

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Направление/специальность подготовки	24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровые технологии проектирования и конструирования ракетных систем
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	зач.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

### 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Лемешонок Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-1**

*знания:*

знать основы теории полета;

знать методы расчета траектории полета ракет;

знать методы наведения летательных аппаратов различных типов;

знать типовые траектории летательных аппаратов различных типов;

*умения:*

выбрать и конкретизировать соответствующую задаче исследования модель управляемого движения ЛА;

использовать методические приемы упрощения моделей движения ЛА;

рассчитывать траектории полета ЛА;

*навыки:*

использования аналитических и численных методов для расчёта траекторий ЛА.

### **ОПК-5**

*знания:*

принципов построения математических моделей;

особенностей различных задач управления;

*умения:*

использовать математические модели управляемых летательных аппаратов при решении задач проектирования ЛА и синтеза их систем управления;

разрабатывать алгоритмы и методы численного решения инженерных задач в области динамики, баллистики и управления полетом ЛА;;

*навыки:*

владеть основными методами анализа и синтеза математических моделей динамики ЛА и систем управления ЛА различных типов;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРИБОРЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, СИНТЕЗ РАКЕТНЫХ СИСТЕМ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-7 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ПК-93 — Способен генерировать новые идеи для решения задач цифровой экономики, абстрагироваться от стандартных моделей, перестраивать сложившиеся способы решения задач, выдвигать альтернативные варианты действий с целью выработки новых оптимальных алгоритмов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-5
3	6	Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов. 1.1. Состав математической модели движения ЛА. Основные законы механики, используемые при составлении модели движения тела переменной массой. 1.2. Системы координат, используемые при описании движения ЛА. Связь между системами координат.	12	6	4	2	6	20	10
3	6	Раздел 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения ЛА. 2.1. Кинематические соотношения, определяющие положение ЛА при старте с неподвижного носителя.	8	2	2	0	6	10	10
3	6	Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя. 3.1. Силы и моменты, действующие на ЛА. Выражения для проекций сил и моментов на различные координатные оси. 3.2. Уравнения поступательного движения ЛА в пространстве. Понятие о маневренности. 3.3. Уравнения вращательного движения ЛА в пространстве. 3.4. Система уравнений пространственного движения ЛА при закрепленных рулях, анализ этой системы. Методы упрощения. Программные движения. 3.5. Учет влияния постоянного ветра в уравнениях движения ЛА. Уравнения продольного движения ЛА с учетом влияния ветра.	31	16	10	6	15	30	20
3	6	Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-управляемых ЛА. 4.1 Математическая постановка задачи расчета идеальной траектории ЛА. Расчет траектории неуправляемых реактивных снарядов ближнего действия. Система уравнений, алгоритмы и методы расчета. 4.2. Расчет активного участка траектории баллистических ракет (БР) и ракет-носителей космических ЛА (КЛА). Программная траектория, требования к программе, постановка задачи выбора оптимальной программы. Особенности программы для двух и более ступенчатых ракет. 4.3. Расчет пассивного участка траектории БР и ракет-носителей КЛА. Эллиптическая теория. 1-ая и 2-ая космические скорости. Дальность и время полета БР. Оптимальный угол бросания в условиях допущений эллиптической теории. 4.4. Задача управления дальностью БР. Простейшие функционалы.	35	20	14	6	15	20	30
3	6	Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА. 5.1. Кинематический метод анализа траекторий. Классификация методов наведения. Требования к методам наведения. Уравнения для расчета траектории методов наведения двухточечного типа. Формулы промаха ракеты для методов наведения двухточечного типа. 5.2. Уравнения для расчета траектории методов наведения трехточечного типа. Сравнительный анализ. Уравнения для расчета траектории методов наведения трехточечного типа. Понятие динамической ошибки наведения.	22	7	4	3	15	20	30
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов.	Связь между системами координат. Направляющие косинусы. Вывод формул для направляющих косинусов.	2
2	Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.	Вывод уравнений движения жесткого ЛА в пространстве с использованием координатных систем.	2
3		Расчет траектории неуправляемых реактивных ЛА малой дальности. Алгоритм расчета. Методические указания по написанию программы расчета в среде Matlab.	2
4		Методика линеаризации уравнений.	2
5	Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-	Расчет программной траектории активного участка баллистической ракеты при заданном законе угла	2

