



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ  
А.А. НОВИКОВА»**



**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор

/ Ю.Ю. Михальчевский /

«мая» 2023 года

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# **МЕХАНИКА**

Направление подготовки  
**25.03.03 Аэронавигация**

Направленность программы (профиль)  
**Эксплуатация беспилотных авиационных систем**

Квалификация выпускника  
**бакалавр**

Форма обучения  
**очная**

Санкт-Петербург  
2023

## 1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Механика» являются:

- формирование навыков использования основных законов механики в профессиональной деятельности, формирование умений по применению методов математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач, в том числе с использованием программных средств;

- получение системы знаний и развитие способности к адаптации теорем механики к анализу взлетно-посадочных характеристик воздушных судов при организации и обслуживании воздушного движения.

Задачами освоения дисциплины являются:

- ознакомление с основными понятиями и законами механики;

- обеспечение обучающихся знаниями методов изучения равновесия сил, действующих на механические объекты, о движении материальной точки, твёрдого тела и механической системы;

- обучение применению полученных знаний при решении задач механики в своей профессиональной деятельности.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к решению задач профессиональной деятельности эксплуатационно-технологического и организационно-управленческого типа.

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Механика» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина «Механика» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Математика», «Физика» и «Информатика».

Дисциплина «Механика» является базовой для дисциплин «Аэродинамика и динамика полетов», «Конструкция воздушных судов и авиационных двигателей», «Управление воздушным движением», «Моделирование систем и процессов эксплуатации воздушных судов».

Дисциплина изучается в 1 семестре.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенций	Результат обучения: наименование компетенции; индикаторы компетенции
<b>ОПК-6</b>	Способен использовать основные законы математических и естественнонаучных дисциплин (модулей) в профессиональной деятельности, в том числе с использованием стандартных программных средств
<sup>1</sup> <b>ИД<sub>ОПК-6</sub></b>	Знает и понимает основные законы математики и естественных наук и важность их использования в профессио-

Код компетенций	Результат обучения: наименование компетенции; индикаторы компетенции
	нальной деятельности
<sup>2</sup> ИД <sub>ОПК-6</sub>	Использует основные законы математики и естественных наук, в том числе для решения профессиональных задач, применяет программные средства

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- основные понятия, законы и модели механики;
- методы практического применения алгоритмов построения моделей динамики движения БПЛА и элементов приборов аэронавигационного обеспечения при решении профессиональных задач, включая знание 3-х систем координат для описания движения тела (типа БПЛА) с 6-тью степенями свободы;

Уметь:

- рассчитывать кинематические траектории полетов БПЛА, определять скорости и ускорения для одиночных воздушных объектов, с учетом ограничений на движение в зонах ответственности операторов;
- проводить кинематический анализ движения деталей и механизмов и составлять динамические уравнения движения при решении типовых профессиональных задач.

Владеть:

- методами решения профессиональных задач по обслуживанию полетов, перевозки грузов, обеспечению безопасности и центровки БПЛА на основе базовых задач механики;
- методами оценки перегрузки механических элементов БПЛА при разных режимах полетов, включающих особо важные такие, как посадки и управление БПЛА в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр
		1
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Контактная работа	30,5	30,5
лекции	14	14
практические занятия	10	10
семинары	–	–
лабораторные работы	4	4
курсовой проект (работа)	–	–
Самостоятельная работа студента	44	44
Промежуточная аттестация:	36	36
контактная работа	2,5	2,5

самостоятельная работа по подготовке к экзамену	33,5	33,5
---	------	------

## 5 Содержание дисциплины

### 5.1 Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

Темы дисциплины	Количество часов	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-6		
Тема 1. Система сил. Момент силы и приведение системы сил к центру. Равновесие системы сил и сходящихся сил, приложенных к БПЛА	10	+	Л, СРС, ЛР	УО, РЗ, ЗЛР
Тема 2. Кинематика движения геометрической точки и твердого тела	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ
Тема 3. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в разных системах координат	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ
Тема 4. Общие теоремы динамики точки и системы	10	+	Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ
Тема 5. Движение твердого тела типа БПЛА	12	+	Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ
Тема 6. Баллистическое движение	8	+	Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ
Тема 7. Основные понятия прочности конструкции БПЛА и сопротивление материалов	12	+	Л, СРС, ЛР	УО, РЗ, ЗЛР
Итого по дисциплине	72			
Промежуточная аттестация	36			
Всего по дисциплине	108			

Условные обозначения: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие; ЛР - лабораторная работа; СРС – самостоятельная работа студента; РЗ – решение практических и ситуационных задач; ЗЛР – защита лабораторных работ; УО – устный опрос.

