

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 26.06.2023 14:04:21  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Оптические и навигационные  
системы»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

для подготовки бакалавров

по направлению

12.03.01 «Приборостроение»

по профилю

**«Оптические и навигационные системы»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Шалымов Р.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЛИНС  
15.12.2021, протокол № 5

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФИБС, 22.12.2021, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФИБС
Обеспечивающая кафедра	ЛИНС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	3
Семестр	5
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	92
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

Дисциплина «Аналитическая механика» изучает задачи движения механических систем с большим числом степеней свободы. Рассматриваются различные способы получения математических моделей как нелинейных, так и линеаризованных, формируя, тем самым, базу для их расчета и анализа движения, кроме этого уделено большое внимание разделу, посвященному конечным поворотам с использованием различных параметров ориентации, что в дальнейшем используется при изучении специальных технических дисциплин.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«ANALYTICAL MECHANICS»**

Discipline "Analytical mechanics" is studying the problem of motion of mechanical systems with many degrees of freedom. Various methods for the preparation of mathematical models as a nonlinear or linearized, forming thereby a basis for their calculation and motion analysis, besides paid much attention to the section on end turns with different orientation parameters as used to study specific technical further disciplines.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Изучение теорем и уравнений аналитической механики для применения к решению теоретически сложных технических задач в области анализа движения многомерных систем.

2. Освоение методов составления дифференциальных уравнений движения механических систем и методов теории конечных поворотов твердого тела:

-знание основных понятий аналитической механики и основных способов составления дифференциальных уравнений движения механических систем;

-формирование умений постановки и анализа задач статики и динамики механических систем;

-формирование навыков решения задач статики и динамики механических систем.

3. Знание основных понятий аналитической механики и основных способов составления дифференциальных уравнений движения механических систем.

4. Формирование умений постановки и анализа задач статики и динамики механических систем.

5. Формирование навыков решения задач статики и динамики механических систем.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Алгебра и геометрия»

2. «Математический анализ»

3. «Физика»

