

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра машиноведения, механики и инженерной графики**

Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

**Б1.В.ДВ.08.01**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**23.03.02 Наземные транспортно-технологические машины**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	9
4.3 Лабораторные работы.....	21
4.4 Практические занятия.....	21
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	21
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>24</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>25</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>25</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>26</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>26</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ	27
9.2. Методические указания по выполнению контрольных работ.....	39
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>39</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>41</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>42</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>49</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>50</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому, научно-исследовательскому видам профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

Приобретение студентом необходимого объема фундаментальных знаний в области механического взаимодействия, равновесия и движения материальных тел, на базе которых строится большинство специальных дисциплин инженерно-технического образования.

## Задачи дисциплины

- изучение механической компоненты современной естественнонаучной картины мира, понятий и законов механики;
- изучение методов применения законов механики к решению конкретных задач по исследованию различных видов движения материальных объектов;
- овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области курса теоретическая механика, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений;
- рассмотрение особенностей приложения методов механики к частным инженерным задачам с учетом будущей специальности;
- формирование устойчивых навыков по применению фундаментальных положений механики при научном анализе ситуаций, с которыми специалисту приходится сталкиваться в процессе эксплуатации машин и механизмов строительной промышленности, а также уметь выбирать из них наиболее целесообразные для данного технологического процесса.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-4	способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач.	<b>Знать:</b> - основные подходы к формализации и моделированию движения и равновесия материальных тел; постановку и методы решения задач о движении и равновесии механических систем; <b>уметь:</b> - применять знания, полученные по теоретической механике при изучении дисциплин профессионального цикла; <b>владеть:</b> - основными современными методами постановки, исследования и решения задач механики.
ПК-4	способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и	<b>знать:</b> - понятия и законы механики, основы разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин; <b>уметь:</b> - применять законы механики в решении научно-технических задач, разрабатывать конструкторско-техническую документацию в

	комплексов	составе коллектива исполнителей новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов; <b>владеть:</b> - навыками научно-технических задач в области курса теоретическая механика, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений, разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин в составе коллектива исполнителей.
ПК-5	способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин	<b>знать:</b> - фундаментальные положения механики, основы разработки проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин; <b>уметь:</b> - разрабатывать в составе коллектива исполнителей проекты технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин, используя фундаментальные положения механики; <b>владеть:</b> - важнейшими методами решения научно-технических задач в области курса теоретическая механика, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений для разработки проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин в составе коллектива исполнителей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.01 Теоретическая механика относится к вариативной части.

Дисциплина Теоретическая механика базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин основных общеобразовательных программ.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Теоретическая механика представляет основу для изучения дисциплин: Сопротивление материалов, Детали машин и основы конструирования, Теория механизмов машин.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Для набора 2014-2017 гг.

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	1	2	180	72	36	36	-	72	2к2к	экзамен
Заочная	1	-	180	16	8	8	-	155	1к1к	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	1	-	180	12	6	6	-	159	1к	экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Для набора 2018 г.

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	1	2	180	72	36	36	-	72	2к	экзамен
Заочная	1	-	180	16	8	8	-	155	1к	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудо- емкость (час.)	в т.ч. в интерактив- ной, актив- ной, иннова- ционной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			2
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	72	27	72
Лекции (Лк)	36	12	36
Лабораторные работы (ЛР)	36	15	36
Контрольная работа	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	72	-	72
Подготовка к лабораторным работам	16	-	16
Выполнение контрольной работы	40	-	40
Подготовка к экзамену	16	-	16
<b>III. Промежуточная аттестация</b> экзамен	36		36
Общая трудоемкость дисциплины	час.	180	180
	зач. ед.	5	5

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудо- ем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятел ьная работа обучаю- щихся*
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Статика: связи и их реакции, равновесие системы сил.</b>	<b>50</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
1.1.	Основные понятия статики.	5	2	-	3
1.2.	Системы сил.	5	2	-	3
1.3.	Связи и их реакции.	9	2	4	3
1.4.	Момент силы.	5	2	-	3
1.5.	Пара сил.	6	2	-	4
1.6.	Теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы.	6	2	-	4
1.7.	Уравнения равновесия плоской системы сил.	14	2	8	4
<b>2.</b>	<b>Кинематика: кинематика точки, сложное движение точки, простейшие и</b>	<b>38</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>24</b>

	<b>сложные движения твердого тела.</b>				
2.1.	Кинематика точки.	6	1	-	5
2.2.	Скорость и ускорение точки при координатном и естественном способах задания движения.	6	1	-	5
2.3.	Поступательное и вращательное движения твердого тела, уравнения движения.	8	1	4	5
2.4.	Сложное движение точки: абсолютное, относительное и переносное движения точки, теорема о сложении скоростей.	8	1	4	5
2.5.	Плоскопараллельное движение твердого тела: уравнения движения, мгновенный центр скоростей и определение скоростей точек тела по м.ц.с.	10	2	-	4
<b>3.</b>	<b>Динамика: законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, принципы динамики.</b>	<b>56</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>24</b>
3.1.	Динамика материальной точки, две основные задачи динамики материальной точки.	10	4	-	6
3.2.	Механическая система, внешние и внутренние силы, свойства внутренних сил, момент инерции, радиус инерции, теорема о моментах инерции относительно параллельных осей.	12	4	2	6
3.3.	Общие теоремы динамики: количество движения, теоремы об изменении количества движения, кинетический момент, теорема об изменении кинетического момента, работа силы, мощность, теорема об изменении кинетической энергии.	14	4	4	6
3.4.	Принципы механики: принцип Даламбера для материальной точки (метод кинетостатики), сила инерции, возможные перемещения, возможная работа, принцип возможных перемещений.	20	4	10	6
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>72</b>

- для заочной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятел ьная работа обучаю- щихся*
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Статика: связи и их реакции, равновесие системы сил.</b>	<b>55</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>51</b>
1.1.	Основные понятия статики.	5,4	0,2	0,2	5
1.2.	Системы сил.	6,6	0,3	0,3	6
1.3.	Связи и их реакции.	8,6	0,3	0,3	8
1.4.	Момент силы.	8,6	0,3	0,3	8
1.5.	Пара сил.	8,6	0,3	0,3	8
1.6.	Теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы.	8,6	0,3	0,3	8
1.7.	Уравнения равновесия плоской системы сил.	8,6	0,3	0,3	8
<b>2.</b>	<b>Кинематика: кинематика точки, сложное движение точки, простейшие и сложное движения твердого тела.</b>	<b>56</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>52</b>
2.1.	Кинематика точки.	11,2	0,4	0,4	10,4
2.2.	Скорость и ускорение точки при координатном и естественном способах задания движения.	11,2	0,4	0,4	10,4
2.3.	Поступательное и вращательное движения твердого тела, уравнения движения.	11,2	0,4	0,4	10,4
2.4.	Сложное движение точки: абсолютное, относительное и переносное движения точки, теорема о сложении скоростей.	11,2	0,4	0,4	10,4
2.5.	Плоскопараллельное движение твердого тела: уравнения движения, мгновенный центр скоростей и определение скоростей точек тела по м.п.с.	11,2	0,4	0,4	10,4
<b>3.</b>	<b>Динамика: законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, принципы динамики.</b>	<b>60</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>52</b>
3.1.	Динамика материальной точки, две основные задачи динамики материальной точки.	15	1	1	13
3.2.	Механическая система, внешние и внутренние силы,	15	1	1	13