	управляемых ЛА.	возвышения. Методические указания по написанию программы расчета в среде Matlab.	
6	Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА.	Использование формул эллиптической теории для расчета параметров движения БР на пассивном участке. Решаются задачи определения параметров движения БР и искусственного спутника Земли с использованием формул эллиптической теории.	2
7		Определение географических координат точки падения БР.	2
8		Наведение телеуправляемого ЛА по методу трех точек. Методические указания по написанию программы расчета в среде Matlab.	1
9		Примеры расчета кинематических траекторий для различных методов наведения в частном случае движения цели: скорость цели постоянна, угол возвышения равен 180град.	2
Всего за 6 семестр			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	6
2	Раздел 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения ЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	6
3	Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Расчет траектории неуправляемых реактивных ЛА малой дальности. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	15
4	Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-управляемых ЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Расчет программной траектории активного участка баллистической ракеты при заданном законе угла возвышения. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	15
5	Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Наведение телеуправляемого ЛА по методу трех точек. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	15
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>57</b>

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6				ТекК		ДР	Отч. по ПЗ	Контр.Р.	ТекК	ДР	Отч. по ПЗ			ТекК	Отч. по ПЗ	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- зач. – зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
2. Л. Н. Лысенко. . Наведение баллистических ракет. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, эл. рес.
3. Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018, эл. рес.
4. О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 50 экз.
5. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 46 экз.
6. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
7. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 45 экз.
8. Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.
9. Ф. К. Неупокоев. . Стрельба зенитными ракетами. М.: Воениздат, 1991, 12 экз.
10. Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов. М.: Лаборатория знаний, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
4. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

ОПК-5 Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами построения математической модели движения ЛА, основ теории полета, расчета траекторий полета ракет различных классов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1) Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: Лаборатория знаний, 2020 (1) Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1)	6
Итого по разделу 1		6
<b>Раздел 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения ЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе.	Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1) Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение	6

	летательных аппаратов: М.: Лаборатория знаний, 2020 (1)	
Итого по разделу 2		6
<b>Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Расчет траектории неуправляемых реактивных ЛА малой дальности. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	Л. Н. Лысенко. . Внешняя баллистика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018 (1,2) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова, Н. Е. Баранов. . Математические модели динамики движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (2) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (1) Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: Лаборатория знаний, 2020 (1)	15
Итого по разделу 3		15
<b>Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-управляемых ЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Расчет программной траектории активного участка баллистической ракеты при заданном законе угла возвышения. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (2,3,4) Ю. Г. Сихарулидзе. . Баллистика и наведение летательных аппаратов: М.: Лаборатория знаний, 2020 (2) Л. Н. Лысенко. . Наведение баллистических ракет: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (5) В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (1,2) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (2,3,4)	15
Итого по разделу 4		15
<b>Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Наведение телеуправляемого ЛА по методу трех точек. Написание программы расчета в среде Matlab. Оформление отчетов по практическим заданиям.	Ф. К. Неупокоев. . Стрельба зенитными ракетами: М.: Воениздат, 1991 (2) Т. Ю. Лемешонок, А. А. Сизова. . Траекторные задачи в динамике движения летательных аппаратов:	15

	СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (5) О. А. Толпегин, В. М. Кашин, В. Г. Новиков. . Математические модели систем наведения ракет: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (1,4) В. А. Санников, А. Г. Юрескул. . Основные принципы расчёта траектории летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)	
Итого по разделу 5		15

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- контрольная работа;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы для текущего контроля

Студенту предлагается 3 вопроса по результатам прохождения раздела, на которые необходимо дать правильный ответ. Вопросы для текущего контроля приведены в УМК дисциплины.

#### Отчет по практическому заданию

Комплект практических заданий входит в состав УМК дисциплины.

Практическое задание (ПЗ) считается выполненным, если студент полностью выполнил все пункты ПЗ. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении практических заданий требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

-В начале описательной части отчета излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.

-Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы.

-Табличные данные представляются также в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.

-При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ.

