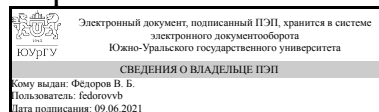


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Аэрокосмический



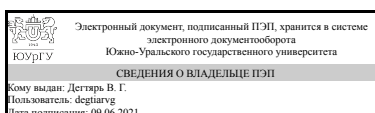
В. Б. Фёдоров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** ДВ.1.05.02 Баллистика ракет  
**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

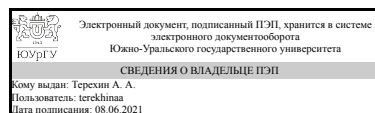
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утверждённым приказом Минобрнауки от 01.12.2016 № 1517

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



В. Г. Дегтярь

Разработчик программы,  
к.техн.н., 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. Роль ученых. Системы координат определения положения и движение ракеты в пространстве. Силы и моменты в полете. Уравнения движения. Эллиптическая теория полета. Баллистические расчеты. Особенности движения космических аппаратов.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)   |
|---|--|
| ПК-2 способностью анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники | Знать: Основные тенденции и направления развития теории полета, научно-технические проблемы и перспективы развития в области теории полета, их взаимосвязь со смежными областями (аэродинамика, прочность, конструирование и проектирование), объекты, явления и процессы в динамике полета, методы их научного исследования.  |
|   | Уметь: Уметь использовать методы инженерных и теоретических расчетов, типовые и авторские методики инженерных расчетов динамики полета ракет и аппаратов (в том числе с применением вычислительной техники), специальную литературу и другие информационные данные (в том числе на иностранных языках) для решения профессиональных задач; методы моделирования, расчета и экспериментальных исследований для разработки новых летательных аппаратов, а также методов обработки экспериментальных данных и оценки погрешностей расчетов. |
|   | Владеть: Методами расчета движений по траекториям в воздушных и безвоздушных пространствах со сверхзвуковыми и гиперзвуковыми скоростями.  |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана                          | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|--|---|
| Б.1.05.02 Математический анализ,<br>ДВ.1.07.01 Численные методы в проектировании<br>ЛА | Не предусмотрены                            |

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

| Дисциплина                                      | Требования  |
|---|---|
| Б.1.05.02 Математический анализ                 | Решение систем дифференциальных уравнений полных и частных производных. Использование рядов тригонометрических и Тейлора в вычислениях. |
| ДВ.1.07.01 Численные методы в проектировании ЛА | Решение задач траекторного движения в плоской и трехмерной постановках.   |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч.

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 6                                  |  |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 180         | 180                                |  |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 80          | 80                                 |  |
| Лекции (Л)   | 32          | 32                                 |  |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 48          | 48                                 |  |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 0           | 0                                  |  |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 100         | 100                                |  |
| Подготовка к экзамену  | 20          | 20                                 |  |
| Курсовая работа "Расчет параметров траектории БРДД"                        | 80          | 80                                 |  |
| Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                         | -           | экзамен, КР                        |  |

#### 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 ракеты в пространстве   | 10  | 4 | 6  | 0  |
| 3         | Силы и моменты, действующие на ракету в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде.    | 14  | 4 | 10 | 0  |
| 4         | Теория свободного полета тел в космическом пространстве при отсутствии атмосферы (эллиптическая теория). | 14  | 4 | 10 | 0  |
| 5         | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения.                           | 18  | 6 | 12 | 0  |
| 6         | Рассеивание по дальности баллистических ракет и способы уменьшения рассеивания. Выбор программы.         | 6   | 4 | 2  | 0  |
| 7         | Особенности движения космических аппаратов (КА). Проблемы спуска КА на поверхность планеты.              | 8   | 4 | 4  | 0  |

|   |                                      |   |   |   |   |
|---|--------------------------------------|---|---|---|---|
| 8 | Особенности движения крылатых ракет. | 8 | 4 | 4 | 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 ракеты в пространстве   | 2            |
| 3        | 2         | Координаты, определяющие положение ракеты в пространстве   | 2            |
| 4        | 3         | Силы и моменты, действующие на ракету в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде.    | 2            |
| 5        | 3         | Силы и моменты, действующие на ракету в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде.    | 2            |
| 6        | 4         | Теория свободного полета тел в косми-ческом пространстве при отсутствии атмосферы (эллиптическая теория) | 2            |
| 7        | 4         | Теория свободного полета тел в косми-ческом пространстве при отсутствии атмосферы (эллиптическая теория) | 2            |
| 8        | 5         | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения                            | 2            |
| 9        | 5         | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения                            | 2            |
| 10       | 5         | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения                            | 2            |
| 11       | 6         | Рассеивание по дальности баллистических ракет и способы уменьшения рассеивания. Выбор программы          | 2            |
| 12       | 6         | Рассеивание по дальности баллистических ракет и способы уменьшения рассеивания. Выбор программы          | 2            |
| 13       | 7         | Особенности движения космических аппаратов (КА). Проблемы спуска КА на поверхность планеты               | 2            |
| 14       | 7         | Особенности движения космических аппаратов (КА). Проблемы спуска КА на поверхность планеты               | 2            |
| 15       | 8         | Особенности движения крылатых ракет.   | 2            |
| 16       | 8         | Особенности движения крылатых ракет.   | 2            |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара                                   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1         | 2         | Координаты, определяющие положение ракеты в пространстве.   | 2            |
| 2         | 2         | Координаты, определяющие положение ракеты в пространстве  | 2            |
| 3         | 2         | Координаты, определяющие положение ракеты в пространстве.   | 2            |
| 4         | 3         | Силы и моменты, действующие на ракету в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде. | 2            |
| 5         | 3         | Силы и моменты, действующие на ракету в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде. | 2            |
| 6         | 3         | Силы и моменты, действующие на ракету в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде. | 2            |
| 7         | 3         | Силы и моменты, действующие на ракету в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде. | 2            |