## 5.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего часов
Тема 1. Система сил. Момент силы и приведение системы сил к центру. Равновесие системы сил и сходящихся сил, приложенных к БПЛА	2	-	2	6	10
Тема 2. Кинематика движения геометрической точки и твердого тела	2	2	-	6	10
Тема 3. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в разных системах координат	2	2	-	8	12
Тема 4. Общие теоремы динамики точки и системы	2	2	-	6	10
Тема 5. Движение твердого тела типа БПЛА	2	2	-	6	10
Тема 6. Баллистическое движение	2	2	-	6	10
Тема 7. Основные понятия прочности конструкции БПЛА и сопротивление материалов	2	-	2	6	10
Итого по семестре	14	10	4	44	72
Промежуточная аттестация	-	-	-	-	36
Итого по дисциплине	14	10	4	44	108

Сокращения: Л – традиционная лекция; ПЗ – практическое занятие; ЛР – лабораторная работа; СРС – самостоятельная работа студента.

## 5.3 Содержание дисциплины

### Тема 1. Система сил. Момент силы и приведение системы сил к центру

Исходные положения статики. Связи и реакции связей. Сложение сил и проекция сил на ось и на плоскость. Равновесие системы сил и сходящихся сил, приложенных к БПЛА. Системы произвольных сил, параллельных сил на плоскости и в пространстве. Плоская и пространственная системы сходящихся сил.

Момент сил относительно центра (или точки). Момент пары сил. Приведение плоской системы сил к центру. Теорема о приведении произвольной системы сил к заданному центру.

### Тема 2. Кинематика движения геометрической точки и твердого тела

Способы задания движения точки, векторы скорости и ускорения точки. Определение скорости и ускорения точки при координатном способе задания движения, оси естественного трёхгранника, численные значения скорости, касательные и нормальные ускорения точки.

Поступательное движение твёрдого тела. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси, угловая скорость и угловое ускорение. Скорость

сти и ускорения точки вращающегося тела, векторы скорости и ускорения точки тела. Решение задач определения параметров вращения БПЛА, решения задач кинематики БПЛА как точки.

Плоское движение твёрдого тела. Разложение движения плоской фигуры на поступательное и вращательное. Уравнения плоского движения. Теорема о скоростях точек плоской фигуры.

### **Тема 3. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в разных системах координат**

Основные понятия и определения. Законы и задачи динамики материальной точки, основные виды сил. Дифференциальные уравнения и решение задач динамики при прямолинейном и криволинейном движении точки.

Сила инерции. Дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки в декартовых координатах. Естественные уравнения движения точки. Две основные задачи динамики движения точки.

### **Тема 4. Общие теоремы динамики точки и системы**

Задача №1 и задача №2 динамики. Количество движения точки, импульс силы и теоремы об изменении количества движения и момента количества движения точки. Теорема об изменении количества движения точки. Теорема об изменении момента количества движения точки. Работа силы, мощность, примеры вычисления работы и теорема об изменении кинетической энергии точки.

### **Тема 5. Динамика твердого тела типа БПЛА. Динамика системы твердых тел**

Введение в динамику системы, моменты инерции. Силы, действующие на механическую систему. Центр масс механической системы и его координаты. Теорема о движении центра масс механической системы. Количество движения механической системы. Теорема об изменении количества движения механической системы. Дифференциальные уравнения поступательного движения твёрдого тела. Элементарный импульс силы и импульс за конечный промежуток времени. Момент количества движения точки относительно центра и оси. Кинетический момент механической системы относительно центра и оси. Теорема об изменении кинетического момента механической системы. Закон сохранения кинетического момента. Определение осевых моментов инерции однородных и неоднородных тел. Дифференциальные уравнения плоского или вращательного движения твердого тела. Работа постоянной силы на прямолинейном перемещении. Работа переменной силы на криволинейном перемещении. Работа силы тяжести, силы упругости. Соппротивление движению объекта при качении. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.