#### 4. «Инженерная графика»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Математические модели навигационных приборов»
2. «Микромеханические системы в навигационной технике»
3. «Основы проектирования приборов и систем»
4. «Технология производства элементов гироскопических приборов»
5. «Технология производства приборов навигации»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-1	Способен анализировать техническое задание, проектировать и конструировать типовые детали и узлы приборов и систем, составлять техническую документацию, включая описания, инструкции и другие документы
<i>ПК-1.1</i>	<i>Анализирует техническое задание при проектировании типовых деталей и узлов приборов и систем</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1	0		1
2	Основные понятия аналитической механики	1	2		4
3	Кинетическая энергия	1	2		7
4	Обобщенные силы	2	4		10
5	Условия равновесия и общее уравнение динамики системы	2	5		13
6	Уравнения Лагранжа	2	6		15
7	Канонические уравнения механики	1	2		4
8	Направляющие косинусы и углы Эйлера-Крылова	2	3		9
9	Вектор конечного поворота	1	3		9
10	Параметры Родрига-Гамильтона	1	3		8
11	Кватернионы	2	4		10
12	Заключение	1	0	1	2
	Итого, ач	17	34	1	92
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Структура и содержание курса; его связь с дисциплинами учебного плана и роль в подготовке специалиста.
2	Основные понятия аналитической механики	Связи и их виды. Обобщенные координаты. Обобщенные скорости. Возможные перемещения. Выбор обобщенных координат и определение возможных перемещений для системы с двумя степенями свободы.
3	Кинетическая энергия	Моменты инерции. Кинетическая энергия системы материальных точек. Кинетическая энергия твердого тела при различных случаях его движения. Выражение кинетической энергии многомассовой системы через обобщенные координаты и обобщенные скорости.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Обобщенные силы	Элементарная и полная работа силы. Работа некоторых сил. Работа сил, приложенных к твердому телу. Потенциальное силовое поле и силовая функция. Потенциальная энергия. Определение обобщенных сил. Способы вычисления обобщенных сил. Диссипативная функция. Определение обобщенной силы в системе, находящейся под действием потенциальных, диссипативных и непотенциальных сил.
5	Условия равновесия и общее уравнение динамики системы	Идеальные связи. Реакции связей. Принцип освобожденности от связей. Принцип возможных перемещений. Условие равновесия системы. Определение положения равновесия системы, находящейся под действием заданной системы сил. Определение реакций опор с использованием принципа виртуальных перемещений. Метод кинестатики (принцип Даламбера). Определение сил инерции и моментов сил инерции для различных случаев движения твердого тела. Общее уравнение динамики. Виртуальная работа сил инерции. Использование общего уравнения динамики для определения характеристик механической системы.
6	Уравнения Лагранжа	Первое и второе тождества Лагранжа. Вывод уравнений Лагранжа II рода. Порядок действий при использовании уравнений Лагранжа II рода. Свободные незатухающие и затухающие колебания. Получение уравнения малых движений механической системы около положения равновесия. Построение фазовой траектории.
7	Канонические уравнения механики	Кинетический потенциал. Уравнение Лагранжа II рода для консервативной системы. Первые интегралы лагранжевых систем. Циклические координаты. Канонические переменные. Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона. Свойства функции Гамильтона.
8	Направляющие косинусы и углы Эйлера-Крылова	Сферическое движение твердого тела. Связанная система координат. Направляющие косинусы и углы Эйлера как параметры ориентации связанной системы координат. Связь направляющих косинусов с углами Эйлера. Сложение поворотов, матрица перехода и ее свойства.
9	Вектор конечного поворота	Теорема Эйлера о перемещении твердого тела вокруг неподвижной точки. Вектор конечного поворота: определение, геометрическое представление, параметры, свойства. Связь вектора конечного поворота с направляющими косинусами, использование его для определения ориентации твердого тела. Сложение поворотов, уравнения движения.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
10	Параметры Родрига-Гамильтона	Определение и физический смысл параметров Родрига-Гамильтона. Связь параметров Родрига-Гамильтона с направляющими косинусами, использование для определения ориентации твердого тела. Сложение поворотов, уравнения движения.
11	Кватернионы	Определение кватернионов. Основные действия над кватернионами. Связь кватернионов с направляющими косинусами, использование.
12	Заключение	Использование положений аналитической механики при составлении математических моделей многомерных систем. Выбор математического описания в соответствии с постановкой задачи.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Выбор обобщенных координат и определение возможных перемещений для системы с двумя степенями свободы.	2
2. Выражение кинетической энергии многомассовой системы через обобщенные координаты и обобщенные скорости.	2
3. Определение обобщенной силы в системе, находящейся под действием потенциальных, диссипативных и непотенциальных сил.	4
4. Определение положения равновесия системы, находящейся под действием заданной системы сил.	1
5. Определение реакций опор с использованием принципа виртуальных перемещений.	3
6. Использование общего уравнения динамики для определения характеристик механической системы.	1
7. Свободные незатухающие и затухающие колебания.	3
8. Получение уравнения малых движений механической системы около положения равновесия.	2
9. Построение фазовой траектории.	1
10. Свойства функции Гамильтона.	2
11. Связь направляющих косинусов с углами Эйлера.	3
12. Связь вектора конечного поворота с направляющими косинусами.	3
13. Связь параметров Родрига-Гамильтона с направляющими косинусами.	3
14. Связь кватернионов с направляющими косинусами.	4

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
Итого	34

#### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### 4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

#### 4.6 Индивидуальное домашнее задание

Для самостоятельного выполнения студентам выдаются индивидуальные домашние задания (ИДЗ).

ИДЗ представляет собой задачу по теме «Динамика несвободной механической системы» и состоит из 3 частей:

- 1 часть – «Определение кинетической энергии механизма»,
- 2 часть – «Определение обобщенной силы»
- 3 часть – «Составление дифференциального уравнения движения механизма методом Лагранжа».

В ходе решения ИДЗ исследуется равновесие механизма под действием приложенных сил; с помощью уравнения Лагранжа второго рода изучается движение механизма, выведенного из состояния равновесия. Указания к выполнению представлены в учебно-методическом пособии из списка основной литературы к дисциплине.

