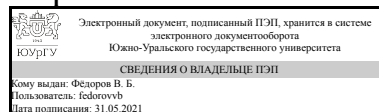


УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический



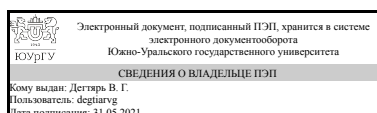
В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.31 Устойчивость и управляемость
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

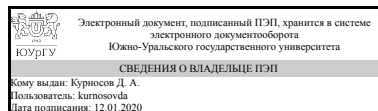
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



Д. А. Курносов

1. Цели и задачи дисциплины

Ознакомить студентов специальности с динамикой управляемого летательного аппарата с целью формирования требований к автомату стабилизации из условий устойчивости движения ракеты по траектории.

Краткое содержание дисциплины

1. Управление ракетами, состав систем управления, корпус ракеты как объект регулирования. 2. Силы и моменты, действующие на ракету в полете. 3. Уравнения движения, о расчете траектории движения. 4. Понятие об устойчивости движения и критериях устойчивости. 5. Уравнения возмущенного движения. 6. Динамика автоматического управления продольным движением. 7. Анализ уравнений возмущенного движения. 8. Передаточные функции и свойства характеристических полиномов. 9. Частотные характеристики ракеты как твердого тела. 10. Требования к автомату стабилизации статически устойчивого, неустойчивого и нейтрального корпуса ракеты. 11. Эффективность органов управления и маневренность ракеты. 12. Изгибные колебания корпуса ракеты, представляемого упругой балкой переменной массы и жесткости. 13. Уравнения возмущенного движения корпуса ракеты в плоскости тангажа с учетом упругости корпуса. 14. Расчет частотных характеристик ракеты как объекта автоматического регулирования, требования к автомату стабилизации. 15. Физические основы влияния колебаний жидкости в баках на устойчивость движения.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОК-3 способностью критически оценивать основные теории и концепции, границы их применения	Знать: физические принципы взаимодействия жесткого или упругого корпуса летательного аппарата с автоматом стабилизации; - математические принципы формирования требований к автомату стабилизации изделий; - иметь представление о методах исследования устойчивости замкнутых систем автоматического регулирования, составе и принципах работы каналов автомата стабилизации летательных аппаратов, влиянии колебаний жидкости в баках на устойчивость движения;
	Уметь: составлять уравнения движения, находить частотные характеристики из условия устойчивости движения и параметров объекта регулирования, устанавливать ограничения на автомат стабилизации;
	Владеть: навыками системного подхода к анализу сложных объектов.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
---	---

В.1.08 Теория колебаний и удара, Б.1.25 Теория автоматического управления	Производственная практика, преддипломная практика (11 семестр)
--	--

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

Дисциплина	Требования
Б.1.25 Теория автоматического управления	Исследование устойчивости автоматических систем во временной и частотной областях. Критерии устойчивости.
В.1.08 Теория колебаний и удара	Колебания систем с сосредоточенными и распределенными параметрами. Собственные частоты и частоты свободных колебаний. Вынужденные колебания.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	40	40	
Проработка лекционного материала	20	20	
Решение задач семестровой работы	14	14	
Подготовка к зачету	6	6	
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	Понятие об управлении, состав систем управления, корпус ракеты, как объект регу-лирования	2	1	1	0
2	Силы и моменты, действующие на ракету в полете, уравнения движения.	2	1	1	0
3	Понятие об устойчивости движения, понятие о критериях устойчивости.	2	1	1	0
4	Возмущенное движение корпуса, динамика автоматического управления продольным движением	2	1	1	0
5	Анализ уравнений возмущенного движения, передаточные	3	2	1	0