Кинетические моменты твёрдого тела относительно неподвижной точки и координатных осей при его сферическом движении. Дифференциальные уравнения сферического движения твердого тела. Понятие о гироскопических явлениях. Кинетический момент быстро вращающегося ротора гироскопа. Гиро-

скоп с тремя степенями свободы. Гироскоп с двумя степенями свободы. Гироскопический момент. Примеры гироскопических явлений.

### **Тема 6. Баллистическое движение**

Виды баллистического движения материальной точки в поле силы тяжести над «плоской землей». Влияние квадратичного сопротивления на деформацию формы баллистической траектории. Уравнения баллистического движения в избранной плоскости в инерциальной системе координат. Эффект сатурации процессов под действием сил тяготения и сопротивления. Парашютирование.

### **Тема 7. Основные понятия прочности конструкции БПЛА и сопротивление материалов**

Задачи сопротивления материалов. Прочность и жёсткость конструкции. Допущения расчетной схемы. Внешние и внутренние силы. Деформации элементов конструкции - линейные и угловые. Упругость и пластичность. Напряжение и деформации при растяжении и сжатии. «Закон Гука». Механические характеристики материалов. Сопротивление кручению с круглого вала и валов с кольцевым сечением. Балка. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Устойчивость сжатых стержней.

#### **5.4 Практические занятия**

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
2	Практическое занятие 1. Определение и построение в масштабе траектории точки. Скорости точки при задании движения с позиции кинематики	2
3	Практическое занятие 2. Методы решения задач динамики. Решение задач движения материальной точки, описываемого дифференциальными уравнениями движения БПЛА относительно инерциальной системы отсчёта	2
4	Практическое занятие 3. Решение задач по теме «Общие теоремы динамики точки». Решение задач по теме «Элементы теории удара». Изменение количества движения механической системы при ударе.	2
5	Практическое занятие 4. Решение задач по теме «Простейшие движения твёрдого тела.	2
6	Практические занятия 5. Определение координат точки падения объекта с начальным	2

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
	(векторным) количеством движения, брошенного под заданным углом к горизонту.	
Итого по дисциплине		10

### 5.5 Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела, темы дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)
1.	1	Определение коэффициента трения. Определение положения центра тяжести тела. Изучение плоской системы сходящихся сил	2
2.	7	Определение моментов инерции БПЛА методом качаний. Исследование соударений твердых тел	2
Итого:			4

### 5.6. Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
1	Проработка учебного материала: работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой [1, 4, 6]. Подготовка к устному опросу и решению задач	6
2	Проработка учебного материала: работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой [1-8]. Подготовка к устному опросу и решению задач	6
3	Проработка учебного материала: работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой [1-8]. Подготовка к устному опросу и решению задач	8
4	Проработка учебного материала: работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой [1, 2, 5, 6, 7]. Подготовка к устному опросу и решению задач	6
5	Проработка учебного материала: работа с кон-	6



Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
	спектом лекций и рекомендуемой литературой [1, 2, 5, 6, 7]. Подготовка к устному опросу и решению задач	
6	Проработка учебного материала: работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой [1, 2, 5, 6-8]. Подготовка к устному опросу и решению задач	6
7	Проработка учебного материала: работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой [1-3, 5-8]. Подготовка к устному опросу и решению задач	6
Итого по дисциплине		44

### 5.7 Курсовые работы

Курсовой работы по дисциплине не предусмотрено.

### 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### а) основная литература

1. Яблонский, А.А. **Курс теоретической механики** [Текст и электронный ресурс]: учебник / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. 16-е изд. стер. - М.: Издательство «КНОРУС», 2016. – 608 с. ISBN 978-5-406-01977-1. Количество экземпляров – 2.

Режим доступа:

[https://viewer.rusneb.ru/ru/000199\\_000009\\_02000006664?page=7&rotate=0&theme=white](https://viewer.rusneb.ru/ru/000199_000009_02000006664?page=7&rotate=0&theme=white) (свободный, дата обращения 11.04.2023).

