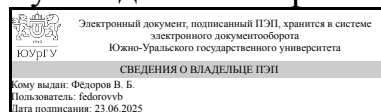


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



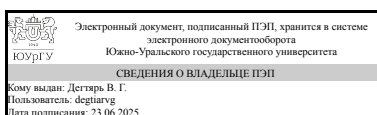
В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.02 Системы управления летательными аппаратами
для направления 24.03.04 Авиастроение
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Летательные аппараты

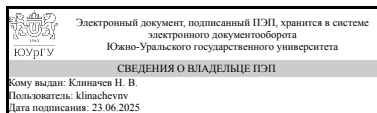
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.04 Авиастроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 05.02.2018 № 81

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



Н. В. Клиначев

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
ПК-1 Способность выполнить техническое проектирование деталей и узлов, механизмов, подсистем летательных аппаратов с последующей разработкой рабочей конструкторской документации	Знает: конструктивные схемы основных элементов систем управления летательными аппаратами; способы описания летательных аппаратов как объектов управления; принципы построения и функционирования систем управления летательных аппаратов; современные методы исследования и расчета систем управления летательных аппаратов Умеет: рассчитывать характеристики устойчивости и управляемости летательных аппаратов, оценивать их изменение при эксплуатации; анализировать влияние эксплуатационных факторов, отказов и неисправностей систем летательных аппаратов на его летно-технические характеристики и характеристики устойчивости и управляемости Имеет практический опыт: применения современных методов, методик, математических моделей и технологий, позволяющих осуществлять разработку и проектирование систем управления летательными аппаратами

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.26 Метрология, стандартизация и	Не предусмотрены

сертификация, 1.Ф.03 Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники, 1.О.32 Устройство летательных аппаратов, 1.О.28 Механика сплошных сред, 1.О.21 Электрооборудование летательных аппаратов, 1.Ф.01 Исполнительные устройства летательных аппаратов	
---	--

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

Дисциплина	Требования
1.О.32 Устройство летательных аппаратов	Знает: классификацию деталей и механизмов летательных аппаратов; основные требования к деталям, узлам и механизмам летательных аппаратов; общие принципы и правила конструирования деталей и узлов механизмов летательных аппаратов Умеет: обосновывать выбор устройств в изделиях авиационной и ракетно-космической техники; проводить конструирование деталей и узлов механизмов летательных аппаратов с использованием системного подхода Имеет практический опыт: расчета параметров деталей и узлов механизмов летательных аппаратов; разработки рабочих и сборочных чертежей деталей и узлов механизмов летательных аппаратов
1.О.21 Электрооборудование летательных аппаратов	Знает: общие принципы построения электротехнических комплексов и систем применительно к авиационной технике Умеет: оценить требуемую структуру и состав электрооборудования летательных аппаратов Имеет практический опыт: ориентировочного расчёта требуемых рабочих характеристик электрооборудования летательных аппаратов
1.О.28 Механика сплошных сред	Знает: основные уравнения механики сплошных сред; свойства и особенности моделей в механике сплошных сред; основные способы описания в газовой динамике, динамике несжимаемой жидкости и деформируемого тела Умеет: использовать основные уравнения механики сплошных сред для расчета течений жидкости и газа при проектировании изделий авиационной и ракетно-космической техники Имеет практический опыт: решения задач механики сплошных сред при проектировании изделий авиационной и ракетно-космической техники
1.Ф.03 Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники	Знает: современные методы проведения расчетов аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других

	технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники Умеет: применять современные САПР при расчете аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники Имеет практический опыт: проведения расчетов по определению аэродинамических, прочностных, жесткостных, массово-центровочных, инерционных и других технических характеристик конструкций авиационной и ракетной техники
1.О.26 Метрология, стандартизация и сертификация	Знает: понятия и определения, используемые в метрологии, общие законы и правила измерений, обеспечение их единства, требуемой точности и достоверности, основы Государственной системы стандартизации, основные метрологические методы и средства измерения линейных и угловых величин, показатели качества продукции и методы ее оценки Умеет: организовывать измерительный эксперимент и правильно выбрать измерительную технику для конкретных измерений, обоснованно выбирать допуски и посадки типовых соединений; решать задачи размерного анализа; обоснованно выбирать и применять соответствующие конкретной ситуации положения законодательных актов и основополагающих документов по метрологии, стандартизации, сертификации Имеет практический опыт: выбора универсального измерительного средства в зависимости от требуемой точности параметра, проведения измерений и оценки погрешности измерений, оценки качества изделий
1.Ф.01 Исполнительные устройства летательных аппаратов	Знает: принципы работы исполнительных устройств летательными аппаратами: безредукторную и редукторную системы наддува; статические и динамические характеристики системы: трубопровод, емкость, жиклер. Умеет: определять статические и динамические характеристики исполнительных устройств летательных аппаратов при проектировании изделий авиационной и ракетно-космической техники Имеет практический опыт: расчета пневмогидросистем летательных аппаратов: гидросопротивлений в коротких трубопроводах, гидравлических расчетов проточной части обратного клапана и других элементов при проектировании изделий авиационной и ракетно-космической техники

