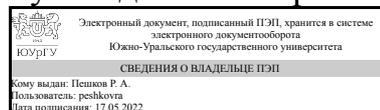


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



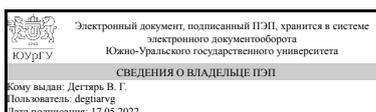
Р. А. Пешков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ФД.01 Устойчивость и управляемость
для направления 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика
уровень Магистратура
форма обучения очная
кафедра-разработчик Летательные аппараты

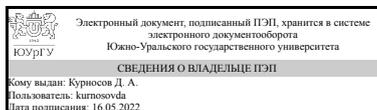
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика, утверждённым приказом Минобрнауки от 05.02.2018 № 84

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
ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	Знает: физические принципы взаимодействия жесткого или упругого корпуса летательного аппарата с автоматом стабилизации; математические принципы формирования требований к автомату стабилизации изделий Умеет: составлять уравнения движения, находить частотные характеристики из условия устойчивости движения и параметров объекта регулирования, устанавливать ограничения на автомат стабилизации Имеет практический опыт: исследования устойчивости замкнутых систем автоматического регулирования

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
ФД.02 Акустика летательных аппаратов, 1.О.09 Математическое моделирование процессов и систем ракетно-космической техники	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
1.О.09 Математическое моделирование процессов и систем ракетно-космической техники	Знает: методики проведения математического моделирования при проектировании и конструировании систем ракетно-космической техники Умеет: обрабатывать и анализировать результаты математического моделирования при проектировании и конструировании систем ракетно-космической техники Имеет практический опыт: разработки и использования математических моделей систем и процессов для решения задач анализа, синтеза, оптимизации и проектирования систем ракетно-космической техники
ФД.02 Акустика летательных аппаратов	Знает: основные тенденции и направления развития теории аэроакустических явлений, научно-технические проблемы и перспективы развития теории, взаимосвязь проблем со смежными областями (аэродинамикой, акустикой, конструированием и проектированием), объекты, аэроакустические явления и процессы, методы их научного исследования Умеет: использовать методы инженерных и теоретических расчетов, типовые и авторские методики инженерных расчетов уровней шумов, методы моделирования, расчета и экспериментальных исследований, обработки экспериментальных данных и оценки погрешностей расчетов. Имеет практический опыт: проведения расчетов параметров акустического нагружения летательных аппаратов на старте и в полете

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		3
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>	35,75	35,75

с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Проработка лекционного материала	20	20
Подготовка к зачету	15,75	15.75
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25
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	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 функции и свойства характе-ристических полиномов	3	2	1	0
6	Частотные характеристики ракеты как твердого тела, требования к автомату ста-билизации	3	2	1	0
7	Эффективность органов управления и манев-ренность ракеты	2	1	1	0
8	Возмущенное движение ракеты в про-дольной 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 характе-ристических полиномов	2
6	6	Частотные характеристики ракеты как твердого тела, требования к автомату ста-билизации	2
7	7	Эффективность органов управления и манев-ренность ракеты	1
8	8	Возмущенное движение ракеты в про-дольной плоскости с учетом упругости корпуса	2
9	9	Частотные характеристики ракеты с учетом упругости корпуса, требования к	2

		автомату стабилизации	
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 регу-лирования	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 ста-билизации	1
7	7	Эффективность органов управления и манев-ренность ракеты	1
8	8	Возмущенное движение ракеты в про-дольной 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			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Проработка лекционного материала	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.	3	20
Подготовка к зачету	Абрамов, И.П. Ракетно-космическая 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.	3	15,75

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	3	Текущий контроль	Контрольное задание 1	12	12	Контрольное мероприятие осуществляется после изучения разделов 1, 2. Студенту дается задание. В соответствии с заданием студенту необходимо выполнить расчётную часть и провести компьютерное моделирование рассчитанной системы управления. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019г. № 179): - расчет, моделирование и оформление результатов расчета и моделирования выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, есть недочеты при оформлении результатов – 10 баллов; - расчет имеет недочеты, моделирование выполнено верно – 8 баллов; - расчет и моделирование имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и моделирование имеют грубые ошибки – 4 балла; - задание не выполнено – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 12. Весовой коэффициент мероприятия - 12. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60%. Незачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60%.	зачет
2	3	Текущий контроль	Контрольное задание 2	12	12	Контрольное мероприятие осуществляется после изучения раздела 3. Студенту дается задание. В соответствии с заданием студенту необходимо выполнить расчётную часть и провести компьютерное моделирование рассчитанной системы управления. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система	зачет

					оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019г. No 179): - расчет, моделирование и оформление результатов расчета и моделирования выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, есть недочеты при оформлении результатов –10 баллов; - расчет имеет недочеты, моделирование выполнено верно – 8 баллов; - расчет и моделирование имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и моделирование имеют грубые ошибки – 4 балла; - задание не выполнено – 0 баллов. Максимальное количество баллов –12. Весовой коэффициент мероприятия - 12. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60%. Незачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60%.		
3	3	Текущий контроль	Контрольное задание 3	12	12	Контрольное мероприятие осуществляется после изучения разделов 4 -7. Студенту дается задание. В соответствии с заданием студенту необходимо выполнить расчётную часть и провести компьютерное моделирование рассчитанной системы управления. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019г. No 179): - расчет, моделирование и оформление результатов расчета и моделирования выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, есть недочеты при оформлении результатов –10 баллов; - расчет имеет недочеты, моделирование выполнено верно – 8 баллов; - расчет и моделирование имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и моделирование имеют грубые ошибки – 4 балла; - задание не выполнено – 0 баллов. Максимальное количество баллов –12. Весовой коэффициент мероприятия - 12. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60%. Незачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60%.	зачет
4	3	Текущий контроль	Контрольное задание 4	12	12	Контрольное мероприятие осуществляется после изучения разделов 4-7. Студенту дается задание. В соответствии с заданием студенту	зачет

					необходимо выполнить расчётную часть и провести компьютерное моделирование рассчитанной системы управления. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019г. № 179): - расчет, моделирование и оформление результатов расчета и моделирования выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, есть недочеты при оформлении результатов –10 баллов; - расчет имеет недочеты, моделирование выполнено верно – 8 баллов; - расчет и моделирование имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и моделирование имеют грубые ошибки – 4 балла; - задание не выполнено – 0 баллов. Максимальное количество баллов –12. Весовой коэффициент мероприятия - 12. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60%. Незачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60%.		
5	3	Текущий контроль	Контрольное задание 5	12	12	Контрольное мероприятие осуществляется после изучения разделов 4-7. Студенту дается задание. В соответствии с заданием студенту необходимо выполнить расчётную часть и провести компьютерное моделирование рассчитанной системы управления. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019г. № 179): - расчет, моделирование и оформление результатов расчета и моделирования выполнены верно – 12 баллов; - расчет выполнен верно, есть недочеты при оформлении результатов –10 баллов; - расчет имеет недочеты, моделирование выполнено верно – 8 баллов; - расчет и моделирование имеют недочеты – 6 баллов; - расчет и моделирование имеют грубые ошибки – 4 балла; - задание не выполнено – 0 баллов. Максимальное количество баллов –12. Весовой коэффициент мероприятия - 12. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60%. Незачтено:	зачет

					рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60%.	
6	3	Промежуточная аттестация	Мероприятие промежуточной аттестации в виде зачёта (письменный опрос)	-	40	зачет

Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время сдачи зачета. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019г. No179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 5 вопросов в билете. Время, отведенное на опрос - 40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 8 баллам. Частично правильный ответ соответствует 5 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 40. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40. Зачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине больше или равен 60%. Незачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине менее 60%.

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Промежуточная аттестация включает в себя письменный опрос. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится во время сдачи зачета. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019г. No179). Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Письменный опрос из 5 вопросов в билете. Время, отведенное на опрос - 40 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует 8 баллам. Частично правильный ответ соответствует 5 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – 40. Весовой коэффициент мероприятия - 40. Зачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине больше или равен 60%. Незачтено: рейтинг обучающегося по дисциплине менее 60%	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
ОПК-1	Знает: физические принципы взаимодействия жесткого или упругого корпуса летательного аппарата с автоматом стабилизации; математические принципы формирования требований к автомату стабилизации изделий	+	+	+	+	+	+
ОПК-1	Умеет: составлять уравнения движения, находить частотные характеристики из условия устойчивости движения и параметров объекта регулирования, устанавливать ограничения на автомат стабилизации	+	+	+	+	+	+
ОПК-1	Имеет практический опыт: исследования устойчивости замкнутых систем автоматического регулирования	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Разыграев, А. П. Основы управления полетом космических аппаратов Учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 475 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. 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:

Не предусмотрены

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.
2. 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
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

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

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. 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

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Абрамов, И.П. Ракетно-космическая 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.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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.

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

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
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.
Практические занятия и семинары	110 (2)	Компьютерный класс с установленным свободным программным обеспечением (Scilab - программа для построения математических моделей расчетов устойчивости и управляемости ЛА).