	свойства внутренних сил, момент инерции, радиус инерции, теорема о моментах инерции относительно параллельных осей.				
3.3.	Общие теоремы динамики: количество движения, теоремы об изменении количества движения, кинетический момент, теорема об изменении кинетического момента, работа силы, мощность, теорема об изменении кинетической энергии.	15	1	1	13
3.4.	Принципы механики: принцип Даламбера для материальной точки (метод кинетостатики), сила инерции, возможные перемещения, возможная работа, принцип возможных перемещений.	15	1	1	13
	<b>ИТОГО</b>	<b>171</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>155</b>

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся*
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Статика: связи и их реакции, равновесие системы сил.</b>	<b>57</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>53</b>
1.1.	Основные понятия статики.	7.2	0.2	-	7
1.2.	Системы сил.	7.2	0.2	-	7
1.3.	Связи и их реакции.	8.3	0.3	1	7
1.4.	Момент силы.	8.2	0.2	-	8
1.5.	Пара сил.	8.3	0.3	-	8
1.6.	Теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы.	8.4	0.4	-	8
1.7.	Уравнения равновесия плоской системы сил.	9.4	0.4	1	8
<b>2.</b>	<b>Кинематика: кинематика точки, сложное движение точки, простейшие и сложное движения твердого тела.</b>	<b>57</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>53</b>
2.1.	Кинематика точки.	10.5	0.5	-	10
2.2.	Скорость и ускорение точки при координатном и естественном способах задания движения.	10.5	0.5	-	10
2.3.	Поступательное и вращательное движения	12.4	0.4	1	11

	твёрдого тела, уравнения движения.				
2.4.	Сложное движение точки: абсолютное, относительное и переносное движения точки, теорема о сложении скоростей.	12.4	0.4	1	11
2.5.	Плоскопараллельное движение твёрдого тела: уравнения движения, мгновенный центр скоростей и определение скоростей точек тела по м.ц.с.	11.2	0.2	-	11
<b>3.</b>	<b>Динамика: законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, принципы динамики.</b>	<b>57</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>53</b>
3.1.	Динамика материальной точки, две основные задачи динамики материальной точки.	13.5	0.5	-	13
3.2.	Механическая система, внешние и внутренние силы, свойства внутренних сил, момент инерции, радиус инерции, теорема о моментах инерции относительно параллельных осей.	14	0.5	0.5	13
3.3.	Общие теоремы динамики: количество движения, теоремы об изменении количества движения, кинетический момент, теорема об изменении кинетического момента, работа силы, мощность, теорема об изменении кинетической энергии.	14	0.5	0.5	13
3.4.	Принципы механики: принцип Даламбера для материальной точки (метод кинетостатики), сила инерции, возможные перемещения, возможная работа, принцип возможных перемещений.	15.5	0.5	1	14
	<b>ИТОГО</b>	<b>171</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>159</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

<i>№ раздела и темы</i>	<i>Наименование раздела и темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4
1.	<b>Статика: связи и их реакции, равновесие системы сил.</b>		
1.1.	Основные понятия статики.	<p>Статика – раздел механики, в котором излагается общее учение о силах и изучаются условия равновесия материальных тел, находящихся под действием сил.</p> <p>Равновесие – это состояние покоя тела по отношению к другим телам. В общем курсе механики рассматриваются обычно только задачи о равновесии твердых тел.</p> <p>Абсолютно твердым телом называют такое тело, расстояние между любыми двумя точками которого всегда остается постоянным.</p> <p>Состояние равновесия или движения данного тела зависит от характера его механических взаимодействий с другими телами, т.е. от тех давлений, притяжений или отталкиваний, которые тело испытывает в результате этих взаимодействий. Величина, являющаяся основной мерой механического взаимодействия материальных тел, называется в механике силой.</p> <p>Рассматриваемые в механике величины можно разделить на скалярные, т.е. такие, которые полностью характеризуются их числовым значением, и векторные, т.е. такие, которые помимо числового значения характеризуются еще и направлением в пространстве.</p> <p>Сила - величина векторная. Ее действие на тело определяется: 1) числовым значением или модулем силы, 2) направлением силы, 3) точкой приложения силы.</p> <p>Совокупность сил, действующих на какое-нибудь твердое тело, будем называть системой сил.</p> <p>Тело, не скрепленное с другими телами, которому из данного положения можно сообщить любое перемещение в пространстве, называется свободным.</p> <p>Если одну систему сил, действующих на свободное твердое тело, можно заменить другой системой, не изменяя при этом состояния покоя или движения, в котором находится тело, то такие две системы сил называются эквивалентными.</p> <p>Система сил, под действием которой свободное твердое тело может находиться в покое, называется уравновешенной или эквивалентной нулю.</p> <p>Если данная система сил эквивалентна одной</p>	лекция прес-конференция 2 ч.

		<p>силе, то эта сила называется равнодействующей данной системы сил.</p> <p>Сила, равная равнодействующей по модулю, прямо противоположная ей по направлению и действующая вдоль той же прямой, называется уравновешивающей силой.</p> <p>Силы, действующие на твердое тело, можно разделить на внешние и внутренние. Внешние называются силы, действующие на частицы данного тела со стороны других материальных тел. Внутренними называются силы, с которыми частицы данного тела действуют друг на друга.</p> <p>Сила, приложенная к телу в какой-нибудь одной его точке, называется сосредоточенной. Силы, действующие на все точки данного объема или данной части поверхности тела, называются распределенными.</p>	
1.2.	Системы сил.	<p>Системой сил будем называть совокупность сил, действующих на рассматриваемое тело или тела. Если линии действия всех сил лежат в одной плоскости, система сил называется плоской, а если эти линии действия не лежат в одной плоскости, - пространственной. Кроме того, силы, линии действия которых пересекаются в одной точке, называются сходящимися, а силы, линии действия которых параллельны друг другу, - параллельными.</p>	лекция прес-конференция 2 ч.
1.3.	Связи и их реакции.	<p>Тело, которое может совершать из данного положения любые перемещения в пространстве, называется свободным. Тело, перемещения которого в пространстве препятствуют какие-нибудь другие, скрепленные или соприкасающиеся с ним, тела, называется несвободным. Все то, что ограничивает перемещения данного тела в пространстве, называют связью.</p> <p>Тело, стремясь под действием приложенных сил осуществить перемещение, которому препятствует связь, будет действовать на нее с некоторой силой, называемой силой давления на связь.</p> <p>Сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя тем или иным его перемещениям, называется силой реакции связи или просто реакцией связи.</p>	лекция прес-конференция 2 ч.
1.4.	Момент силы.	<p>Точку, относительно которой берется момент, называют центром момента, а момент силы относительно этой точки – моментом относительно центра. Если под действием приложенной силы тело может совершать вращение вокруг некоторой точки, то момент силы относительно этой точки будет характеризовать вращательный эффект силы.</p> <p>Момент силы относительно центра не изменится при переносе точки приложения силы вдоль ее линии действия. Момент силы относительно центра <math>O</math> равен нулю или когда сила равна нулю, или когда линия действия силы проходит через центр <math>O</math> (плечо равно нулю).</p>	лекция прес-конференция 2 ч.

