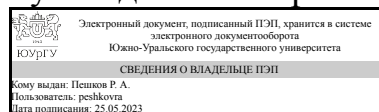


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



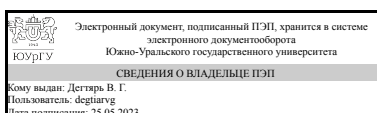
Р. А. Пешков

## 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

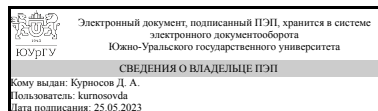
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика, утверждённым приказом Минобрнауки от 05.02.2018 № 84

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;<br>математические принципы формирования требований к автомату стабилизации изделий<br>Умеет: составлять уравнения движения, находить частотные характеристики из условия устойчивости движения и параметров объекта регулирования, устанавливать ограничения на автомат стабилизации<br>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 |
|---|---|
| 1.О.09 Математическое моделирование процессов и систем ракетно-космической техники,<br>ФД.02 Акустика летательных аппаратов | Не предусмотрены                            |

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

| Дисциплина   | Требования  |
|--|---|
| 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 |
| 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   |

#### 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                      |

|  |       |       |
|--|-------|-------|
| 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 автомату стабилизации        | 2            |
| 10       | 10        | Физические аспекты влияния колебаний жидкости в баках на устойчивость                                 | 3            |

|  |  |           |  |
|--|--|-----------|--|
|  |  | движения. |  |
|--|--|-----------|--|

## 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                   |  |         |              |
|----------------------------------|--|---------|--------------|
| 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/767">https://e.lanbook.com/book/767</a> . — 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: <a href="http://e.lanbook.com/book/63259">http://e.lanbook.com/book/63259</a> — 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 |

## 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. 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
2. Павлюк Ю.С. Основы устойчивости движения баллистических ракет с жестким корпусом: Учебное пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 53 с.
3. 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

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. 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
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

### 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: <a href="http://e.lanbook.com/book/63259">http://e.lanbook.com/book/63259</a> — 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/767">https://e.lanbook.com/book/767</a> . — 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).  |