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
| 8  | 3 | Силы и моменты, действующие на ракету в полете. Уравнения движения тел переменной массы в общем виде.     | 2 |
| 9  | 4 | Теория свободного полета тел в косми-ческом пространстве при отсутствии атмосферы (эллиптическая теория). | 2 |
| 10 | 4 | Теория свободного полета тел в косми-ческом пространстве при отсутствии атмосферы (эллиптическая теория). | 2 |
| 11 | 4 | Теория свободного полета тел в косми-ческом пространстве при отсутствии атмосферы (эллиптическая теория). | 2 |
| 12 | 4 | Теория свободного полета тел в косми-ческом пространстве при отсутствии атмосферы (эллиптическая теория). | 2 |
| 13 | 4 | Теория свободного полета тел в косми-ческом пространстве при отсутствии атмосферы (эллиптическая теория). | 2 |
| 14 | 5 | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения                             | 2 |
| 15 | 5 | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения.                            | 2 |
| 16 | 5 | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения                             | 2 |
| 17 | 5 | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения                             | 2 |
| 18 | 5 | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения                             | 2 |
| 19 | 5 | Баллистические расчеты управляемых ракет дальнего действия. Алгоритмы решения                             | 2 |
| 20 | 6 | Рассеивание по дальности баллистических ракет и способы уменьшения рассеивания. Выбор программы.          | 2 |
| 21 | 7 | Особенности движения космических аппаратов (КА). Проблемы спуска КА на поверхность планеты.               | 2 |
| 22 | 7 | Особенности движения космических аппаратов (КА). Проблемы спуска КА на поверхность планеты.               | 2 |
| 23 | 8 | Особенности движения крылатых ракет.  | 2 |
| 24 | 8 | Особенности движения крылатых ракет.  | 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 |
| Подготовка к экзамену                               | Основная и дополнительная литература   | 20           |
| Курсовая работа "Расчет параметров траектории БРДД" | Сидельников Р.В. Траекторные параметры движения летательных аппаратов и их исследования на ЭВМ: Учебное пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005 г. – 136 с. | 80           |

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

| Инновационные формы учебных занятий | Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)          | Краткое описание   | Кол-во ауд. часов |
|-------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------|
| Интерактивный метод обучения.       | Практические занятия и семинары | - пробуждение интереса у студентов к дисциплине и самообразованию; - формирование у студентов собственного мнения и умения отстаивать свои позиции; - формирование социальных и профессиональных навыков; - эффективное усвоение преподаваемого материала; - самостоятельный поиск студентами путей и вариантов решения поставленной задачи, также обоснование принятого решения; - установление активно-взаимодействия между студентами, обучение работы в команде; - формирование уровня осознанной компетентности студента. | 6                 |

### 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                      | ПК-2 способностью анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники | Экзамен                        | 1-27       |
| Все разделы                      | ПК-2 способностью анализировать состояние и перспективы развития как ракетной и ракетно-космической техники в целом, так и ее отдельных направлений, создавать математические модели функционирования объектов ракетной и ракетно-космической техники | курсовая работа                | 1-12       |

#### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

| Вид контроля | Процедуры проведения и оценивания  | Критерии оценивания  |
|--------------|--|--|
| Экзамен      | Письменные ответы на вопросы в билете в аудитории в течении 1 часа. В билете 3 вопроса: два теоретических и одна задача, | Отлично: Ответ на все контрольные вопросы<br>Хорошо: Ответ на 3/4 вопросов<br>Удовлетворительно: Ответ на 1/2 вопросов |

|                 |   |   |
|-----------------|---|---|
|                 | не совпадающая по тематике с вопросами.   | Неудовлетворительно: Ответ менее 1/2 вопросов   |
| курсовая работа | Проверяется правильность полученных результатов при выполнении работы для всех трех участков траектории. При этом оценивается качество и правильность ответов на задаваемые вопросы по данной работе. | Отлично: Выполнены все требования к получению результатов расчетов. Приведены теоретические зависимости для вычислений, сделаны ссылки на литературу и представлено заключение.<br>Хорошо: Допущены некоторые неточности в результатах расчетов и в прочих требованиях к заданию.<br>Удовлетворительно: При отсутствии или некачественных ответах на некоторые вопросы (до 10%).<br><br>Неудовлетворительно: При невыполнении требований к заданию свыше 10%. |