2. Тарг, С.М. **Краткий курс теоретической механики** [Текст и электронный ресурс]: учебник для высш. технических учебн. завед. / С.М. Тарг. - М.: Высшая школа, 2018.- 416 с. ISBN 978-5-06-006114-7. Количество экземпляров – 53.

Режим доступа:

<https://studizba.com/files/show/pdf/123136-1-targ-sm-kratkij-kurs-teoreticheskoi-mehaniki.html> (свободный, дата обращения 11.04.2023).

3. Мещерский, И.В. **Сборник задач по теоретической механике** [Текст и электронный ресурс]: учебное пособие /Под ред. В.А. Пальмова, Д.Р. Меркина. 50-е изд. стер. - СПб.: Издательство «Лань», 2010.- 448 с. ISBN 978-5-9511-0019-1. Количество экземпляров – 567.

Режим доступа: <https://nashol.me/2012091567005/sbornik-zadach-po-teoreticheskoi-mehanike-mescherskii-i-v-1975.html> (свободный, дата обращения 11.04.2023).

4. Куклев, Е.А., Байрамов, А.Б., Арет, В.А., Колобов, Н.С. **Механика** [Текст]: методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы/ Университет ГА, СПб, 2013. – 31 с. Количество экземпляров – 300.

5. Байрамов, А.Б., Артюх В.Г. **Механика (прикладная механика)** [Текст]: методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы/ Университет ГА, СПб, 2017. – 42 с. Количество экземпляров – 135.

6. Артюх В.Г., Байрамов А.Б. **Сопротивление материалов: Сборник задач и методические указания к их решению** / Университет ГА. С.-Петербург, 2021. -187 с.

7. Артюх В.Г., Байрамов А.Б. **Сопротивление материалов: Методические указания по выполнению лабораторных работ** / СПбГУ ГА. С.-Петербург, 2020. - 84 с.

8. Артюх В.Г., Байрамов А.Б. **Сопротивление материалов: Методические указания по оформлению отчетов по лабораторным работам** / СПбГУ ГА. С.-Петербург, 2020. - 39 с.

б) дополнительная литература

9. Чернов, К.И. **Основы технической механики** [Текст и электронный ресурс]: учебник для техникумов / К.И. Чернов. - М: Машиностроение, 1986. - 256 с. ил. Количество экземпляров – 266.

Режим доступа: <https://www.avsim.su/files.phtml?uploader=112501> (свободный, дата обращения 11.04.2023).

10. Ландау, Л.Д. **Механика** [Текст и электронный ресурс]: учебное пособие для студ. вузов / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - М.: Наука, – 1988. – 324 с. Количество экземпляров – 2.

Режим доступа:

[http://ffmgu.ru/images/1/1b/Ландау\\_Лифшиц\\_Том\\_1\\_Механика.pdf](http://ffmgu.ru/images/1/1b/Ландау_Лифшиц_Том_1_Механика.pdf) (свободный, дата обращения 11.04.2023).

11. Бать, М.И. **Теоретическая механика в примерах и задачах** [Текст и электронный ресурс]: учебное пособие для студ. / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. Том 1 – Статика, кинематика. 11-е изд. стер. - СПб.: Издательство «Лань», 2010.- 672 с. Количество экземпляров – 15.

Режим доступа: <http://padaread.com/?book=31359> (свободный, дата обращения 11.04.2023).

12. Бать, М.И. **Теоретическая механика в примерах и задачах** [Текст и электронный ресурс]: учебное пособие для студ. / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. Том 2. Динамика. 11-е изд. стер. - СПб.: Издательство «Лань», 2010.- 672 с. Количество экземпляров – 15.

Режим доступа: <http://padaread.com/?book=31359> (свободный, дата обращения 11.04.2023).

13. Дарков, А.В. Сопротивление материалов [Текст и электронный ресурс]: учебное пособие для студ. / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. - М.: Высшая школа, 1989. – 654 с. Количество экземпляров – 3.

Режим доступа: [http://technofile.ru/files/sopromat\\_5.php](http://technofile.ru/files/sopromat_5.php), свободный (дата обращения 11.04.2023).

14. Александров, А.В. Сопротивление материалов [Текст и электронный ресурс]: учебник для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин - М.: Высшая школа, 2003. - 560 с. ISBN 5-06-003732-0. Количество экземпляров – 3.