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 42,25 ч.
контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	12	12
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	65,75	65,75
Подготовка к зачету	8,75	8,75
Подготовка отчётов по выполненным заданиям	57	57
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид 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	12	8	4	0
2	Системы ориентации и стабилизации ЛА. Системы стабилизации продольного движения ЛА. Системы стабилизации движения центра масс ЛА в боковом и нормальном направлении.	12	8	4	0
3	Оптимальное управление движением ЛА.	12	8	4	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.	4
4-6	1	Система дифференциальных уравнений возмущенного движения ЛА. Структурная схема динамической модели ЛА. Передаточные функции ЛА.	4
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.	4
10-12	2	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.	4
13	3	Система стабилизации движения центра масс ЛА в боковом и нормальном направлении. Взаимовлияние систем наведения и угловой стабилизации.	2

		Система стабилизации продольного движения ЛА. Система регулирования «кажущейся» скорости ЛА.	
14-16	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. Передаточные функции ЛА. Анализ. Решение задач.	4
3-4	2	Исследование системы стабилизации угла крена ЛА. Система ориентации ЛА с двигателем-маховиком. Система ориентации ЛА с релейным законом управления.	2
5	2	Системы стабилизации движения центра масс ЛА. Примеры. Решение задач.	2
6	3	Терминальное управление движением центра масс ЛА. Примеры. Решение задач.	2
7-8	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.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету	Жанжеров, Е. Г. Системы управления летательными аппаратами и их силовыми установками : учебное пособие / Е. Г. Жанжеров. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 229 с. — ISBN 978-5-398-00129-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160387 (дата обращения: 24.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	8	8,75
Подготовка отчётов по выполненным заданиям	Жанжеров, Е. Г. Системы управления летательными аппаратами и их силовыми установками : учебное пособие / Е. Г. Жанжеров. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 229 с. — ISBN 978-5-398-00129-7. —	8	57

	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160387 (дата обращения: 24.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		
--	--	--	--

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	8	Текущий контроль	Графический язык представления моделей	1	5	3 – задание выполнено. 4 – задание выполнено, отчётный документ включает атрибуты идентификации. 5 – выполненные упражнения сопровождаются корректно сформулированными практическими рекомендациями или выводами. Отчет оформляется согласно требованиям к эскизным документам.	зачет
2	8	Текущий контроль	Создание блок-схем динамических звеньев (VisSim)	1	5	3 – задание выполнено. 4 – задание выполнено, отчётный документ включает атрибуты идентификации. 5 – выполненные упражнения сопровождаются корректно сформулированными практическими рекомендациями или выводами.	зачет
3	8	Текущий контроль	Главный сумматор поворотных систем (Модели)	1	5	3 – задание выполнено, отчётный документ включает атрибуты идентификации. 4 – задание выполнено, разработанные модели документированы. 5 – представлен анализ работы системы в разных режимах, сформулированы выводы.	зачет
4	8	Текущий контроль	Главный сумматор поворотных систем (на МК)	1	5	3 – задание выполнено, отчётный документ включает атрибуты идентификации. 4 – показано соответствие между моделями и разработанным программным кодом двух регуляторов, пояснена процедура проверки функционирования и подстройки регуляторов. 5 – выполнен сравнительный анализ технических решений, сформулированы выводы.	зачет
5	8	Текущий контроль	Построение частотных	1	5	3 – задание выполнено, параметры типовых динамических звеньев менялись	зачет