1.5.	Пара сил.	<p>Парой сил называется система двух равных по модулю, параллельных и направленных в противоположные стороны сил, действующих на абсолютно твердое тело.</p> <p>Плоскость, проходящая через линии действия сил пары, называется плоскостью действия пары. Расстояние между линиями действия сил пар называется плечом пары. Действие пары сил на твердое тело сводится к некоторому вращательному эффекту, который характеризуется величиной, называемой моментом пары. Этот момент определяется: 1) его модулем, равным произведению <math>Fd</math>; 2) положением в пространстве плоскости действия пары; 3) направлением поворота пары в этой плоскости. Как и момент силы относительно центра, эта величина векторная.</p> <p>Момент пары равен сумме моментов относительно любого центра <math>O</math> сил, образующих пару.</p> <p>Две пары сил, имеющие одинаковые моменты, эквивалентны.</p>	лекция прес-конференция 2 ч.
1.6.	Теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы.	Теорема Вариньона о моменте равнодействующей: если данная система сил имеет равнодействующую, то момент равнодействующей относительно любого центра $O$ равен сумме моментов сил системы относительно того же центра.	лекция прес-конференция 2 ч.
1.7.	Уравнения равновесия плоской системы сил.	<p>Для равновесия любой плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы одновременно выполнялись условия: <math>R = 0, M_0 = 0</math>.</p> <p>Здесь <math>O</math> - любая точка плоскости.</p> <p>Найдем вытекающие из равенств аналитические условия равновесия.</p> <p>Величины <math>R</math> и <math>M_0</math> определяются равенствами:</p> $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad M_0 = \sum m_0(\overline{F_k}),$ <p>где <math>R_x = \sum F_{kx}, \quad R_y = \sum F_{ky}</math>. Но <math>R</math> может равняться нулю только тогда, когда одновременно <math>R_x = 0</math> и <math>R_y = 0</math>. Следовательно, условия будут выполнены, если будет:</p> $\sum F_{kx} = 0, \quad \sum F_{ky} = 0, \quad \sum m_0(\overline{F_k}) = 0.$ <p>Равенства выражают, следующие аналитические условия равновесия: для равновесия произвольной плоской системы сил, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух координатных осей и сумма их моментов относительно любого центра, лежащего в плоскости действия сил, были равны нулю.</p> <p>Теорема о трех моментах. Для равновесия плоской системы сил, действующих на твердое тело, необходимо и достаточно, чтобы суммы моментов этих сил системы относительно трех любых точек, расположенных в плоскости действия сил и не лежащих на одной прямой, были равны нулю.</p> $\sum M_A(\overline{F_i}) = 0; \quad \sum M_B(\overline{F_i}) = 0;$	

		$\sum M_C(\overline{F}_i) = 0$	
2.	<b>Кинематика: кинематика точки, сложное движение точки, простейшие и сложное движения твердого тела.</b>		
2.1.	Кинематика точки.	<p>Кинематикой называется раздел механики, в котором изучаются геометрические свойства движения тел без учета их инертности (массы) и действующих на них сил. Кинематика представляет собой, с одной стороны, введение в динамику, т.к. установление основных кинематических понятий и зависимостей необходимо для изучения движения тел с учетом действия сил. С другой стороны, методы кинематики имеют и самостоятельное практическое значение, например, при изучении передач движения в механизмах.</p> <p>Под движением понимаем в механике изменение с течением времени положения данного тела в пространстве по отношению к другим телам.</p> <p>Для определения положения движущегося тела в разные моменты времени с телом, по отношению к которому изучается движение, жестко связывают какую-нибудь систему координат, образующую вместе с этим телом систему отсчета.</p> <p>Всякий данный момент времени <math>t</math> определяется числом секунд, прошедших от начального момента до данного; разность между какими-нибудь двумя последовательными моментами времени называется промежутком времени.</p> <p>Кинематически задать движение или закон движения тела – значит задать положение этого тела (точки) относительно данной системы отсчета в любой момент времени.</p> <p>Основная задача кинематики точки и твердого тела состоит в том, чтобы, зная закон движения точки (тела), установить методы определения всех кинематических величин, характеризующих данное движение.</p>	-
2.2.	Скорость и ускорение точки при координатном и естественном способах задания движения.	<p>Для задания движения точки можно применять один из следующих трех способов:</p> <p>1) векторный, 2) координатный, 3) естественный.</p> <p>Одной из основных кинематических характеристик движения точки является векторная величина, называемая скоростью точки.</p> <p>Известно, что при движении точки по прямой линии с постоянной скоростью, равномерно, скорость её определяется делением пройденного расстояния <math>s</math> на время:</p> $v = \frac{s}{t}$ <p>При неравномерном движении эта формула не годится.</p> <p>Скоростью точки в данный момент времени <math>t</math> называется векторная величина <math>v</math>, к которой</p>	-

стремится средняя скорость  $v_{cp}$  при стремлении промежутка времени  $\Delta t$  к нулю:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\vec{v}_{cp}) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \quad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}.$$

Итак, вектор скорости точки в данный момент времени равен первой производной от радиуса-вектора точки по времени.

Так как предельным направлением секущей  $MM_1$  является касательная, то вектор скорости точки в данный момент времени направлен по касательной к траектории точки в сторону движения.

Определение скорости точки при координатном способе задания движения

Вектор скорости точки  $\vec{v} = d\vec{r}/dt$ , учитывая, что  $r_x = x$ ,  $r_y = y$ ,  $r_z = z$ , найдем:

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}.$$

Определение скорости точки при естественном способе задания движения

Величину скорости можно определить как предел ( $\Delta r$  – длина хорды  $MM_1$ ):

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta s}{\Delta s} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta s} \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

где  $\Delta s$  – длина дуги  $MM_1$ . Первый предел равен

$$\frac{ds}{dt}$$

единице, второй предел – производная

Ускорением точки называется векторная величина, характеризующая изменение с течением времени модуля и направления скорости точки.

Определение ускорения при координатном способе задания движения

Вектор ускорения точки  $\vec{a} = d\vec{v}/dt$  в проекции на оси получаем:

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}, \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2},$$

$$a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}$$

или

$$a_x = \dot{v}_x = \ddot{x}, \quad a_y = \dot{v}_y = \ddot{y}, \quad a_z = \dot{v}_z = \ddot{z},$$

т.е. проекция ускорения точки на координатные оси равны первым производным от проекций скорости или вторым производным от соответствующих координат точки по времени.

Определение ускорения при естественном способе задания движения. Касательное и нормальное ускорение точки

При естественном способе задания движения вектор  $\vec{a}$  определяют по его проекциям на оси  $M\pi b$ , имеющие начало в точке  $M$  и