### 7.3. Типовые контрольные задания

| Вид контроля    | Типовые контрольные задания  |
|-----------------|--|
| Экзамен         | 1. Теорема косинусов в сферической тригонометрии (формулировка). 2. Теорема синусов в сферической тригонометрии (формулировка). 3. Зависимость ускорения свободного падения от высоты положения тела над поверхностью земли. 4. Кориолисово ускорение. Когда его необходимо учитывать? 5. Влияние кориолисова ускорения на дальность стрельбы и боковое отклонение. 6. Связанная и поточная система координат (СК). Переход из одной в другую. 7. Геоцентрическая и земная система координат. Переход из одной в другую. 8. Стартовая СК и связанная; поточная и земная. 9. Изменение температуры $T$ и давления в атмосфере (зависимости и анализ изменения по высоте $h$ ). 10. Зависимость аэродинамических коэффициентов ЛА от чисел $M$ , $Re$ ; угла атаки $\alpha$ при малых и больших их изменениях по траектории. 11. Зависимости управляющих сил и моментов от угла отклонения управляющих органов. 12. Демпфирующие моменты и их определение: а – внешние, б – внутренние. 13. Дифференциальное уравнение поступательного движения ЛА в проекции на касательную к траектории. 14. Решение дифференциального уравнения поступательного движения на активном участке при $\alpha = 0$ . 15. Решение дифференциального уравнения углового движения ЛА вокруг оси, перпендикулярной плоскости траектории для баллистической ракеты. 16. Программа для угла тангажа и ее формирование для баллистической ракеты. 17. Записать зависимость изменения скорости полета на эллиптическом участке траектории в зависимости от высоты положения ЛА. Пояснить. 18. Записать уравнение траектории для движения ЛА на эллиптическом участке. 19. Как определяется дальность полета ЛА на эллиптическом участке? 20. Определение времени и высоты при движении на эллиптическом участке. 21. Основные соотношения оптимальных параметров движения ЛА по траектории. Их смысл. 22. Зависимости, связывающие абсолютные значения вектора скорости движения ЛА по траектории и относительные. 23. Как определяется скорость движения объекта на конечном атмосферном участке траектории (КАУТ) с помощью аналитических зависимостей. 24. Определение перегрузки при движении на КАУТ и ее максимального значения. 25. Понятия круговой и характеристической скоростей. 26. Период обращения по круговой и эллиптическим орбитам. 27. Скорости и перегрузки при спуске тел с орбиты. |
| курсовая работа | В соответствии с типовым контрольным заданием необходимо провести расчеты параметров траектории для активного, эллиптического и конечного атмосферного участков по индивидуальным заданиям. Для каждого варианта задания указываются в качестве исходных данных массовые характеристики ракеты и тяговые характеристики  |

## 8. 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. Мирер, С. А. Механика космического полета. Орбитальное движение Текст учеб. пособие С. А. Мирер. - М.: Резолит, 2007. - 267 с. ил.
2. Ганин, М. П. Динамика полета баллистических ракет Учеб. пособие для слушателей М. П. Ганин; Воен.-мор. акад.; Воен.-мор. акад. - Л.: Б. И., 1973. - 331 с. ил.
3. Динамика полета [Текст] учебник для вузов по направлению 652500 "Гидроаэродинамика и динамика полета" А. В. Ефимов и др.; под ред. Г. С. Бюшгенса. - М.: Машиностроение, 2011. - 775 с.
4. 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.
5. Баллистика и навигация космических аппаратов Учебник. - М.: Машиностроение, 1986. - 296 с.
6. Баллистика и навигация ракет Учебник Под ред. А. А. Дмитриевского. - М.: Машиностроение, 1985. - 309 с. ил.

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

#### 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

| № | Вид литературы      | Наименование разработки   | Наименование ресурса в электронной форме          | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---|---------------------|---|---|---|
| 1 | Основная литература | Дмитриевский, А.А. Внешняя баллистика: Учебник для студентов вузов. [Электронный ресурс] / А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лысенко. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2005. — 608 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/767">http://e.lanbook.com/book/767</a> — Загл. с экрана. | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Интернет / Авторизованный   |



|   |                     |   |   |                           |
|---|---------------------|---|---|---------------------------|
| 2 | Основная литература | Сихарулидзе, Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 410 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/70701">http://e.lanbook.com/book/70701</a> — 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 | 114-1 (2) | Расчет траекторных параметров БР по программе "Баллистика"   |