ИДЗ выполняется в соответствии с графиком текущего контроля успеваемости. Правильность выполнения каждой части ИДЗ проверяется преподавателем и оценивается в баллах в зависимости от числа и серьезности допущенных ошибок (максимально за 1 часть - 9 баллов, за 2 часть - 15 баллов, за 3 часть - 9 баллов). Перед выполнением 3 части ИДЗ студент исправляет 1 и 2 части в

соответствии с указаниями и комментариями преподавателя. Если студент не сдал задание в установленный срок по неуважительной причине, то при проверке и выставлении баллов он теряет от максимально возможной оценки столько баллов, на сколько недель позже установленного было сдано задание. Сдача заданий после установленных сроков проводится в течение семестра вне часов аудиторных занятий группы или на последней учебной неделе семестра.

После выполнения всех частей ИДЗ студент защищает задание преподавателю, который в зависимости от полноты полученных ответов на тему задания выставляет отметку в баллах (максимально - 15 баллов). Защита ИДЗ проходит в устной форме и предполагает ответы на несколько теоретических вопросов преподавателя по теме задачи. День проведения защиты ИДЗ устанавливается преподавателем не ранее, чем через две недели после даты контрольной точки сдачи последней части ИДЗ. Защита проводится вне часов аудиторных занятий группы. Защита ИДЗ после установленных сроков проводится в течение семестра вне часов аудиторных занятий группы или на последней учебной неделе семестра.

При выполнении студентами индивидуальных домашних заданий должны быть соблюдены следующие требования:

- Работу необходимо оформить в соответствии с требованиями "ГОСТ 7.32-2017. Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления". На титульном листе указать учебное заведение, название факультета, полное наименование задачи, номер варианта, ФИО студента и группу, в которой он обучается.
- Текст задания переписывается полностью, либо вкладывается в печатном виде на отдельном листе. Исходные данные на выполнение заданий должны быть приведены в виде таблицы.
- Решение каждого задания сопровождается краткими пояснениями. Также

необходимо дать названия буквенным обозначениям и привести единицы их измерения.

- Все вычисления следует выполнять в общем виде, приводя производимые промежуточные преобразования. Численные значения величин приводятся с точностью до двух верных знаков.
- Кинематические схемы допускается выполнять карандашом по линейке от или приводить в печатном виде. На них должны быть обозначены все величины, используемые для решения задания, а также все найденные по ходу решения силы и кинематические характеристики. При этом последние выделяются более жирными линиями или линиями другого цвета.
- В конце 1 и 2 частей ИДЗ необходимо записать ответ в виде коэффициентов  $A$  или  $C$  как в общем (формульном), так и в численном виде.
- В конце 3 части ИДЗ необходимо привести графики изменения обобщенной координаты, фазовой траектории и малых движений механизма.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь

период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	5
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	7
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	14
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	18
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	3
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>92</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Яблонский, Александр Александрович. Курс теоретической механики [Текст] : учеб. для вузов по техн. специальностям / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова, 2011. -603 с. (Введено оглавление)	89
2	Задачи по прикладной механике в области приборостроения [Текст] : Учеб. пособие для вузов по специальностям 190100 "Приборостроение" и 191000 "Технология приборостроения", направления 653700 "Приборостроение" / Ю.А. Борисов, В.А. Гурьянов, В.А. Евгеньев и др, 2004. -520 с	97
3	Динамика [Текст] : метод. указания к выполнению курсовой работы / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И.Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2002. -43 с.	неогр.
4	Лойцянский, Лев Герасимович. Курс теоретической механики [Текст] : [в 2 т. : учеб. пособие для вузов]. Т. 1 : Статика и кинематика : рекомендовано Мин.образования, 1982. -352 с.	896
5	Лойцянский, Лев Герасимович. Курс теоретической механики [Текст] : [в 2 т. : учеб. пособие для вузов]. Т. 2 : Динамика : рекомендовано Мин.образования, 1983. -640 с.	750
Дополнительная литература		
1	Никитин, Николай Никитич. Курс теоретической механики [Текст] : Учеб. для машиностроит. и приборостроит. специальностей вузов / Н.Н. Никитин, 2003. -719 с.	48
2	Жуковский, Николай Егорович. Аналитическая механика. Теория регулирования хода машин. Прикладная механика [Электронный ресурс] : Учебник для вузов / Жуковский Н. Е. ; под ред. Ветчинкина В.П., Чеботарева Н.Г., 2020. -462 с	неогр.
3	Матвеев, Валерий Владимирович. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 200100 -"Приборостроение" / В.В. Матвеев, В.Я. Распопов ; под общ. ред. В.Я. Распопова, 2009. -278 с.	15
4	Лукьянов, Дмитрий Павлович. Прикладная теория гироскопов [Текст] : учеб. для вузов по направлению подгот. 200100 -"Приборостроение" / Д. П. Лукьянов, В. Я. Распопов, Ю. В. Филатов, 2015. -315 с.	14
5	Мещерский, Иван Всеволодович. Сборник задач по теоретической механике [Текст] : учеб. пособ. для вузов / И.В. Мещерский ; под ред. Н.В. Буткевича [и др.], 1986. -448 с.	465