Режим доступа: <https://dwg.ru/dnl/5219>, свободный (дата обращения 11.04.2023).

15. Гузенков, П.Г. Детали машин [Текст и электронный ресурс]: учебник для вузов. 4-е изд., испр. М.: Высшая школа, 1986. – 359 с. ISBN отсутствует. Количество экземпляров – 10.

Режим доступа: <http://bookree.org/reader?file=717360>, свободный (дата обращения 16.01.2018).

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

16. **КонсультантПлюс. Официальный сайт компании** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) свободный (дата обращения 11.04.2023).

17. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) свободный (дата обращения 11.04.2023).

18. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com) свободный (дата обращения 11.04.2023).

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

19. **Междувузовский (кафедральной) сайт** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [www.open-mechanics.com](http://www.open-mechanics.com) (свободный, дата обращения 11.04.2023).

20. **Российское образование. Федеральные порталы** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [www.edu.ru](http://www.edu.ru) и [www.fepo.ru](http://www.fepo.ru) свободный (дата обращения 11.04.2023).

## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
Аудитория 502 Аудитория 503	Модель зубчатого механизма с неподвижными	Microsoft Windows 7, Microsoft Windows Office 7,

<p>Аудитория 504 Аудитория 505 Аудитория 507</p>	<p>осями колёс – для демонстрации вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси Модель планетарного механизма – для демонстрации сложного движения твёрдого тела Модель кривошипно – ползунного механизма – для демонстрации поступательного движения, вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси и плоского движения тела. Цифровая видеокамера Canon HG20 AVCHD HDD 60 Gb 12*Zoom F1 Многофункциональный аппарат “XEROX” WC 3119 Microsoft Windows 7, Mi2008 г. Выпуска Компьютер, 2005 г. выпуска R-Style CARBON VT 67 Ноутбук Lenovo 330-15IKB Проектор потолочный Casio XJ-210 WN Компьютер в комплекте 2010 г. Выпуска RAMEC, модель STORM Ноутбук, 2008 г. выпуска Ben Q Joybook R56-R42 15,4” Проектор Mitsubishi XD 490 U Экран стационарный Proecta Pro Star Matte WHite Ноутбук HP 630</p>	<p>Kaspersky AntiVirus</p>
--	--	----------------------------

	Проектор, 2008 г. вып. Acer X1261 P Экран Lumien Picture Mate 152 см Ноутбук HP Laptop 15- rb070ur Ноутбук Lenovo 330-15IKB	
--	---	--

## **8 Образовательные и информационные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Механика» используются классические формы обучения: лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студента.

Лекция: традиционные информационно-развивающие технологии в сочетании с мультимедийным сопровождением лекции, направленные на формирование системы знаний у студентов по заданной дисциплине.

Практические занятия: изучение нового материала на основе примеров практических задач по профилю дисциплины с целью углубления и закрепления у студентов знаний, полученных на лекциях, формирование системы умений, обеспечивающих возможность качественного (с использованием экспериментов) выполнения профессиональной деятельности.

Самостоятельная работа студента: проводится с целью закрепления и совершенствования осваиваемых компетенций, предполагает сочетание самостоятельных теоретических занятий и самостоятельное выполнение практических заданий, описанных в рекомендованной литературе, изучение теоретического материала с использованием учебной литературы, Internet – ресурсов, опережающая самостоятельная работа.

## **9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости, включающего устный опрос, решение ситуационных задач и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде экзамена (1 семестр).

Устный опрос: предназначен для выявления уровня текущего усвоения компетенций обучающимися по мере изучения дисциплины. Проводится на практических занятиях с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся.

Экзамен: промежуточный контроль, оценивающий уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины. Билет включает 3 вопроса: 2 - теоретических и один практический.

### **9.1. Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов**

Балльно-рейтинговая система текущего контроля успеваемости и знаний студентов не применяется.

### **9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

При оценке устных опросов анализу подлежит точность формулировок, связность изложения материала, обоснованность суждений, опора на учебную литературу. Также анализируется понимание обучающимся конкретной ситуации, правильность применения практических методов и приемов, способность обоснования выбранной точки зрения, глубина проработки практического материала.