-По каждому ПЗ студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

Отчет по ПЗ считается принятым в случае, если оформление отчета соответствует указанным требованиям, и студент ответил не менее чем на 60% вопросов преподавателя по теме ПЗ.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала.

#### Контрольная работа

Результаты выполнения контрольной работы оцениваются по четырехбалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»).

Контрольная работа включает в себя две задачи.

Задачи приведены в УМК дисциплины.

Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо полностью и правильно решить 1 задачу. Для получения оценки «отлично» необходимо полностью и правильно решить 2 задачи. Для получения оценки «хорошо» необходимо решить 2 задачи, при этом допускается иметь 1-2 замечания.

При отсутствии положительной оценки за контрольную работу в плановый срок ее проведения студенту необходимо полностью или частично переписывать контрольную работу в часы плановых консультаций и приема задолженностей вплоть до получения положительной оценки.

#### Зачет

Промежуточный контроль по дисциплине проходит в форме зачета. Оценка "зачтено" ставится при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий. В противном случае ставится "не зачтено".

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1	ОПК-5	
3	6	Раздел 1. Цели и задачи курса. Связь курса с фундаментальными и прикладными науками. Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов.	12	6	4	2	6	20	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения ЛА.	8	2	2	0	6	10	10	Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого ЛА с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.	31	16	10	6	15	30	20	Контрольная работа, Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 4. Расчет траекторий неуправляемых и автономно-управляемых ЛА.	35	20	14	6	15	20	30	Отчет по практическому заданию
3	6	Раздел 5. Расчет траекторий телеуправляемых и самонаводящихся ЛА.	22	7	4	3	15	20	30	Отчет по практическому заданию
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности**

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

В зависимости от величины эксцентриситета, орбиты конического сечения бывают

1.  $e < 1$
2.  $e > 1$
3.  $e = 0$
4.  $e = 1$
- a. окружность
- b. гипербола
- c. парабола
- d. эллипс

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите последовательность участков, из которых состоит программная траектория одноступенчатой баллистической ракеты на активном участке

1. первый участок
2. второй участок
3. третий участок
4. четвертый участок
- a. участок "разворота"
- b. вертикальный участок
- c. участок "наведения"
- d. участок "завала"

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Для перехода из скоростной системы координат в полусвязанную необходимо:

1. повернуть против часовой стрелки вокруг оси  $ox$  на угол крена
2. повернуть вокруг оси  $oy$  на угол скольжения
3. повернуть вокруг оси  $oz$  на угол атаки

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Для того, чтобы найти скорость  $V$  в следующей точке по методу Рунге-Кутты четвертого порядка, необходимо:

1. Проинтегрировать уравнение параболы от  $t_a$  до  $t_a + h/3$ .
7. Найти производную  $dV/dt$  в  $(V_c, t_a + h/2)$
2. Найти производную  $dV/dt$  в  $(V_d, t_a + h)$
3. Найти производную  $dV/dt$  в  $(V_b, t_a + h/2)$

4. Найти уравнение параболы в плоскости производной
  5. К приращению добавить  $V_a$
  6. Найти производную  $dV/dt$  в  $(V_a, t_a)$
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Укажите, что определяют геометрические соотношения
- a. связь между углами, ориентирующими ЛА, и их угловыми скоростями
  - b. взаимное положение скоростной и связанной систем координат
  - c. положение оси ЛА относительно стартовой системы координат
  - d. связь между угловыми и линейными координатами ЛА
  - e. связь между углами, ориентирующими ЛА в различных системах координат
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Как направлен вектор Лапласа?
1. перпендикулярно плоскости орбиты
  2. в апоцентр орбиты
  3. в перигей орбиты
  4. по направлению к притягивающему центру
  5. по радиус-вектору ЛА
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Кинематические соотношения выведены при следующих допущениях
- a. Не учитываются кориолисовы силы и возмущающее действие атмосферы Земли
  - b. Стартовая система координат принимается инерциальной, но при этом учитывается вращательное движение Земли
  - c. Не учитывается орбитальное движение Земли и её вращательное движение
  - d. Считается, что движение ЛА происходит под действием одной центральной силы земного тяготения
  - e. Не учитывается орбитальное движение Земли и считается, что движение ЛА происходит под действием одной центральной силы земного тяготения
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Проекции подъемной силы на оси полускоростной системы координат при учете ветра равны:
1. на ось  $Ox^*$  равна  $Y \sin v$
  2. на ось  $Ox^*$  равна  $Y \cos v$
  3. на ось  $Oy^*$  равна  $Y \sin v$
  4. на ось  $Oy^*$  равна  $Y$
  5. на ось  $Oy^*$  равна  $Y \cos v$
  6. на ось  $Ox^*$  равна  $-Y \sin v$
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какой метод наведения не относится к методам самонаведения
1. метод параллельного сближения
  2. метод трех точек
  3. метод погони