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
6	Сборник задач по аналитической механике [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е.С. Пятницкий, Н.М. Трухан, Ю.И. Ханукаев, Г.Н. Яковенко, 1980. -320 с.	20
7	Яблонский, Александр Александрович. Курс теории колебаний [Текст] : учеб. пособие для вузов / А.А. Яблонский, С.С. Норейко, 2007. -336 с.	25
8	Бутенин, Николай Васильевич. Курс теоретической механики [Текст] : В 2 т.: Учеб. пособие для вузов: Т. 1: Статика и кинематика. Т. 2: Динамика / Н.В.Бутенин, Я.Л.Лунц, Д.Р.Меркин, 2002. -729 с.	28
9	Климов, Дмитрий Михайлович. Инерциальная навигация на море [Электронный ресурс] : Учебное пособие Для вузов / Климов Д. М., Ишлинский А. Ю. ; отв. ред. Ишлинский А. Ю., 2020. -156 с	неогр.

## 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Группа «ТеорМех» <a href="https://vk.com/tmechanika">https://vk.com/tmechanika</a>
2	Научная электронная библиотека: Кватернионы и бикватернионы с приложениями в геометрии и механике. Гордеев В.Н. <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=29395229">https://elibrary.ru/item.asp?id=29395229</a>
3	Научная электронная библиотека: Формализм Лагранжа и Гамильтона в моделировании движений биомеханических систем. Загревский В.И., ЗАГРЕВСКИЙ О.И., Лавшук Д.А. <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=35448525">https://elibrary.ru/item.asp?id=35448525</a>
4	Научная электронная библиотека: Аналитическая механика. Уравнения Лагранжа второго рода. Свободные колебания. Мусалимов В.М., Сергушин П.А. <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=26349066">https://elibrary.ru/item.asp?id=26349066</a>
5	Научная электронная библиотека: Уравнения Лагранжа второго рода. Обобщенные координаты и силы Нехаев В.А., Николаев В.А., Звездин Д.С., Закерничная Н.В. <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=23499739">https://elibrary.ru/item.asp?id=23499739</a>
6	Научная электронная библиотека: Аналитическая механика. Мирзоев А.А., Соболев А.Н. <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=42469034">https://elibrary.ru/item.asp?id=42469034</a>

## 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=9071>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Аналитическая механика» формой промежуточной аттестации является экзамен.

#### Экзамен

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

К экзамену допускаются студенты, набравшие в течение семестра суммарно не менее 55 баллов за выполнение и защиту ИДЗ, а также написание контрольных работ, в соответствии с методикой оценки знаний.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Связь кватернионов с направляющими косинусами, использование.
2	Основные действия над кватернионами.
3	Определение кватернионов.
4	Параметры Родрига-Гамильтона: сложение поворотов, уравнения движения.
5	Связь параметров Родрига-Гамильтона с направляющими косинусами, использование для определения ориентации твердого тела.
6	Определение и физический смысл параметров Родрига-Гамильтона.
7	Вектор конечного поворота: сложение поворотов, уравнения движения.
8	Связь вектора конечного поворота с направляющими косинусами, использование его для определения ориентации твердого тела.
9	Теорема Эйлера о перемещение твердого тела вокруг неподвижной точки. Вектор конечного поворота: параметры, свойства.
10	Теорема Эйлера о перемещение твердого тела вокруг неподвижной точки. Вектор конечного поворота: определение, геометрическое представление.
11	Направляющие косинусы и углы Эйлера: сложение поворотов, матрица перехода и ее свойства.
12	Связь направляющих косинусов с углами Эйлера.
13	Углы Эйлера как параметры ориентации связанной системы координат.
14	Направляющие косинусы как параметры ориентации связанной системы координат.
15	Сферическое движение твердого тела. Связанная система координат.
16	Канонические переменные. Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона. Свойства функции Гамильтона.
17	Кинетический потенциал. Уравнение Лагранжа II рода для консервативной системы. Первые интегралы лагранжевых систем. Циклические координаты.
18	Свободные незатухающие и затухающие колебания.
19	Вывод уравнений Лагранжа II рода. Порядок действий при использовании уравнений Лагранжа II рода.
20	Первое и второе тождества Лагранжа.
21	Общее уравнение динамики. Виртуальная работа сил инерции.