По итогам освоения дисциплины «Механика» проводится промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена, который предполагает устный и письменный ответ студента по билетам на теоретические и практические вопросы из перечня.

Экзамен является заключительным этапом изучения дисциплины «Механика» и имеет целью проверить и оценить учебную работу студентов, уровень полученных ими знаний, умение применять их к решению практических задач, овладение практическими навыками в объеме требований образовательной программы на промежуточном этапе формирования компетенций.

Экзамен по дисциплине проводится во 1 семестре. К экзамену допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы. Экзамен принимается преподавателем, ведущим занятия в данной группе по данной дисциплине, а также лектором данного потока, в помощь, решением заведующего кафедры, могут назначаться преподаватели, ведущие занятия по данной дисциплине.

Экзамен проводится в объеме материала рабочей программы дисциплины, изученного студентами в 1 семестра, по билетам в специально подготовленных учебных классах. Перечень вопросов и задач, выносимых на экзамен, обсуждается на заседании кафедры и утверждается заведующим кафедры. Предварительное ознакомление студентов с билетами запрещается.

### **9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине**

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

### **9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам**

Входной контроль не проводится.

### 9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
<b>I этап</b>		
<b>ОПК-6</b>	<sup>1</sup> ИД <sub>ОПК-6</sub>  <sup>2</sup> ИД <sub>ОПК-6</sub>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия, законы и модели механики;</li> <li>- методы практического применения алгоритмов построения моделей динамики движения воздушных судов и элементов приборов аэронавигационного обеспечения при решении профессиональных задач, включая знание 3-х систем координат для описания движения тела (типа БПЛА) с 6-тью степенями свободы;</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать кинематические траектории полетов БПЛА, определять скорости и ускорения для одиночных воздушных объектов, с учетом ограничений на движение в зонах ответственности диспетчеров;</li> <li>- проводить кинематический анализ движения деталей и механизмов и составлять динамические уравнения движения при решении типовых профессиональных задач</li> </ul>
<b>II этап</b>		
<b>ОПК-6</b>	<sup>1</sup> ИД <sub>ОПК-6</sub>  <sup>2</sup> ИД <sub>ОПК-6</sub>	<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами решения профессиональных задач по обслуживанию полетов, перевозки грузов, обеспечению безопасности и центровки БПЛА на основе базовых задач механики;</li> <li>- методами оценки перегрузки механических элементов БПЛА при разных режимах полетов: посадки на ВПП и маневры БПЛА в горизонтальной и вертикальной плоскостях.</li> </ul>

Описание шкал оценивания:

Шкала оценивания:

Промежуточная аттестация:

«5» - заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на практических занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к самостоятельному пополнению знаний; ответ отличается точностью использованных терминов; материал излагается последовательно и логично.

«4» - заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к самостоятельному пополнению знаний.

«3» - заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при выполнении заданий в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей.

«2» - выставляется студенту в случае несоответствия требованиям по выставлению оценок «5», «4», «3».

Защита лабораторной работы:

«Зачтено» - работа выполнена в полном объеме, оформлена в соответствии с требованиями, проведены все необходимые измерения и расчеты, сделаны корректные выводы; при ответе на вопросы студент демонстрирует знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы.

«Не зачтено» - работа не представлена или не соответствует критериям выставления оценки «Зачтено»



