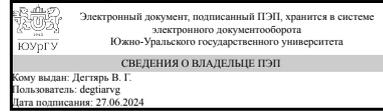


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



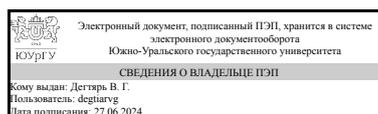
В. Г. Дегтярь

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.01 Динамика полета летательных аппаратов  
для направления 24.03.04 Авиастроение  
уровень Бакалавриат  
профиль подготовки Беспилотные летательные аппараты  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Летательные аппараты

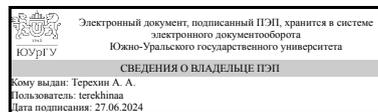
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.04 Авиастроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 05.02.2018 № 81

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



А. А. Терехин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Ознакомить студентов с методами исследований и расчетами движения летательных аппаратов в атмосфере и космическом пространстве.

## Краткое содержание дисциплины

Цели и задачи курса. Системы координат определения положения и движение летательного аппарата в пространстве. Силы и моменты в полете. Уравнения движения. Эллиптическая теория полета. Баллистические расчеты.

## 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: математические модели динамики полета летательных аппаратов; основные сведения об устойчивости движения летательных аппаратов<br>Умеет: составлять уравнения движения и рассчитывать динамические характеристики устойчивости и управляемости летательных аппаратов<br>Имеет практический опыт: расчета динамических характеристик управляемости летательных аппаратов |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана  | Перечень последующих дисциплин, видов работ   |
|--|---|
| Устройство летательных аппаратов, Метрология, стандартизация и сертификация, Основы теории полета летательных аппаратов, Производственная практика (научно-исследовательская работа) (4 семестр) | Проектирование авиационных конструкций, Электрооборудование летательных аппаратов, Компьютерный инженерный анализ конструкций авиационной и ракетной техники, Технология сборки и испытаний летательных аппаратов, Системы управления летательными аппаратами, Исполнительные устройства летательных аппаратов, Производственная практика (преддипломная) (8 семестр) |

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

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

|  |  |
|--|--|
|  | <p>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</p>   |
| <p>Основы теории полета летательных аппаратов</p>                              | <p>Знает: общую теорию движения летательных аппаратов различных типов и назначения в воздухе под воздействием внешних сил Умеет: проводить исследование влияния физических условий внешней среды и технических характеристик летательных аппаратов; создавать алгоритмы проектирования летательных аппаратов применительно к решению конкретных целевых задач Имеет практический опыт: расчета баллистических характеристик летательных аппаратов</p>  |
| <p>Метрология, стандартизация и сертификация</p>                               | <p>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</p> |
| <p>Производственная практика (научно-исследовательская работа) (4 семестр)</p> | <p>Знает: системы и методы проектирования авиационной и ракетно-космической техники; методики проведения расчетов при конструировании летательных аппаратов Умеет: вносить технические данные в облачную корпоративную систему для всесторонней оценки, проработки и корректировки в режиме реального времени, актуализировать ее Имеет практический опыт: разработки математических моделей реальных явлений и процессов, описывающих функционирование проектируемых составных частей, изделий авиационной и ракетно-космической техники</p>  |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 5                                  |  |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 108         | 108                                |  |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 48          | 48                                 |  |
| Лекции (Л)   | 32          | 32                                 |  |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16          | 16                                 |  |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 0           | 0                                  |  |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 51,5        | 51,5                               |  |
| Самостоятельная работа "Определение параметров движения ЛА"                | 31,5        | 31,5                               |  |
| Подготовка к экзамену  | 20          | 20                                 |  |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 8,5         | 8,5                                |  |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | экзамен                            |  |

#### 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|-----------|---|---|---|----|----|
|           |   | Всего                                     | Л | ПЗ | ЛР |
| 1         | Цели и задачи курса. Роль российских и зарубежных ученых в решении задач развития теории.         | 2   | 2 | 0  | 0  |
| 2         | Координаты, определяющие положение ЛА в пространстве  | 6   | 4 | 2  | 0  |
| 3         | Силы и моменты, действующие на ЛА в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде. | 6   | 4 | 2  | 0  |
| 4         | Теория горизонтального полета.  | 6   | 4 | 2  | 0  |
| 5         | Алгоритмы решения дифференциальных уравнений движения.  | 10  | 6 | 4  | 0  |
| 6         | Метод тяг Жуковского.   | 6   | 4 | 2  | 0  |
| 7         | Особенности взлета и посадки.   | 6   | 4 | 2  | 0  |
| 8         | Особенности системы управления беспилотным ЛА.  | 6   | 4 | 2  | 0  |

##### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                   | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1        | 1         | Цели и задачи курса. Роль российских и зарубежных ученых в решении задач развития теории. | 2            |
| 2        | 2         | Координаты, определяющие положение ЛА в пространстве                                      | 2            |
| 3        | 2         | Координаты, определяющие положение ЛА в пространстве                                      | 2            |
| 4        | 3         | Силы и моменты, действующие на ЛА в полете. Уравнения движения тел                        | 2            |

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
|    |   | переменной массы в общем виде.  |   |
| 5  | 3 | Силы и моменты, действующие на ЛА в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде. | 2 |
| 6  | 4 | Теория горизонтального полета.  | 2 |
| 7  | 4 | Теория горизонтального полета.  | 2 |
| 8  | 5 | Алгоритмы решения дифференциальных уравнений движения.  | 2 |
| 9  | 5 | Алгоритмы решения дифференциальных уравнений движения.  | 2 |
| 10 | 5 | Алгоритмы решения дифференциальных уравнений движения.  | 2 |
| 11 | 6 | Метод тяг Жуковского.   | 2 |
| 12 | 6 | Метод тяг Жуковского.   | 2 |
| 13 | 7 | Особенности взлета и посадки.   | 2 |
| 14 | 7 | Особенности взлета и посадки.   | 2 |
| 15 | 8 | Особенности системы управления беспилотного ЛА.   | 2 |
| 16 | 8 | Особенности системы управления беспилотного ЛА.   | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара                               | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1         | 2         | Координаты, определяющие положение ЛА в пространстве.   | 2            |
| 2         | 3         | Силы и моменты, действующие на ЛА в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде. | 2            |
| 3         | 4         | Теория горизонтального полета.  | 2            |
| 4         | 5         | Алгоритмы решения дифференциальных уравнений описывающих движение ЛА                              | 2            |
| 5         | 5         | Алгоритмы решения дифференциальных уравнений описывающих движение ЛА                              | 2            |
| 6         | 6         | Аналитическое решение горизонтального полета  | 2            |
| 7         | 7         | Особенности взлета и посадки.   | 2            |
| 8         | 8         | Особенности системы управления беспилотного ЛА.   | 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 |
| Самостоятельная работа "Определение параметров движения ЛА" | 1. Баллистическая ракета подводных лодок UGM-96A Trident-1 С-4 // Ракетная техника URL: <a href="https://missilery.info/missile/trident1">https://missilery.info/missile/trident1</a> (дата обращения: 02.04.2021). 2. Сидельников Р.В. Теория полета: Краткий конспект лекций. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 73 с. 3. Аэродинамика тел простейших форм. – М: Физматлит, 1998. | 5       | 31,5         |

|                       |   |   |    |
|-----------------------|---|---|----|
|                       | <p>– 428 с. 4. Лемешонок Т. Ю., Сизова А. А., Баранов Н. Е., Санников В. А. Математические модели динамики движения летательных аппаратов: учебное пособие. ISBN 978-5-907324-08-4. 5. Фролов А. Д. Параметрическое проектирование, расчет и исследование траекторий движения баллистических ракет с твердотопливными двигательными установками: Учебное пособие. ISBN 978-5-88151-723 6. Мануйленко В. Г., Удин Е. Г. Теоретические основы крылатых управляемых ракет: Учебное пособие. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.</p>   |   |    |
| Подготовка к экзамену | <p>1. Баллистическая ракета подводных лодок UGM-96A Trident-1 C-4 // Ракетная техника URL: <a href="https://missilery.info/missile/trident1">https://missilery.info/missile/trident1</a> (дата обращения: 02.04.2021). 2. Сидельников Р.В. Теория полета: Краткий конспект лекций. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 73 с. 3. Аэродинамика тел простейших форм. – М: Физматлит, 1998. – 428 с. 4. Лемешонок Т. Ю., Сизова А. А., Баранов Н. Е., Санников В. А. Математические модели динамики движения летательных аппаратов: учебное пособие. ISBN 978-5-907324-08-4. 5. Фролов А. Д. Параметрическое проектирование, расчет и исследование траекторий движения баллистических ракет с твердотопливными двигательными установками: Учебное пособие. ISBN 978-5-88151-723 6. Мануйленко В. Г., Удин Е. Г. Теоретические основы крылатых управляемых ракет: Учебное пособие. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.</p> | 5 | 20 |