22	Метод кинестатики (принцип Даламбера). Определение сил инерции и моментов сил инерции для различных случаев движения твердого тела.
23	Принцип возможных перемещений. Условие равновесия системы.
24	Идеальные связи. Реакции связей. Принцип освобожденности от связей.
25	Определение обобщенных сил. Способы вычисления обобщенных сил. Диссипативная функция.
26	Потенциальное силовое поле и силовая функция. Потенциальная энергия.
27	Возможные перемещения.
28	Работа сил, приложенных к твердому телу.
29	Элементарная и полная работа силы. Работа некоторых сил.
30	Кинетическая энергия твердого тела при различных случаях его движения.
31	Кинетическая энергия системы материальных точек.
32	Связи и их виды.
33	Обобщенные координаты. Обобщенные скорости.
34	Моменты инерции.

### **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Аналитическая механика** ФИБС

1. Кинетическая энергия системы материальных точек.
2. Вектор конечного поворота: сложение поворотов, уравнения движения.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ЛИНС

Ю.В. Филатов

**Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

### **Контрольная работа №1. Вариант №6**

- 1) Какая из систем координат является ортогональной?

- а. Цилиндрическая;
  - б. Сферическая;
  - в. Верными являются оба варианта (а. и б.);
  - г. Нет правильного ответа.
- 2) Выберите правильное утверждение:
- а. Обобщенные координаты – это другое название декартовых координат;
  - б. Обобщенные координаты могут быть только криволинейными;
  - в. Обобщенные координаты являются взаимозависимыми параметрами;
  - г. Нет правильного ответа.
- 3) При одинаковой массе и диаметре диска и кольца справедливо:
- а. Момент инерции диска в два раза больше момента инерции кольца (относительно оси симметрии);
  - б. Момент инерции диска в два раза меньше момента инерции кольца (относительно оси симметрии);
  - в. Момент инерции диска может быть как больше, так и меньше момента инерции кольца (относительно оси симметрии);
  - г. Нет правильного ответа.
- 4) Как записывается уравнение Эйлера в главных осях инерции (для оси  $y$ )?
- а.  $J_y w'_y + w_x w_z (J_x - J_z) = M_y$ ;
  - б.  $J_y w_x w_z + w'_y (J_x + J_z) = M_y$ ;
  - в.  $(J_x + J_y + J_z) w'_y + J_x w'_x + J_z w'_z = M_y$ ;

г. Нет правильного ответа.

5) Какова кинетическая энергия сплошного однородного цилиндра К массой 5 кг, диаметром 2 м и высотой 3 м, вращающегося вокруг своей оси симметрии  $OO'$  с угловой скоростью 4 рад/с?



<<<EQ3>>>

а. 120 Дж;

б. 40 Дж;

в.  $30\pi$  Дж;

г. Нет правильного ответа.

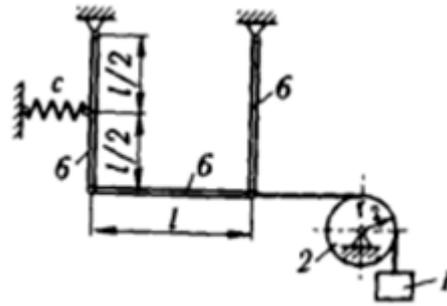
### Контрольная работа №3. Вариант №1

1) Линейные колебания системы с одной степенью свободы (Свободные незатухающие колебания).

2) Вектор конечного поворота (Параметры и свойства).