4. метод пропорционального сближения
5. метод половинного спрямления

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Способы упрощения полной системы уравнений, описывающей движение летательного аппарата при закрепленных рулях

1. исключение уравнений, содержащих осевые моменты инерции
2. поступательное движение центра масс и вращательное движение около центра масс
3. продольное и боковое
4. линеаризация системы уравнений
5. движение рыскания и крена

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Чему равна тангенциальная перегрузка при замедленном полете?

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Перечислите орбиты конического сечения бывают в зависимости от величины эксцентриситета

**ОПК-5 - Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших**

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Укажите, что определяют кинематические соотношения

- a. координаты центра масс летательного аппарата и углы тангажа, рыскания и крена
- b. угловую и линейную скорости ЛА
- c. углы атаки и скольжения
- d. координаты центра масс летательного аппарата и углы атаки и скольжения
- e. зависимость между угловыми и линейными скоростями ЛА

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какие ограничения и почему накладываются на угол атаки при прохождении ЛА участка траектории в области трансзвуковых скоростей

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Активный участок траектории баллистической ракеты большой дальности может быть разбит на какие участки

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность участков, из которых состоит программная траектория одноступенчатой баллистической ракеты на активном участке

1. участок "разворота"
2. вертикальный участок
3. участок "наведения"
4. участок "завала"

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите направление и соответствующую координатную ось

1. Ось ОХ связанной системы координат
2. Ось ОХа скоростной системы координат
3. Ось ОХс стартовой системы координат

- a. направлена по оси летательного аппарата
- b. направлена по направлению стрельбы
- c. направлена по вектору скорости

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

С помощью каких углов можно перейти от одной системы координат к другой?

1. от стартовой к связанной
2. от стартовой к скоростной
3. от скоростной к связанной

- a. угол рыскания, тангажа, крена
- b. угол курса, возвышения, скоростной угол крена
- c. угол атаки, скольжения

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность перехода из стартовой системы координат в скоростную

1. поворот вокруг оси  $oz^*$  на угол возвышения
2. поворот вокруг оси  $оус$  на угол курса
3. поворот вокруг оси  $оха$  на скоростной угол крена

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Через какие углы связаны между собой связанная и стартовая системы координат?

- a. углы нутации, ротации и прецессии
- b. углы атаки и скольжения
- c. углы курса, возвышения и крена
- d. углы тангажа, рыскания и крена
- e. углы атаки, скольжения, скоростной угол крена

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Укажите верную связь между матрицами направляющих косинусов

- a.  $A=B(C^{\wedge}T)$
- b.  $B=A(C^{\wedge}T)$
- c.  $C=AB$
- d.  $A=CB$

е.  $B=(A^T)C_b$

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие координатные оси лежат в горизонтальной плоскости?

- а. ось OX связанной системы координат
- б. Ось OZ\* полускоростной системы координат
- с. Ось OZe полусвязанной системы координат
- д. Ось OZa скоростной системы координат
- е. Ось OXc стартовой системы координат

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

При каких допущениях справедливо упрощенное выражение для определения угла крена:

- а. угол возвышения равен нулю
- б. угол возвышения равен 90
- с. угол атаки, скольжения, крена - малые углы
- д. угол тангажа равен углу возвышения
- е. угол атаки равен нулю

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какой метод наведения не относится к методам телеуправления

1. метод параллельного сближения
2. метод полного спрямления
3. метод «накрытия» цели
4. метод пропорционального сближения
5. метод половинного спрямления