		<p>движущиеся вместе с нею (рис.8). Эти оси, называемые осями естественного трехгранника (или скоростными (естественными) осями), направлены следующим образом: ось <math>M\tau</math> - вдоль касательной к траектории в сторону положительного отсчета расстояния <math>s</math>; ось <math>Mn</math> - по нормали, лежащей в соприкасающейся плоскости и направленной в сторону вогнутости траектории; ось <math>Mb</math> - перпендикулярно к первым двум так, чтобы она образовала с ними правую тройку. Нормаль <math>Mn</math>, лежащая в соприкасающейся плоскости (в плоскости самой кривой, если кривая плоская), называется главной нормалью, а перпендикулярная к ней нормаль <math>Mb</math> - бинормалью.</p>	
2.3.	<p>Поступательное и вращательное движения твердого тела, уравнения движения.</p>	<p>В кинематике будем рассматривать все твердые тела как абсолютно твердые. Задачи кинематики твердого тела распадаются на 2 части:</p> <p>1) задание движения и определение кинематических характеристик движения тела в целом; 2) определение кинематических характеристик движения отдельных точек тела.</p> <p>Поступательным называется такое движение твердого тела, при котором любая прямая, проведенная в этом теле, перемещается, оставаясь параллельной своему начальному направлению.</p> <p>Свойства поступательного движения определяются следующей теоремой: при поступательном движении все точки тела описывают одинаковые (при наложении совпадающие) траектории и имеют в каждый момент времени одинаковые по модулю и направлению скорости и ускорения.</p> <p>Вращательным движением твердого тела вокруг неподвижной оси называется такое его движение, при котором какие-нибудь две точки, принадлежащие телу (или неизменно с ним связанные), остаются во все время движения неподвижными. Проходящая через неподвижные точки <math>A</math> и <math>B</math> прямая <math>AB</math> называется осью вращения.</p> <p>Числовое значение угловой скорости тела в данный момент времени равно первой производной от угла поворота по времени.</p>	-
2.4.	<p>Сложное движение точки: абсолютное, относительное и переносное движения точки, теорема о сложении скоростей.</p>	<p>Если угловая скорость тела остается во все время движения постоянной (<math>\omega = \text{const}</math>), то вращение тела называется равномерным. Найдем закон равномерного вращения. Из формулы имеем <math>d\varphi = \omega dt</math>.</p> <p>Отсюда, считая, что в начальный момент времени <math>t=0</math> угол <math>\varphi = \varphi_0</math>, и беря интегралы слева от <math>\varphi_0</math> до <math>\varphi</math>, а справа от 0 до <math>t</math>, получим окончательно</p> $\varphi = \varphi_0 + \omega t$ <p>Из равенства следует, что при равномерном</p>	-

вращении, когда  $\varphi_0 = 0$

$$\varphi = \omega t \quad \text{и} \quad \omega = \varphi / t$$

В технике скорость равномерного вращения часто определяют числом оборотов в минуту, обозначая эту величину через  $n$  об/мин. Найдем зависимость между  $n$  об/мин и  $\omega$  1/с. При одном обороте тело повернется на угол  $2\pi$ , а при  $n$  оборотах на  $2\pi n$ ; этот поворот делается за время  $t = 1$  мин = 60 сек. Из равенства следует тогда, что

$$\omega = \pi \cdot n / 30 \approx 0,1n.$$

Если угловое ускорение тела во все время движения остается постоянным ( $\varepsilon = \text{const}$ ), то вращение называется равнопеременным. Найдем закон равнопеременного вращения, считая, что в начальный момент времени  $t=0$  угол  $\varphi = \varphi_0$ , а угловая скорость  $\omega = \omega_0$  ( $\omega_0$  - начальная угловая скорость).

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$$

Из формулы имеем  $d\omega = \varepsilon \cdot dt$ .

Интегрируя левую часть в пределах от  $\omega_0$  до  $\omega$ , а правую - в пределах от 0 до  $t$ , найдем  $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ ,

$$d\varphi / dt = \omega_0 + \varepsilon t \quad \text{или} \quad d\varphi = \omega_0 dt + \varepsilon t dt$$

Вторично интегрируя, найдем отсюда закон равнопеременного вращения

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \varepsilon t^2 / 2$$

Если величины  $\omega$  и  $\varepsilon$  имеют одинаковые знаки, то вращение будет равноускоренным, а если разные - равнозамедленным.

Установив характеристики движения всего тела в целом, перейдем к изучению движения отдельных его точек.

1. Скорости точек тела. Рассмотрим какую-нибудь точку  $M$  твердого тела, находящуюся на расстоянии  $h$  от оси вращения. При вращении тела точка  $M$  будет описывать окружность радиуса  $h$ , плоскость которой перпендикулярна оси вращения, а центр  $C$  лежит на самой оси. Если за время  $dt$  происходит элементарный поворот тела на угол  $d\varphi$ , то точка  $M$  при этом совершает вдоль своей траектории элементарное перемещение  $ds = h d\varphi$ . Тогда числовое значение скорости точки будет равно отношению  $ds$  к  $dt$ , т.е

$$v = \frac{ds}{dt} = h \frac{d\varphi}{dt} \quad \text{или} \quad v = h\omega$$

Числовое значение скорости точки вращающегося твердого тела равно произведению угловой скорости тела на расстояние от этой точки до оси вращения.

2. Ускорения точек тела. Для нахождения ускорения точки  $M$  воспользуемся формулами

		$a_\tau = dv/dt, a_n = v^2/\rho.$ В нашем случае $\rho = h$ . Подставляя значение $v$ в выражения $a_\tau$ и $a_n$ , получим: $a_\tau = h \frac{d\omega}{dt}, a_n = \frac{h^2 \omega^2}{h}$ или окончательно: $a_\tau = h\varepsilon, a_n = h\omega^2.$ 3. Векторы скорости и ускорения точек тела. Чтобы найти выражения непосредственно для векторов $v$ и $a$ , проведем из произвольной точки $O$ оси $AB$ радиус-вектор $\vec{r}$ точки $M$ (рис. 17). Тогда $h = r \sin \alpha$ и по формуле $ v  =  \omega h =  \omega r \cdot \sin \alpha$ или $ v  =  \vec{\omega} \times \vec{r} $ .	
2.5.	Плоскопараллельное движение твердого тела: уравнения движения, мгновенный центр скоростей и определение скоростей точек тела по м.ц.с.	Плоскопараллельным (или плоским) называется такое движение твердого тела, при котором все его точки перемещаются параллельно некоторой фиксированной плоскости $\Pi$ . Частным случаем плоскопараллельного движения является вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси. Уравнения, определяющие закон происходящего движения, называются уравнениями движения плоской фигуры в ее плоскости. Они же являются уравнениями плоскопараллельного движения твердого тела. Основными кинематическими характеристиками плоскопараллельного движения являются скорость и ускорение поступательного движения, равные скорости и ускорению полюса, а также угловая скорость и угловое ускорение вращательного движения вокруг полюса. Тело с одной неподвижной точкой можно переместить из одного положения в другое поворотом вокруг некоторой оси, проходящей через неподвижную точку $O$ . Это утверждение – есть теорема Даламбера-Эйлера. Мгновенным центром скоростей называется точка плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. Скорости точек плоской фигуры определяются в данный момент времени так, как если бы движение фигуры было вращением вокруг мгновенного центра скоростей.	-
3.	<b>Динамика: законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, принципы динамики.</b>		-
3.1.	Динамика материальной точки, две основные задачи динамики материальной точки.	Динамикой называется раздел механики, в котором изучается движение материальных тел под действием сил. В динамике, в отличие от кинематики, при изучении движения тел принимают во внимание как действующие на	-