### Контрольная работа №2. Вариант №1

1) Используя уравнение Лагранжа 2-го рода, для системы, изображенной в положении статического равновесия, определить уравнение малых движений системы около положения статического равновесия при начальных условиях  $x(0) = x_0$  и  $x'(t = 0) = x'_0$



Система в положении равновесия

Принятые обозначения: 1 – груз массой  $m_1$ ; 2,4 – сплошные однородные диски массами  $m_2, m_4$  и радиусами  $r_2, r_4$ , соответственно; 3,5 – однородные блоки массами  $m_3, m_5$  и радиусами инерции  $i_3, i_5$ , соответственно; 6 – тонкий однородный стержень массой  $m_6$  и длиной  $l$ ; 7 – стержень, масса которого не учитывается;  $c$  – коэффициент жесткости пружины.

Трение в опорах не учитывать. Груз 1 перемещается по вертикали.

2) При решении определить приведенные массу системы и жесткость в системе, статическую деформацию пружины, а также уравнение фазовой траектории.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
4	Кинетическая энергия	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
6	Обобщенные силы	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
7	Основные понятия аналитической механики Кинетическая энергия Обобщенные силы Условия равновесия и общее уравнение динамики системы	Контрольная работа
10	Кинетическая энергия Обобщенные силы Условия равновесия и общее уравнение динамики системы Уравнения Лагранжа	Контрольная работа
11	Условия равновесия и общее уравнение динамики системы Уравнения Лагранжа	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
14	Основные понятия аналитической механики Кинетическая энергия Обобщенные силы Условия равновесия и общее уравнение динамики системы Уравнения Лагранжа	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
17	Уравнения Лагранжа Канонические уравнения механики Направляющие косинусы и углы Эйлера-Крылова Вектор конечного поворота Параметры Родрига-Гамильтона Кватернионы	Контрольная работа

### 6.4 Методика текущего контроля

**По дисциплине «Аналитическая механика» предусмотрена текущая аттестация в форме:**

- написание 3 контрольных работ;
- выполнение 3 частей индивидуального домашнего задания и его защита.

При проведении текущей аттестации используется балльная система. Итоговый балл по дисциплине «Аналитическая механика» определяется как сумма баллов, полученных в течение семестра. Он учитывает работу студента в течение семестра как в рамках практической (выполнение контрольной работы №2 и 3-х частей индивидуального домашнего задания, решение задач на практи-

ческих занятиях), так и в рамках теоретической (написание контрольных работ №1 и №3, защита индивидуального домашнего задания) подготовки.

### **Оценка знаний студента в рамках практической подготовки**

Оценка знаний в рамках практической подготовки производится в результате выполнения студентами индивидуального домашнего задания и выполнения контрольной работы № 2 (в форме контрольной задачи). **Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ)** представляет собой задачу по теме «Динамика несвободной механической системы», состоящее из 3 частей:

**1 часть** – «Определение кинетической энергии механизма»,

**2 часть** – «Определение обобщенной силы»

**3 часть** – «Составление дифференциального уравнения движения механизма методом Лагранжа».

В ходе решения ИДЗ исследуется равновесие механизма под действием приложенных сил; с помощью уравнения Лагранжа второго рода изучается движение механизма, выведенного из состояния равновесия.

**Контрольная работа №2** представляет собой задачу на определение уравнения малых движений системы около положения статического равновесия с использованием уравнения Лагранжа второго рода. Решенная контрольная задача сдается в письменной форме; на решение отводится 2 ак. часа.

Максимальное количество баллов за каждое задание:

**1 часть ИДЗ** – 9 баллов,

**2 часть ИДЗ** – 15 баллов,

**3 часть ИДЗ** – 9 баллов,

**контрольная работа №2** – 17 баллов.

Максимальное количество баллов по результатам выполнения индивидуального домашнего задания и решения контрольной задачи составляет **50** баллов.

### **Контрольные точки сдачи ИДЗ и написания контрольной работы №2**

Конкретные сроки проведения контрольных точек сдачи ИДЗ и написания контрольной задачи устанавливаются семестровыми учебными графиками групп. В общем случае (при длительности учебного семестра 17 недель) не позже:

**1 часть ИДЗ – 4 учебной недели,**

**2 часть ИДЗ – 6 учебной недели,**

**3 часть ИДЗ – 11 учебной недели,**

**контрольная работа №2 – 10 учебной недели.**

Если студент не сдал задание (часть ИДЗ) в установленный срок по неуважительной причине, то при проверке и выставлении баллов он теряет от максимально возможной оценки столько баллов, на сколько недель позже установленного было сдано задание.