	функции и свойства характеристических полиномов				
6	Частотные характеристики ракеты как твердого тела, требования к автомату стабилизации	3	2	1	0
7	Эффективность органов управления и маневренность ракеты	2	1	1	0
8	Возмущенное движение ракеты в продольной плоскости с учетом упругости корпуса	3	2	1	0
9	Частотные характеристики ракеты с учетом упругости корпуса, требования к автомату стабилизации	8	2	6	0
10	Физические аспекты влияния колебаний жидкости в баках на устойчивость движения.	5	3	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Понятие об управлении, состав систем управления, корпус ракеты, как объект регулирования	1
2	2	Силы и моменты, действующие на ракету в полете, уравнения движения.	1
3	3	Понятие об устойчивости движения, понятие о критериях устойчивости.	1
4	4	Возмущенное движение корпуса, динамика автоматического управления продольным движением	1
5	5	Анализ уравнений возмущенного движения, передаточные функции и свойства характеристических полиномов	2
6	6	Частотные характеристики ракеты как твердого тела, требования к автомату стабилизации	2
7	7	Эффективность органов управления и маневренность ракеты	1
8	8	Возмущенное движение ракеты в продольной плоскости с учетом упругости корпуса	2
9	9	Частотные характеристики ракеты с учетом упругости корпуса, требования к автомату стабилизации	2
10	10	Физические аспекты влияния колебаний жидкости в баках на устойчивость движения.	3

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Понятие об управлении, состав систем управления, корпус ракеты, как объект регулирования	1
2	2	Силы и моменты, действующие на ракету в полете, уравнения движения.	1
3	3	Понятие об устойчивости движения, понятие о критериях устойчивости.	1
4	4	Возмущенное движение корпуса, динамика автоматического управления продольным движением	1
5	5	Анализ уравнений возмущенного движения, передаточные функции и свойства характеристических полиномов	1
6	6	Частотные характеристики ракеты как твердого тела, требования к автомату стабилизации	1
7	7	Эффективность органов управления и маневренность ракеты	1
8	8	Возмущенное движение ракеты в продольной плоскости с учетом упругости корпуса	1

9	9	Частотные характеристики ракеты с учетом упругости корпуса, требования к автомату стабилизации	6
10	10	Физические аспекты влияния колебаний жидкости в баках на устойчивость движения.	2

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
Решение задач семестровой работы по указанным темам: Уравнения движения жесткого корпуса ракеты в плоскости тангажа. Передаточные функции и частотные характеристики разомкнутой и замкнутой систем автоматического регулирования. Критерии устойчивости. Применение критерия Гурвица для оценок устойчивости. Применение критерия Гурвица для вычисления отрезков устойчивости и областей устойчивости при одном и двух переменных параметрах. Понятие о запасах устойчивости систем регулирования.	1. Абгарян К.И., Калязин З.Л., Мишин В.П., Рапопорт И.М. Динамика ракет. - М.: Машино-строение, 1990. 2. Колесников К.С. Динамика ракет. - М.: Машиностроение, 1980. -376 с, ил. 3. Павлюк Ю.С. Основы устойчивости современных летательных аппаратов с жестким и упругим корпусом.- Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1972. 4. Павлюк Ю.С., Сакулин В.Д. Стабилизация движения ракеты с учетом упругих свойств ее корпуса: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 28 с. 5. Павлюк Ю.С., Сакулин В.Д. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом с учетом колебаний жидкости в топливных баках: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 43 с. 6. Колесников К.С. Жидкостная ракета как объект регулирования. – М.: Машиностроение, 1969.	34
Подготовка к зачету	1. Абгарян К.И., Калязин З.Л., Мишин В.П., Рапопорт И.М. Динамика ракет. - М.: Машино-строение, 1990. 2. Колесников К.С. Динамика ракет. - М.: Машиностроение, 1980. -376 с, ил. 3. Павлюк Ю.С. Основы устойчивости современных летательных аппаратов с жестким и упругим корпусом.- Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1972. 4. Павлюк Ю.С., Сакулин В.Д. Стабилизация движения ракеты с учетом упругих свойств ее корпуса: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 28 с. 5. Павлюк Ю.С., Сакулин В.Д. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом с учетом колебаний жидкости в топливных баках: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 43 с. 6. Колесников К.С.	6