		<p>них силы, так и инертность самих материальных тел.</p> <p>Инертность и представляет собой свойство материальных тел быстрее или медленнее изменять скорость своего движения под действием приложенных сил. Если, например, при действии одинаковых сил изменение скорости первого тела происходит медленнее, чем второго, то говорят, что первое тело является более инертным, и наоборот.</p> <p>Количественной мерой инертности данного тела является физическая величина, называемая массой тела. В механике масса <math>m</math> рассматривается как величина скалярная, положительная и постоянная для каждого данного тела.</p> <p>В общем случае движение тела зависит не только от его суммарной массы и приложенных сил; характер движения может еще зависеть от формы тела, точнее от взаимного расположения образующих его частиц (т. е. от распределения масс).</p> <p>Чтобы при первоначальном изучении динамики иметь возможность отвлечься от учета влияния формы тел (распределения масс), вводится понятие о материальной точке.</p> <p>Материальной точкой называют материальное тело (тело, имеющее массу), размерами которого при изучении его движения можно пренебречь.</p> <p>В основе динамики лежат законы, установленные путем обобщения результатов целого ряда опытов и наблюдений над движением тел и проверенные обширной общественно-исторической практикой человечества. Систематически эти законы были впервые изложены И. Ньютоном.</p> <p>Первый закон (закон инерции), открытый Галилеем, гласит: изолированная от внешних воздействий материальная точка сохраняет свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока приложенные силы не заставят ее изменить это состояние. Движение, совершаемое точкой при отсутствии сил, называется движением по инерции.</p> <p>Второй закон (основной закон динамики) гласит: произведение массы точки на ускорение, которое она получает под действием данной силы, равно по модулю этой силе, а направление ускорения совпадает с направлением силы.</p> <p>Третий закон (закон равенства действия и противодействия) устанавливает характер механического взаимодействия между материальными телами. Для двух материальных точек он гласит: две материальные точки действуют друг на друга с силами, равными по модулю и направленными вдоль прямой, соединяющей эти точки, в противоположные стороны.</p> <p>Четвертый закон (закон независимого действия</p>	
--	--	---	--

		<p>сил). При одновременном действии на материальную точку нескольких сил ускорение точки относительно инерционной системы отсчета от действия каждой отдельной силы не зависит от наличия других, приложенных к точке, сил и полное ускорение равно векторной сумме ускорений от действия отдельных сил.</p> $m \cdot \vec{a}_i = \vec{F}_i; \quad \vec{a} = \sum_i \vec{a}_i$ <p>Задачи динамики для свободной и несвободной материальной точки  Для свободной материальной точки задачами динамики являются следующие: 1) зная закон движения точки, определить действующую на нее силу (первая задача динамики); 2) зная действующие на точку силы, определить закон движения точки (вторая или основная задача динамики).  Решаются обе эти задачи с помощью уравнений, выражающих основной закон динамики, так как эти уравнения связывают ускорение <math>\vec{a}</math> т.е. величину, характеризующую движение точки, и действующие на нее силы.</p>	
3.2.	<p>Механическая система, внешние и внутренние силы, свойства внутренних сил, момент инерции, радиус инерции, теорема о моментах инерции относительно параллельных осей.</p>	<p>С помощью дифференциальных уравнений движения решается вторая задача динамики. Правила составления таких уравнений зависят от того, каким способом хотим определить движение точки.</p> <p>1) Определение движения точки координатным способом.  2) Определение движения точки естественным способом.</p> <p>Координатным способом обычно определяют движение точки, не ограниченные какими-либо условиями, связями. Если на движение точки наложены ограничения, на скорость или координаты, то определить такое движение координатным способом совсем не просто. Удобнее использовать естественный способ задания движения.</p>	-
3.3.	<p>Общие теоремы динамики: количество движения, теоремы об изменении количества движения, кинетический момент, теорема об изменении кинетического момента, работа силы, мощность, теорема об изменении кинетической энергии.</p>	<p>Для решения многих задач динамики, особенно в динамике системы, вместо метода интегрирования дифференциальных уравнений движения оказывается более удобным пользоваться так называемыми общими теоремами, являющимися следствиями основного закона динамики.</p> <p>Значение общих теорем состоит в том, что они устанавливают наглядные зависимости между основными динамическими характеристиками движения материальных тел и открывают тем самым новые возможности исследования движений механических систем, широко применяемые в инженерной практике. Кроме того, общие теоремы позволяют изучать отдельные, практически важные стороны данного явления, не изучая явление в целом. Наконец, применение общих теорем избавляет от необходимости проделывать для каждой задачи</p>	-

те операции интегрирования, которые раз и навсегда производятся при выводе этих теорем; тем самым упрощается процесс решения. Сейчас мы рассмотрим, как выглядят эти теоремы для одной материальной точки.

Основными динамическими характеристиками движения точки являются количество движения и кинетическая энергия.

Количеством движения точки называется векторная величина  $m\vec{v}$  равная произведению массы точки на вектор ее скорости. Направлен вектор  $m\vec{v}$  так же, как и скорость точки, т. е. по касательной к ее траектории.

Кинетической энергией (или живой силой) точки называется скалярная величина  $mv^2/2$ , равная половине произведения массы точки на квадрат ее скорости.

Для характеристики действия, оказываемого на тело силой за некоторый промежуток времени, вводится понятие об импульсе силы. Введем сначала понятие об элементарном импульсе, т. е. об импульсе за бесконечно малый промежуток времени  $dt$ . Элементарным импульсом силы называйся векторная величина  $d\vec{S}$ , равная произведению вектора силы  $\vec{F}$  на элементарный промежуток времени  $dt$

$$d\vec{S} = \vec{F}dt .$$

Теорема об изменении количества движения точки

Так как масса точки постоянна, а ее ускорение

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} ,$$

то уравнение, выражающее основной закон динамики, можно представить в виде

$$\frac{d(m\vec{v})}{dt} = \sum \vec{F}_k .$$

Уравнение выражает одновременно теорему об изменении количества движения точки в дифференциальной форме: производная по времени от количества движения точки равна геометрической сумме действующих на точку сил.

Из двух основных динамических характеристик, величина  $m\vec{v}$  является векторной. Иногда при изучении движения точки вместо изменения самого вектора  $m\vec{v}$  оказывается необходимым рассматривать изменение его момента. Момент вектора  $m\vec{v}$  относительно данного центра  $O$  или оси  $z$  обозначается  $m_0(m\vec{v})$  или  $m_z(m\vec{v})$  и называется соответственно моментом количества движения или кинетическим моментом точки относительно этого центра (оси). Вычисляется момент вектора  $m\vec{v}$  так же, как и момент силы. При этом вектор  $m\vec{v}$  считается приложенным к движущейся точке. По модулю  $m_0|m\vec{v}| = mvh$ , где  $h$  - длина перпендикуляра, опущенного из

		<p>центра <math>O</math> на направление вектора <math>m\vec{v}</math>.</p> <p>Мощностью называется величина, определяющая работу, совершаемую силой в единицу времени.</p> <p>Работа силы на любом перемещении <math>M_0M_1</math> равна взятому вдоль этого перемещения интегралу от элементарной работы.</p>	
3.4.	<p>Принципы механики: принцип Даламбера для материальной точки (метод кинетостатики), сила инерции, возможные перемещения, возможная работа, принцип возможных перемещений.</p>	<p>Принцип Даламбера: если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних и внутренних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной и к ней можно применять все уравнения статики.</p> <p>Значение принципа Даламбера состоит в том, что при непосредственном его применении к задачам динамики уравнения движения системы составляются в форме хорошо известных уравнений равновесия; это делает единообразным подход к решению задач и часто упрощает соответствующие расчеты.</p> <p>Элементарная работа силы равна проекции силы на направление перемещения точки, умноженной на элементарное перемещение <math>ds</math> или элементарная работа силы равна произведению модуля силы на элементарное перемещение <math>ds</math> и на косинус угла между направлением силы и направлением перемещения.</p> <p>Мощностью называется величина, определяющая работу, совершаемую силой в единицу времени. Если работа совершается равномерно, то мощность</p> $W = \frac{A}{t},$ <p>где <math>t</math> - время, в течение которого произведена работа <math>A</math>. В общем случае</p> $W = \frac{dA}{dt} = \frac{F_{\tau} ds}{dt} = F_{\tau} V.$	-

### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Связи и их реакции. Равновесие твердого тела.	4	разбор конкретных ситуаций (2 ч.)
2		Равновесие механизма.	4	разбор конкретных ситуаций (1 ч.)
3		Положение центра тяжести плоской фигуры.	4	разбор конкретных ситуаций (2 ч.)
4	2.	Кинематика прямолинейного и криволинейного движения точки.	4	разбор конкретных ситуаций (2 ч.)
5		Кинематика поступательного и вращательного движения тела.	4	разбор конкретных ситуаций (2 ч.)
6	3.	Динамические реакции подшипников.	2	разбор конкретных ситуаций (1 ч.)
7		Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы.	2	разбор конкретных ситуаций (1 ч.)
8		Определение динамических реакций в гироскопических системах.	4	разбор конкретных ситуаций (1 ч.)
9		Изучение свободных колебаний маятника.	4	разбор конкретных ситуаций (1 ч.)
10		Экспериментальное и теоретическое исследование колебаний парциальных систем и главных колебаний двойного маятника.	4	разбор конкретных ситуаций (2 ч.)
<b>ИТОГО</b>			<b>36</b>	<b>15</b>

### 4.4. Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено.

### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Контрольная работа 1. Определение реакций опор твердого тела. Определение реакций опор и сил в стержнях плоской фермы. Определение положения центра тяжести тела. Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениями ее движения. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях. Определение угловых скоростей звеньев планетарного редуктора.

Цель работы: Сформировать умения составлять уравнения равновесия плоской системы сил для определения реакций связей твердого тела.

Структура: Контрольная работа выполняется на формате А4 с титульным листом и содержанием.

Основная тематика: раздел теоретической механики – статика и кинематика.

Рекомендуемый объем: 6 листов.

Контрольная работа 2. Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием постоянных сил. Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием переменных сил. Применение принципа Даламбера к определению реакций связей. Применение уравнений Лагранжа II рода к определению сил и моментов, обеспечивающих программное движение манипулятора.

Цель работы: Сформировать умения составлять уравнения движения, используя общие уравнения динамики.

Структура: Контрольная работа выполняется на формате А4 с титульным листом и содержанием.

Основная тематика: раздел теоретической механики – динамика.

Рекомендуемый объем: 6 листов.

Выдача задания, прием контрольных работ проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки контрольной работы</b>
отлично	Обучающийся правильно решает все задачи своего варианта, оформляет контрольную работу по образцу, вывод формул и решение задач сопровождает краткими, но исчерпывающими пояснениями.
хорошо	Обучающийся решает правильно задачи своего варианта, но допускает одну ошибку в расчетах, оформляет контрольную работу по образцу, вывод формул и решение задач сопровождает краткими, но исчерпывающими пояснениями.
удовлетворительно	Обучающийся решает не все задачи своего варианта, оформляет контрольную работу по образцу с некоторыми замечаниями, практически не поясняет решение задач.
неудовлетворительно	Обучающийся правильно решает не все задачи своего варианта, неаккуратно оформляет контрольную работу, с большими замечаниями, не может пояснить решение задач.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>			<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>					
			<i>4</i>	<i>4</i>	<i>5</i>				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	
<b>1.</b> Статика: связи и их реакции, равновесие системы сил.		50	+	+	+	3	16,6	Лк, ЛР, СР	кр, экзамен
<b>2.</b> Кинематика: кинематика точки, сложное движение точки, простейшие и сложное движение твердого тела.		38	+	+	+	3	12,7	Лк, ЛР, СР	кр, экзамен
<b>3.</b> Динамика: законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, принципы динамики.		56	+	+	+	3	18,7	Лк, ЛР, СР	кр, экзамен
<b><i>всего часов</i></b>		<b>144</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>3</b>	<b>144</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Гончарова Л.М. Теоретическая механика. Динамика материальной точки и механической системы: учебное пособие / Л.М.Гончарова, Г.М.Кулехова, В.В.Яковлев.- 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2013. – 98 с.
2. Кулехова Г.М. Теоретическая механика. Кинематика: учебное пособие / Г.М.Кулехова, Л.М.Гончарова. – Братск: БрГУ, 2006. – 87 с.
3. Белокобыльский С.В. Теоретическая механика. Многоуровневые тестовые задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов: учебное пособие / С.В.Белокобыльский, Л.М.Гончарова. – Братск: БрГУ, 2009. – 100 с.
4. Семенова Л.Г. Теоретическая механика. Кинематика: учеб. пособие / Л.Г.Семенова. – Братск: БрГУ, 2007. – 93 с.
5. Семенова Л.Г. Теоретическая механика. Статика: Учебное пособие. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. – 84 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания (автор, заглавие, выходные данные)	Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, КР)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.	Лк, ЛР, кр, СР	199	1
2.	Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.	ЛР, кр, СР	507	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Гончарова Л.М. Теоретическая механика. Динамика материальной точки и механической системы: учебное пособие / Л.М.Гончарова, Г.М.Кулехова, В.В.Яковлев.- 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2013. – 98 с.	ЛР, кр, СР	116	1
4.	Кулехова Г.М. Теоретическая механика. Кинематика: учебное пособие / Г.М.Кулехова, Л.М.Гончарова. – Братск: БрГУ, 2006. – 87 с.	ЛР, кр, СР	108	1
5.	Семенова Л.Г. Теоретическая механика. Статика: Учебное пособие. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. – 84 с. <a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Техника/Семенова%20Л.Г. Теоретическая%20механика.Статика.Уч.пособие.2005.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Техника/Семенова%20Л.Г. Теоретическая%20механика.Статика.Уч.пособие.2005.pdf</a>	ЛР, кр, СР	ЭУ	1
6.	Семенова Л.Г. Теоретическая механика. Кинематика: учеб. пособие / Л.Г.Семенова. – Братск: БрГУ, 2007. – 93 с.	ЛР, кр, СР	77	1

7.	Бать М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах. В 2 т. Т.1-2: учебное пособие / М.И.Бать, Г.Ю.Джанелидзе, А.С.Кельзон. – 9-е изд., М.: Наука, 1990. – 670 с. Т.1: Статика и кинематика. – 672 с.	кр, СР	175	1
8.	Бать М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах. В 2 т. Т.1-2: учебное пособие / М.И.Бать, Г.Ю.Джанелидзе, А.С.Кельзон. – 8-е изд. М.: Наука, 1990. – 638 с. Т.2: Динамика. – 640 с.	кр, СР	163	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ  
<http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ  
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/>.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела Основные положения раздела, рекомендуемые для СР</i>	<i>Рекомендуемая литература</i>	<i>Форма отчёта</i>	<i>Всего часов</i>
1	2	3	4	5
1	<b>1.</b> Статика: связи и их реакции, равновесие системы сил. Основные понятия статики.  Системы сил. Связи и их реакции.  Момент силы.  Теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы. Уравнения равновесия плоской системы сил.	[1] глава 1 с.9-124, [1] глава 2 с.18-24  [1] глава 3 с.31-37 [1] глава 4 с.37-41 [1] глава 5 с.41-48	ЛР 1-3, кр, экзамен	24
2	<b>2.</b> Кинематика: кинематика точки, сложное	[1] глава 9	ЛР 4-6, кр,	24