			характеристик			(пояснено каким образом). 4 – задание выполнено, отчётный документ включает атрибуты идентификации. 5 – выполненные упражнения сопровождаются корректно сформулированными практическими рекомендациями и выводами.	
6	8	Текущий контроль	САР тангажа ракеты	1	5	3 – задание выполнено, отчётный документ включает атрибуты идентификации, определены основные параметры ракеты-носителя (вес, момент инерции вокруг оси тангажа, время выхода на орбиту). 4 – задание выполнено, разработанные модели документированы, определены технические требования к САР тангажа ракеты и к исполнительным органам. 5 – представлен анализ работы системы в разных режимах, сформулированы выводы.	зачет
7	8	Текущий контроль	Построение генераторов типовых сигналов (VisSim)	1	5	3 – задание выполнено. 4 – задание выполнено, отчётный документ включает атрибуты идентификации. 5 – выполненные упражнения сопровождаются корректно сформулированными практическими рекомендациями или выводами.	зачет
8	8	Текущий контроль	Производные фильтра скользящего среднего	1	5	3 – задание выполнено, отчётный документ включает атрибуты идентификации. 4 – задание выполнено, разработанные модели документированы. 5 – выполненные упражнения сопровождаются корректно сформулированными практическими рекомендациями или выводами.	зачет
9	8	Промежуточная аттестация	Промежуточная аттестация	-	5	см. положение о БРС	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Критерии оценивания. Отлично: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100%. Хорошо: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84%. Удовлетворительно: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %. Неудовлетворительно: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПК-1	Знает: конструктивные схемы основных элементов систем управления летательными аппаратами; способы описания летательных аппаратов как объектов управления; принципы построения и функционирования систем управления летательных аппаратов; современные методы исследования и расчета систем управления летательных аппаратов				+		+		+	
ПК-1	Умеет: рассчитывать характеристики устойчивости и управляемости летательных аппаратов, оценивать их изменение при эксплуатации; анализировать влияние эксплуатационных факторов, отказов и неисправностей систем летательных аппаратов на его летно-технические характеристики и характеристики устойчивости и управляемости				+	+		+		
ПК-1	Имеет практический опыт: применения современных методов, методик, математических моделей и технологий, позволяющих осуществлять разработку и проектирование систем управления летательными аппаратами	+	+				+		+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - 4-е изд., перераб. и доп.. - СПб. : Профессия, 2007. - 747, [2] с. : ил.
2. Теория автоматического управления : Учеб. для вузов по направлению "Автоматизация и управление" / С. Е. Душин, Н. С. Зотов, Д. Х. Имаев и др.; Под ред. В. Б. Яковлева. - 2-е изд. перераб.. - М. : Высшая школа, 2005. - 566, [1] с.
3. Теория автоматического управления : Учеб. для вузов по спец."Автоматика и телемеханика": В 2-х ч. . Ч. 1 / Под ред. А. А. Воронова. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с. : ил.
4. Теория автоматического управления : Учеб. для вузов по спец."Автоматика и телемеханика": В 2-х ч. . Ч. 2 / Под ред. А. А. Воронова. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Высшая школа, 1986. - 503 с.
5. Гафиятуллин Р. Х. Теория автоматического управления : Учеб. пособие / Р. Х. Гафиятуллин, В. Г. Маурер, В. П. Мадин; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2000. - 44,[2] с. : ил.. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000213409
6. Павловская О. О. Теория автоматического управления : учеб. пособие . Ч. 1 / О. О. Павловская, Н. В. Плотникова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы упр.; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2004. - 73, [2] с.. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000307666
7. Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления : Учеб. пособие для втузов / Е. П. Попов. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Наука, 1989. - 301 с. : ил.

б) дополнительная литература:

1. Левина Г. А. Моделирование колебательных процессов в программе VISSIM : рук. к лаб.-вычисл. практикуму / Г. А. Левина, М. А. Чесноков, С. В. Слепова ; под общ. ред. Г. А. Левиной ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Приборостроение ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ, 2010. - 62, [1] с. : ил.. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000444589
2. Долбенков В. И. Simulink в задачах систем автоматического управления : Учеб. пособие / В. И. Долбенков; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Системы управления; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2005. - 101, [2] с.

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

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
2. Visual Solution, Inc.-VisSim(бессрочно)
3. 3В Севрис-SimInTech Standart Configuration(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	306 (2)	Оборудование аудитории. Проектор. Компьютер
Практические занятия и семинары	109 (2)	Компьютерный класс