	Жидкостная ракета как объект регулирования. – М.: Машиностроение, 1969.	
--	---	--

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
лекционно-практическая-зачетная система	Лекции	Во время лекции рассматриваются небольшие фрагменты практического применения и оценки готовности студентов отвечать на некоторые вопросы путем использования обратной связи между студентами и преподавателем. Краткие вопросы и ответы студентов. Использование результатов научных исследований проводимых университетом в рамках данной дисциплины. Инновационные формы учебных занятий предполагают: на первом месте диалогические методы; далее-передачу собственных достижений; диалог преподавателей со студентами и между студентами в интерактивном режиме. Во время лекции и практического занятия допускаются запланированные ошибки и выявление их во время диалога. Используется проблемно-ориентированный междисциплинарный подход к изучению науки. Используется кейс-метод (соотносится получаемый теоретический багаж знаний с реальной практической ситуацией на примерах). Используется учебная дискуссия. Используются игровые модели отношений преподаватель-студент-студенты (чей ответ более верный)?	10

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

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-3 способностью критически оценивать основные теории и концепции, границы их применения	зачёт	1-12
Все разделы	ОК-3 способностью критически оценивать основные теории и концепции, границы их применения	решение задачи	1-12
Все разделы	ОК-3 способностью критически оценивать	контрольная работа	1-12

	основные теории и концепции, границы их применения		
--	--	--	--

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
зачёт	<p>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 R_d определяется из рейтинга по текущему контролю, рейтинга по промежуточной аттестации и бонус-рейтинга по формуле: $R_d = 0,6 \times R_{тек} + 0,4 \times R_{па} + R_b$. Зачет проводится в письменной форме (три вопроса из общего списка в течении одного часа).</p>	<p>Зачтено: Более 50% раскрытия материала при положительном ответе на все вопросы соответствуют $R_{па} = 75 \dots 100$. Зачёт выставляется, если $R_d = 0,6 \times R_{тек} + 0,4 \times R_{па} + R_b \geq 60$ Не зачтено: Менее 50% раскрытия материала при положительном ответе на все вопросы соответствуют $R_{па} = 0 \dots 59$ Зачёт не выставляется, если $R_d = 0,6 \times R_{тек} + 0,4 \times R_{па} + R_b \leq 59$</p>
решение задачи	<p>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 ($i = 1 \dots n$) рассчитывается рейтинг обучающегося по мероприятию R_i по формуле: $R_i = V_i \times 100 / V_{i_max}$, где V_i - балл обучающегося за контрольное мероприятие i (решённую задачу), V_{i_max} - максимально возможный балл за контрольное мероприятие i (равен 100). Рейтинг обучающегося по текущему контролю $R_{тек}$ (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: $R_{тек} = \sum (W_i \times R_i) / \sum W_i$, где W_i - вес (вклад) контрольно-рейтингового мероприятия i в формирование рейтинга. Вес W_i решения задач выбирается в размере 0,2 при 3 задачах. ($\sum W_i = 1$ для всех контрольно-рейтинговых мероприятий, включающих 3 задачи и 3 контрольные работы). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется по результатам текущего контроля по формуле: $R_d = R_{тек} + R_b$. Здесь R_b - бонус-рейтинг ($R_b \leq 15$).</p>	<p>Зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям больше 59. Не зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям меньше 60.</p>
контрольная	При оценивании результатов мероприятия	Зачтено: Суммарное количество