	<p>движение точки, простейшие и сложное движения твердого тела. Кинематика точки. Скорость и ускорение точки при координатном и естественном способах задания движения. Поступательное и вращательное движения твердого тела, уравнения движения.</p> <p>Сложное движение точки: абсолютное, относительное и переносное движения точки, теорема о сложении скоростей. Плоскопараллельное движение твердого тела: уравнения движения, мгновенный центр скоростей и определение скоростей точек тела по м.ц.с.</p>	<p>с.95-108</p> <p>[1] глава 10 с.117-126</p> <p>[1] глава 13 с.155-180</p> <p>[1] глава 11 с.127-147</p>	экзамен	
3	<p><b>3. Динамика:</b> законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, принципы динамики. Динамика материальной точки, две основные задачи динамики материальной точки. Механическая система, внешние и внутренние силы, свойства внутренних сил, момент инерции, радиус инерции, теорема о моментах инерции относительно параллельных осей. Общие теоремы динамики: количество движения, теоремы об изменении количества движения, кинетический момент, теорема об изменении кинетического момента, работа силы, мощность, теорема об изменении кинетической энергии. Принципы механики: принцип Даламбера для материальной точки (метод кинестатики), сила инерции, возможные перемещения, возможная работа, принцип возможных перемещений.</p>	<p>[1] глава 16 с.180-186</p> <p>[1] глава 15-16 с.186-219</p> <p>[1] глава 21 с.263-273</p> <p>[1] глава 17 с.201-219</p> <p>[1] глава 27 с.344-357</p>	ЛР 7-11, кр, экзамен	24
<b>ИТОГО</b>				<b>72</b>

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе подготовки к лабораторным работам необходимо прочитать цель и ход работы, составить протокол, необходимый для выполнения лабораторной работы. Протокол должен включать в себя: название, цель, приборы и принадлежности, принципиальную схему рабочей установки и таблицу результатов. Ознакомиться с порядком выполнения лабораторной работы. После того как работа будет выполнена необходимо оформить отчёт и подготовиться к защите лабораторной работы. Лабораторный практикум содержит вопросы для защиты, на которые обучающийся должен ответить. Для подготовки к защите необходимо ознакомиться с теоретическим введением в лабораторном практикуме, а также использовать рекомендуемую литературу и свой конспект лекций. Для большего освоения

материала ответы на вопросы рекомендуется оформлять в виде конспекта.

### **Лабораторная работа № 1**

#### **СИЛЫ И ИХ РЕАКЦИИ. РАВНОВЕСИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**Цель работы:** установить соотношение между моментами сил, приложенных к плечам рычага при его равновесии.

**Задание:** установить соотношение между моментами сил, приложенных к телу с закрепленной осью вращения при его равновесии.

**Порядок выполнения:**

1. Получив руководство к лабораторной работе, мерительный инструмент, студенты внимательно изучают методические указания и сообщают преподавателю о готовности группы к выполнению работы. Приступать к выполнению работы следует только после получения разрешения преподавателя.

2. Установить рычаг на штатив и уравновесьте его в горизонтальном положении с помощью расположенных на его концах передвижных гаек.

3. Подвесить в некоторой точке одного из плеч рычага груз.

4. Прикрепить к другому плечу рычага динамометр и определить силу, которую необходимо приложить к рычагу для того, чтобы он находился в равновесии.

5. Измерить с помощью линейки длины плеч рычага.

6. С помощью динамометра определить вес груза.

7. Найдите абсолютные значения моментов сил.

8. Найденные величины занести в таблицу.

9. Сравнить соотношение с единицей и сделать вывод о погрешности экспериментальной проверки правила моментов.

**Форма отчетности:**

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

**Задание для самостоятельной работы:**

Изучить виды связей в статике.

**Основная литература**

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.

2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

**Дополнительная литература**

1. Семенова Л.Г. Теоретическая механика. Статика: Учебное пособие. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. – 84 с.

**Контрольные вопросы для самопроверки**

1. Что такое статика?
2. Что такое равновесие тел?
3. От чего зависит состояние равновесия тела?
4. Виды связей в статике.

### **Лабораторная работа № 2**

#### **РАВНОВЕСИЕ МЕХАНИЗМА**

**Цель работы:** ознакомиться с сущностью простых механизмов, экспериментальным путем вывести условие равновесия рычага и проверить на опыте правила моментов.

**Задание:**

Изучить простейший механизм – рычаг, его характеристики, научиться изображать его на схеме.

Порядок выполнения:

1. Получив руководство к лабораторной работе, мерительный инструмент, студенты внимательно изучают методические указания и сообщают преподавателю о готовности группы к выполнению работы. Приступить к выполнению работы следует только после получения разрешения преподавателя.

2. Подвесить рычаг на штатив.

3. Вращая гайки на концах рычага, расположить рычаг горизонтально.

4. Подвесить два груза на левой части рычага. Вес груза равен 1 Н. Что произошло с рычагом? Что нужно сделать, чтобы рычаг оказался в положении равновесия под действием приложенных сил?

5. Подвесьте с правой стороны динамометр и по его показаниям попытайтесь узнать, какую силу необходимо приложить, чтобы установить рычаг в положении равновесия.

6. Записать формулу для нахождения силы тяжести и выразить из нее массу.

7. Вычислить массу груза.

8. Подвесим груз данной массы на то место, где был подвешен динамометр. Пришел ли рычаг в равновесие?

Форма отчетности:

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

Задание для самостоятельной работы:

Выяснить, от каких величин зависит результат действия силы, чему равны действующие на рычаг силы, в чем состоит правило равновесия рычага.

Основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.

2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

Дополнительная литература

1. Семенова Л.Г. Теоретическая механика. Статика: Учебное пособие. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. – 84 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое простые механизмы?
2. Перечислите простые механизмы. Для чего они нужны?
3. Что такое рычаг? Виды рычагов.

**Лабораторная работа № 3**

**ПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПЛОСКОЙ ФИГУРЫ**

Цель работы: определить центр тяжести заданной плоской сложной фигуры опытным и аналитическими способами и сравнить их результаты.

Задание:

Изучить нахождение центра тяжести плоских фигур.

Порядок выполнения:

1. Получив руководство к лабораторной работе, мерительный инструмент, студенты внимательно изучают методические указания и сообщают преподавателю о готовности группы к выполнению работы. Приступить к выполнению работы следует только после получения разрешения преподавателя.

2. Начертить в тетрадь свою плоскую фигуру по размерам, с указанием осей координат.

3. Определить центр тяжести аналитическим способом. Разбить фигуру на минимальное количество фигур, центры тяжести которых мы знаем, как определить. Указать номера площадей и координаты центра тяжести каждой фигуры. Вычислить координаты центра тяжести каждой фигуры. Вычислить площадь каждой фигуры. Вычислить координаты центра тяжести всей фигуры по формулам. Записать координаты центра тяжести.

4. Определить центр тяжести опытным путем на установке для определения координат центра тяжести. Вырезать данную фигуру из тонкого картона. Определить центр тяжести своей фигуры на установке.

5. Установка для опытного координат центра тяжести способом подвешивания состоит из вертикальной стойки, к которой прикреплена игла. Плоская фигура изготовлена из картона, в котором легко проколоть отверстие. Отверстия прокалываются в произвольно расположенных точках. Плоская фигура подвешивается на иглу сначала в точке А, а потом в точке В. При помощи отвеса, закрепленного на той же игле, на фигуре прочерчивают карандашом вертикальную линию, соответствующую нити отвеса. Центр тяжести С фигуры будет находиться в точке пересечения вертикальных линий, нанесенных при подвешивании фигуры в точках А и В.

6. Приклеить фигуру с определенным центром тяжести в тетрадь.

7. Записать значения координат центра тяжести, найденных при подвешивании фигур.