## 9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### Примерный перечень вопросов для устного опроса:

1. Что такое момент силы?
2. Что такое состояние статики?
3. Уравнения и условия равновесия конструкции?
4. Правила переноса сосредоточенных сил (вдоль линии действия, при параллельном переносе сил).
5. Аксиома сечения.
6. Вращательное движение. Угловая скорость вращения точки в физическом смысле (частота вращения). Ускорение точки при вращении (центростремительное и касательное).
7. Вычисление линейной скорости движения геометрической точки (г.т.) по круговой траектории с заданным диаметром (в примере).
8. Нагружение консоли крыла сосредоточенной силой (например, силой тяжести двигателя).
9. Разложение моментов сил (кольцо индексов) – в абсолютной системе координат.
10. Различие движения КД твердого тела и КД геометрической точки (расщепление движения на фазы, поступательное движение и вращательное).
11. Полюс, движение полюса, определение закона движения любой точки по «правилу полюса».
12. Плоскопараллельное движение т. т. по правилу «полюса».
13. КД: движение «Чемодана» - как модели движения ВС в продольной системе координат.
14. Представление пространственного движения т.т. на основе схемы сферического движения и «углов Эйлера».
15. Алгоритм составления уравнений динамики движения материальной точки на основе уравнения закона №2 – по Ньютону
16. Уравнение динамики вращения симметричного твердого тела в плоскости (вокруг одной оси).
17. Теорема об изменении количества движения (ФИКД).
18. Теорема ФИКД для объяснения перегрузки БПЛА при посадке на ВПП.
19. Теорема об изменении кинематической энергии точки и определения пробега БПЛА до остановки.
20. Динамика колебательного движения м.т. в зависимости от вида сил
21. Требования к видам сил, которые порождают колебания (собственные и вынужденные колебания).
22. Теория движения твердого тела в продольной плоскости.
23. Колебательные движения БПЛА по углу тангажа. Выявление механизма «восстанавливающей силы».

24. Математический маятник в поле сил тяготения (что является движущей силой?).

25. Математический маятник «Осциллятор с пружиной и грузом на подвеске» (что является движущей силой в ситуации – вертикальная подвеска).

26. Математический маятник «Осциллятор с пружиной и грузом на подвеске» (что является движущей силой в ситуации – пружина с грузом действует в горизонтальной плоскости).

27. Принцип изучения колебаний груза на «внешней подвеске» вертолета (подход с позиций теории движения механической системы – на основании законов Ньютона).

28. Составление уравнения движения БПЛА в осях «триэдра» - в скоростной системе координат (для наблюдателя).

29. Составление уравнения движения БПЛА в осях «триэдра» - при баллистическом движении материальной точки.

30. Основные понятия и определения: механизм, машины, детали машин (использование понятия «центрального вала»).

#### **Примерный перечень вопросов для экзамена:**

1. Аксиомы статики, основные постулаты Ньютоновской механики.
2. Вектор силы и нагрузка, распределенная на элемент конструкции.
3. Связи и их реакции.
4. Условие равновесия сходящейся системы сил.
5. Теорема о трех силах.
6. Статически неопределимые системы.
7. Приведение системы сил к заданному центру.
8. Условия равновесия произвольной плоской системы сил.
9. Методика решения задач статики (расчётная схема нагружения конструкции на примере «балки» или фюзеляжа БПЛА).
10. Момент силы относительно точки и относительно оси. Методика вычисления момента силы относительно оси.
11. Модель двойственного воздействия сил, приложенных к объекту (твёрдому телу).
12. Пара сил и её момент.
13. Центр системы параллельных сил.
14. Центр тяжести твёрдого тела (плоской однородной фигуры, металлического листа).
15. Вычислительные и технические приемы определения центра тяжести материального объекта произвольной формы (центр тяжести БПЛА в продольной плоскости).
16. Случаи приведения сложной системы сил к простейшему виду.
17. Трение скольжения и качения (различия в физическом смысле коэффициентов трения).
18. Способы задания кинематического движения точки.
19. Связи между способами задания кинематики движения точки.

20. Вектор скорости и ускорения при координатном способе задания движения геометрической точки.
21. Скорость при естественном способе задания движения.
22. Абсолютное ускорение точки и его составляющие при естественном способе задания движения точки.
23. Классификация видов движения точки по ускорению. Гипотеза об эквивалентности ускорений.
24. Кинематика поступательного и вращательного движения твердого тела.
25. Уравнение вращательного движения. Угловая скорость и угловое ускорение геометрической точки (свободной и в пределах твердого тела).
26. Скорости точек твердого тела при кинематическом вращательном движении.
27. Ускорения точек тела при вращательном движении.
28. Ускорение движения твердого тела при плоско - параллельном движении.
29. Теорема о сложении скоростей при плоско - параллельном движении.
30. Мгновенный центр скоростей. Мгновенный центр ускорений.
31. Теорема о сложении скоростей при сложном движении точки.
33. Скорости и ускорения точек тела при сферическом движении.
34. Кинематические уравнения произвольного движения твердого тела. Гипотезы о расщеплении движений, системы координат и степени свободы.
35. Угловая скорость регулярной прецессии оси гироскопа.
36. Скорость и ускорение точек твердого тела при произвольном движении в пространстве или в плоскости.
37. Введение в динамику. Основные термины, законы динамики Ньютона.
38. Задачи динамики движения материальной точки, определяемые на основе законов Ньютона.
39. Динамика свободного и несвободного движения материальной точки.
45. Количество движения материальной точки и количество движения механической системы.
46. Теорема об изменении количества движения точки (ФИКД).
47. Импульс силы и его проекции на координатные оси.
48. Теорема об изменении количества движения механической системы.
49. Теорема об изменении момента количества движения точки.
50. Принцип составления уравнений динамики движения в продольной плоскости с помощью скоростной системы координат.
51. Теорема об изменении кинетического момента (ФИМКД) механической системы.
52. Моменты инерции твердого тела. Радиус инерции.
53. Теорема о моментах инерции твердого тела относительно параллельных осей.

54. Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного движения твердого тела при плоско - параллельном движении (пример динамики движения БПЛА в продольной плоскости).

55. Основные понятия и определения видов напряжений в элементах конструкций при разных видах сил и их характеристик.

56. Основные допущения при выборе расчётных схем.

57. Основные понятия: напряжения, деформации, закон Гука. Напряжения и деформации при растяжении и сжатии.

58. Кручение валов, основные понятия (на примере валов турбины и компрессора двигателя БПЛА).

59. Изгиб стержней, балок, основные понятия.

60. Условия прочности шасси БПЛА при посадке.

### **10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Теоретическая подготовка студентов по дисциплине обеспечивается на лекциях. Теоретические положения, излагаемые в лекциях, должны иллюстрироваться примерами их практической реализации. Для облегчения восприятия студентом сложного и разнообразного материала рекомендуется изучение новых разделов курса начинать с краткого введения, в котором устанавливается связь с предыдущими и смежными дисциплинами учебного плана, охарактеризовать используемый математический аппарат и рекомендовать конкретную учебную литературу. Чрезвычайно важно научить студента применять полученные знания к решению практических задач. Для этого разрабатываются специальные сборники задач, и упражнений с решениями, по которым и организуется самостоятельная работа студентов в течение семестра. На самостоятельное изучение выносятся наиболее простые вопросы изучаемых тем. Самостоятельное изучение позволяет привить навык поиска интересующих вопросов в различных источниках, в том числе дополнительных к списку рекомендуемой литературы.

Проведение практических занятий осуществляется после прочтения на лекциях соответствующего теоретического материала, и служит средством закрепления полученных знаний и формирования навыков и умений при проведении инженерных исследований.

Практические занятия предназначены обеспечивать получение студентами практических навыков и умений по проведению инженерных расчетов, а также изучение методов построения и расчета характеристик динамических свойств БПЛА при движениях под действием внешних сил.

Все виды учебных занятий проводятся с активным использованием технических средств обучения и имеющихся в наличии образцов, а также конспектов лекций.

Изучение дисциплины построено таким образом, чтобы обеспечивалось наилучшее усвоение материала. Для активизации, индивидуализации и интенсификации изучения дисциплины в течение всего периода обучения предпола-

гается проводить краткосрочные письменные контрольные работы (пятиминутные тесты) перед началом практических занятий с последующим выставлением оценки.

Текущий контроль успеваемости студентов необходимо осуществлять систематически: на лекциях, при подготовке и проведении практических занятий. Кроме того, следует проводить рубежный контроль усвоения теоретического материала по наиболее сложным разделам программы дисциплины «Механики».

Промежуточная аттестация студентов по разделам и темам дисциплины проводится в форме экзамена (1 семестр).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 3++ по направлению подготовки 25.03.03 «Аэронавигация» и профиль подготовки «Эксплуатация беспилотных авиационных систем».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 6 «Механики» «27» апреля 2023 года, протокол № 9.

Разработчик:

к.т.н., доцент

Байрамов А.Б.

*(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)*

Заведующий кафедрой № 6 «Механики»

к.т.н., доцент

Байрамов А.Б.

*(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)*

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

к.т.н., доцент

Лобарь С.Г.

*(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)*

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 года, протокол № \_\_\_\_.