## **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    | 5        | Текущий контроль | Задание №1                        | 1   | 100        | <p>Контрольная точка состоит из 1 задания.</p> <p>100 баллов: выставляется за выполненную работу, которая полностью соответствует заданию, отчет имеет логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями. При защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы.</p> <p>80 баллов: выставляется за выполненную работу, которая полностью соответствует заданию, отчет имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями.</p> <p>60 баллов: выставляется за отчет по работе, которая не полностью соответствует заданию, отчет имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, но имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения.</p> <p>40 баллов: выставляется за работу по контрольной точке, которая не соответствует заданию, отчет не имеет анализа, не отвечает требованиям. В работе нет выводов либо они носят декларативный характер.</p> <p>менее 40 баллов: выставляется за работу по контрольной точке, которая не соответствует заданию, отчет не имеет анализа. В работе присутствуют грубые ошибки.</p> | экзамен          |
| 2    | 5        | Текущий контроль | Задание №2                        | 1   | 100        | <p>Контрольная точка состоит из 1 задания.</p> <p>100 баллов: выставляется за выполненную работу, которая полностью соответствует заданию, отчет имеет логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями. При защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает</p>   | экзамен          |

|   |   |                  |            |   |     |  |         |
|---|---|------------------|------------|---|-----|--|---------|
|   |   |                  |            |   |     | <p>на поставленные вопросы.<br/>80 баллов: выставляется за выполненную работу, которая полностью соответствует заданию, отчет имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями.<br/>60 баллов: выставляется за отчет по работе, которая не полностью соответствует заданию, отчет имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, но имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения.<br/>40 баллов: выставляется за работу по контрольной точке, которая не соответствует заданию, отчет не имеет анализа, не отвечает требованиям. В работе нет выводов либо они носят декларативный характер.<br/>менее 40 баллов: выставляется за работу по контрольной точке, которая не соответствует заданию, отчет не имеет анализа. В работе присутствуют грубые ошибки.</p> |         |
| 3 | 5 | Текущий контроль | Задание №3 | 1 | 100 | <p>Контрольная точка состоит из 1 задания.<br/>100 баллов: выставляется за выполненную работу, которая полностью соответствует заданию, отчет имеет логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями. При защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы.<br/>80 баллов: выставляется за выполненную работу, которая полностью соответствует заданию, отчет имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями.<br/>60 баллов: выставляется за отчет по работе, которая не полностью соответствует заданию, отчет имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, но</p>   | экзамен |

|   |   |                          |                      |   |  |   |         |
|---|---|--------------------------|----------------------|---|--|---|---------|
|   |   |                          |                      |   | имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения.<br>40 баллов: выставляется за работу по контрольной точке, которая не соответствует заданию, отчет не имеет анализа, не отвечает требованиям. В работе нет выводов либо они носят декларативный характер.<br>менее 40 баллов: выставляется за работу по контрольной точке, которая не соответствует заданию, отчет не имеет анализа. В работе присутствуют грубые ошибки. |   |         |
| 4 | 5 | Промежуточная аттестация | Устная защита знаний | - | 100  | Контрольная точка состоит из устного опроса (беседы).<br>100 баллов: выставляется за полностью отвеченный вопрос, логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями. При защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы.<br>80 баллов: выставляется если студент грамотно излагает теорию, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями.<br>60 баллов: выставляется за ответ, который не полностью соответствует вопросу, просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения.<br>40 баллов: выставляется за ответ, который не соответствует вопросу, не имеет анализа, не отвечает требованиям.<br>менее 40 баллов: выставляется за ответ, который не соответствует вопросу, в ответе присутствуют грубые ошибки. | экзамен |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения   | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|--|---|
| экзамен                      | На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | 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 %. |  |
|--|---|--|

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения  | № КМ |   |   |   |
|-------------|--|------|---|---|---|
|             |  | 1    | 2 | 3 | 4 |
| ПК-1        | Знает: математические модели динамики полета летательных аппаратов; основные сведения об устойчивости движения летательных аппаратов | +    | + | + | + |
| ПК-1        | Умеет: составлять уравнения движения и рассчитывать динамические характеристики устойчивости и управляемости летательных аппаратов   | +    | + | + | + |
| ПК-1        | Имеет практический опыт: расчета динамических характеристик управляемости летательных аппаратов                                      | +    | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Феодосьев, В. И. Основы техники ракетного полета [Текст] Учеб. пособие для втузов В. И. Феодосьев. - М.: Наука, 1979. - 494 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Остославский, И. В. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов [Текст] Учебник для вузов И. В. Остославский, И. В. Стражева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1969. - 499 с. ил.

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

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Сидельников Р.В. Траекторные параметры движения летательных аппаратов и их исследования на ЭВМ: Учебное пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005 г. – 136 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

### Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)

3. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(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 |
|---------------------------------|------------|--|
| Практические занятия и семинары | 104<br>(2) | ПК, класс ПК, доска  |
| Лекции                          | 308<br>(2) | мультимедиа, компьютер   |