<p>работа</p>	<p>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 работу):</p> <p>Для каждого контрольно-рейтингового мероприятия i ($i=1\dots n$) рассчитывается рейтинг обучающегося по мероприятию R_i по формуле: $R_i = B_i \times 100 / B_{i_max}$, где B_i - балл обучающегося за контрольное мероприятие i (решённую задачу), B_{i_max} - максимально возможный балл за контрольное мероприятие i (равен 100).</p> <p>Рейтинг обучающегося по текущему контролю $R_{тек}$ (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: $R_{тек} = \sum (W_i \times R_i) / \sum W_i$, где W_i - вес (вклад) контрольно-рейтингового мероприятия i в формирование рейтинга. Вес W_i выполнения контрольной работы выбирается в размере 0,133 при 3 контрольных работах. ($\sum W_i = 1$ для всех контрольно-рейтинговых мероприятий, включающих 3 задачи и 3 контрольные работы).</p> <p>Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется по результатам текущего контроля по формуле: $R_d = R_{тек} + R_b$. Здесь R_b - бонус-рейтинг ($R_b \leq 15$).</p>	<p>баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям больше 59.</p> <p>Не зачтено: Суммарное количество баллов по всем контрольно-рейтинговым мероприятиям меньше 60.</p>
---------------	--	--

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
<p>зачёт</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие силы и моменты необходимо учитывать при составлении дифференциальных уравнений пространственного движения ракеты? 2. Как записывается выражение для аэродинамического момента, действующего на ракету в полете? 3. Каким способом можно получить уравнения возмущенного движения ракеты? 4. Что такое прямое и обратное преобразование Лапласа? 5. Дайте определение передаточной функции. 6. Что такое частотная характеристика? 7. Какова связь между передаточными функциями замкнутой и разомкнутой систем? 8. Какими свойствами обладает знаменатель передаточной функции? 9. Сформулируйте теорему Рауса-Гурвица. 10. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста. 11. Как корректируется сигнал рассогласования, поступающий к рулевым машинам?

	12. Дайте определение запасов устойчивости систем регулирования.
решение задачи	Задания СУ.pdf
контрольная работа	По пройденным разделам дисциплины.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Павлюк, Ю. С. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом с учетом колебаний жидкости в топливных баках Текст учеб. пособие Ю. С. Павлюк, В. Д. Сакулин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Летат. аппараты ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. - 42, [1] с. ил. электрон. версия
2. Павлюк, Ю. С. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом Текст учеб. пособие Ю. С. Павлюк ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Летат. аппараты ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. - 52, [1] с. ил.
3. Павлюк, Ю. С. Стабилизация движения ракеты с учетом упругих свойств ее корпуса Текст учеб. пособие Ю. С. Павлюк, В. Д. Сакулин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Летат. аппараты ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. - 27, [1] с. электрон. версия

б) дополнительная литература:

1. Колесников, К. С. Динамика ракет Учеб. по специальностям "Ракетостроение" и "Косм. летат. аппараты и разгон. блоки" К. С. Колесников. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Машиностроение, 2003. - 519 с. ил.
2. Абгарян, К. А. Динамика ракет Учеб. для вузов Под ред. В. П. Мишина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 463 с. ил.

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Павлюк Ю.С. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 53 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная	Абрамов, И.П. Ракетно-космическая	Электронно-	Интернет /

	литература	техника. Т. IV+22, В 2 кн. Кн. 2. Часть II. [Электронный ресурс] / И.П. Абрамов, И.В. Алдашкин, Э.В. Алексеев. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2014. — 548 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/63259 — Загл. с экрана.	библиотечная система издательства Лань	Авторизованный
2	Дополнительная литература	Дмитриевский, А.А. Внешняя баллистика [Электронный ресурс] : учебник / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лысенко. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2005. — 608 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/767 . — Загл. с экрана.	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

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
Практические занятия и семинары	110 (2)	Компьютерный класс с установленным свободным программным обеспечением (Scilab - программа для построения математических моделей расчетов устойчивости и управляемости ЛА).
Практические занятия и семинары		1) Учебный центр ракетно-космической техники: Гиросtabilизированная платформа, счетно-решающие приборы автомата стабилизации и рулевые машинки натуральных образцов изделий 4К-55, 4К-10. 2) Плакаты: состав систем управления изделий 4К-55 и 4К-10.