Сдача заданий после установленных сроков проводится в течение семестра вне часов аудиторных занятий группы или на последней учебной неделе семестра.

При получении студентом за контрольную задачу **менее 12 баллов**, он имеет возможность ее переписать во внеаудиторное время. При этом итоговая оценка за контрольную задачу уменьшается на **3 балла**. Независимо от полученных баллов, из всех контрольных работ студенту предоставляется право переписать только одну. При наличии уважительной причины ненаписания контрольной работы можно переписать ее вне общего учета и без потери баллов.

Активная работа студента на практических занятиях (решение задач, от-

веты на вопросы преподавателя и т.п.) может быть поощрена дополнительными баллами (не более 10 баллов).

### **Оценка знаний студента в рамках теоретической подготовки**

Оценка знаний в рамках теоретической подготовки производится в результате написания студентами двух контрольных работ и защиты ИДЗ. **Контрольные работы** сдаются в письменной форме и охватывают все темы лекционных занятий. Контрольные работы состоят из:

**контрольная работа №1** – 5 вопросов,

**контрольная работа №3** – 2 вопроса.

Контроль по контрольной работе №1 проводится в форме тестовой работы длительностью 10 минут, по контрольной работе №3 – в форме письменной работы длительностью 2 ак. часа. **Защита ИДЗ** проходит на 14 неделе в устной форме и предполагает ответы на несколько теоретических вопросов преподавателя по теме задачи.

Максимальное количество баллов за каждую форму контроля:

**контрольная работа №1** – 15 баллов,

**контрольная работа №3** – 20 баллов,

**защита ИДЗ** – 15 баллов.

Максимальное количество баллов по результатам написания двух контрольных работ и защиты ИДЗ составляет **50** баллов.

### **Контрольные точки написания контрольных работ №1, №3 и защиты ИДЗ**

Конкретные сроки проведения контрольных точек написания контрольных работ и защиты ИДЗ устанавливаются семестровыми учебными графиками групп. В общем случае (при длительности учебного семестра 17 недель) не

позже:

**контрольная работа №1 – 7 учебной недели,**

**контрольная работа №3 – 17 учебной недели.**

День проведения защиты ИДЗ устанавливается преподавателем не позже 14 учебной недели. Защита проводится вне часов аудиторных занятий группы.

Защита ИДЗ после установленных сроков проводится в течение семестра вне часов аудиторных занятий группы или на последней учебной неделе семестра.

При получении студентом за контрольную работу **менее 11 баллов (для контрольной №1)** или **менее 14 баллов (для контрольной №3)**, он имеет возможность ее переписать во внеаудиторное время. При этом итоговая оценка за контрольную работу уменьшается на **3 балла (для контрольной №1)** или **4 балла (для контрольной №3)**. Независимо от полученных баллов, из всех контрольных работ студенту предоставляется право переписать только одну. При наличии уважительной причины ненаписания контрольной работы можно переписать ее вне общего учета и без потери баллов.

### **Допуск на экзамен и повторная аттестация**

Студенты, получившие по результатам текущей аттестации количество баллов ниже порогового значения (**менее 55 баллов**), считаются неуспевающими, не допускаются на экзамен и в дни ликвидации академической задолженности проходят повторную аттестацию.

Экзамен предполагает устный ответ студента на 2 вопроса из билета и оценивается в соответствии с четырехбалльной системой оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно». При аттестации на «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» студент считается получившим положительную оценку и прошедшим аттестацию.

Повторная аттестация включает прием задолженностей по ИДЗ и написание (переписку) контрольных работ (без снижения баллов) до получения количества баллов превышающего пороговое значение (**более 54 баллов**), с последующим прохождением экзамена.

В случае получения неудовлетворительной оценки последующая аттестация является последней и осуществляется только комиссией, назначаемой заведующим кафедрой, проводящей занятия по данной дисциплине. При получении в этом случае неудовлетворительной оценки студент представляется к отчислению за невыполнение учебного плана.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная доска, маркеры.	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная доска, маркеры.	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>