8. Сравнить результаты.

9. Сделать вывод.

Форма отчетности:

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

Задание для самостоятельной работы:

Изучить нахождение центра тяжести плоской сложной фигуры.

Основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.

2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

Дополнительная литература

1. Семенова Л.Г. Теоретическая механика. Статика: Учебное пособие. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2005. – 84 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Способы определения координат центров тяжести тел.

#### **Лабораторная работа № 4**

### КИНЕМАТИКА ПРЯМОЛИНЕЙНОГО И КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ

Цель работы: изучить законы кинематики криволинейного движения. Измерить путь, перемещение, скорость, угловую скорость, центростремительное ускорение. Исследовать характер движения тела на воздушной подушке под действием силы тяжести.

Задание:

Изучить законы кинематики криволинейного и прямолинейного движения.

Порядок выполнения:

1. Получив руководство к лабораторной работе, мерительный инструмент, студенты внимательно изучают методические указания и сообщают преподавателю о готовности группы к выполнению работы. Приступать к выполнению работы следует только после получения разрешения преподавателя.

2. Собрать установку согласно рисунку (положить папку на стопку книг, на нее лист бумаги, на него лист копировальной бумаги).

3. Толкнуть тяжелый шарик горизонтально, снять копировальную бумагу и прочертить тонкий след карандашом, начертить вектор перемещения.

4. Измерить путь и перемещение шарика с учетом погрешности, сравнить их.
5. Начертить векторы скорости в начале, середине и конце пути.
6. Привести шарик на нити во вращение над линейкой.
7. Измерить время прохождения 20-25 кругов и вычислить период движения шарика.
8. Вычислить скорость, угловую скорость и центростремительное ускорение шарика.
9. Рассчитать погрешности измерений и вычислений, результаты занести в таблицу.
10. Меняя положение передвижного упора на экспериментальной установке в интервале от 30 см до 130 см, исследовать зависимость пройденного планером пути от времени. Путь измеряется по линейке на установке, время – секундомером. Для каждого значения пути время измерять не менее трех раз. Записать массу планера, ее погрешность, массу груза, ее погрешность.

11. На основании полученных результатов построить на миллиметровке график зависимости.

12. Используя метод парных точек, вычислить угловой коэффициент зависимости и его погрешность. Вычислить ускорение планера и его погрешность. Занести в таблицу. Сравнить величины ускорений, полученных кинематическим путем и динамическим. Отразить это в выводах.

13. Заполнить таблицу и построить графики зависимостей от времени. Сделать вывод о характере изменения полной механической энергии.

Форма отчетности:

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

Задание для самостоятельной работы:

Изучить кинематику прямолинейного и криволинейного движения точки.

Основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.
2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

Дополнительная литература

1. Семенова Л.Г. Теоретическая механика. Кинематика: учеб. пособие / Л.Г.Семенова. – Братск: БрГУ, 2007. – 93 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое уравнение движения тела?
2. Какие характеристики движения тела можно определить из его уравнения движения?
3. Сформулировать закон сохранения полной механической энергии.

## Лабораторная работа № 5

### КИНЕМАТИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА

Цель работы: экспериментально проверить кинематические и динамические законы поступательного и вращательного движения тела.

Задание:

Проверить кинематические и динамические законы поступательного и вращательного движения тела.

Порядок выполнения:

1. Получив руководство к лабораторной работе, мерительный инструмент, студенты внимательно изучают методические указания и сообщают преподавателю о готовности группы к выполнению работы. Приступать к выполнению работы следует только после получения разрешения преподавателя.

2. Изучить теорию данного вопроса.

3. Изучить экспериментальную установку и правила работы на ней.
4. Оценка момента сил трения. Повесить на нити грузы одинаковой массы. Естественно, они будут покоиться. Начнем очень осторожно на один из грузов класть небольшие разновески. Как только начнется движение грузов, трение покоя в оси перейдет в трение скольжения. Момент веса разновесок и будет равен моменту сил трения.
5. Проверка закона пути. Установите приемный столик на некотором расстоянии от нижнего основания груза. Измерьте расстояние, которое будет проходить груз. Положите на правый груз перегрузок, разомкните электрическую цепь и одновременно пустите в ход секундомер. Секундомер останавливают в момент удара груза о площадку. Запишите показания секундомера. Время падения груза измерьте 5 раз. Найдите среднее значение времени. Из формулы выразите ускорение и рассчитайте его. Прделайте такие же измерения для других расстояний и рассчитайте ускорение.
6. Проверка закона скорости. Установите приемный столик в нижнюю точку шкалы. Правый груз поднимите в верхнюю точку шкалы, положите на него перегрузок и удерживайте систему электромагнитом в состоянии покоя. Ниже висящего груза расположите кольцевую платформу. Разомкните цепь электромагнита. Измерьте время от момента снятия перегрузки до удара груза о сплошную платформу. Время измеряют 5 раз. Измеряют расстояние между кольцом и приемным столиком. Рассчитывают скорость равномерного движения груза и ускорение груза. Измените расстояние между грузом и кольцевой платформой. Для этого переместите кольцевую платформу. Повторите все измерения для расстояний и рассчитайте ускорения. При увеличении расстояния между висящим грузом и кольцевой платформой растет и скорость равномерного движения, но при одном и том же перегрузке ускорение системы должно быть одинаково.
7. Проверить второй закон Ньютона. Если перекладывать добавочные грузы с одной стороны на другую, то масса всей системы не изменится, но результирующая внешняя сила, приложенная к системе, будет меняться, а с ней и ускорение движения системы.
8. Проверить уравнение. Рассчитать значение ускорения с учетом сил трения и натяжение нити.

Форма отчетности:

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

Задание для самостоятельной работы:

Изучить кинематические и динамические законы поступательного и вращательного движения тела.

Основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.
2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

Дополнительная литература

1. Семенова Л.Г. Теоретическая механика. Кинематика: учеб. пособие / Л.Г.Семенова. – Братск: БрГУ, 2007. – 93 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте законы Ньютона.
2. Запишите кинематические законы равномерного и равноускоренного движения.

**Лабораторная работа № 6**

**ДИНАМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПОДШИПНИКОВ**

Цель работы: исследование реакций подшипников в динамически несбалансированной механической системе.

Задание:

Испытать динамические реакции подшипников на лабораторной комплексе, состоящим из лабораторного стенда ТМл-06М и персональной ЭВМ, связанных интерфейсным кабелем.

Порядок выполнения:

1. Включают электродвигатель установки, который приводит рамку во вращение вокруг горизонтальной оси. Угловую скорость вращения рамки регулируют с помощью ручки управления работой двигателя. Эксперимент проводят для нескольких схем с различной степенью динамической неуравновешенности. При угловой скорости  $\omega_i$  и динамической неуравновешенности рамки с грузами "плавающий" подшипник имеет определенное отклонение  $x_i$ . Эти данные  $(\omega_i, x_i)$  фиксируются датчиками, обрабатываются ПЭВМ и выводятся на экран в виде точек.

2. Угловую скорость постепенно плавно изменяют от  $\omega_{\min}$  до  $\omega_{\max}$ , при этом совокупность точек  $(\omega_i, x_i)$  сливается в экспериментальную кривую и накладывается на теоретические кривые, построенные для двух крайних значений коэффициента  $k$ .

3. После накопления достаточного количества измерений для первой схемы установки грузов привод выключают, ожидают его полной остановки и меняют схему установки грузов, после чего повторяют эксперимент при другом значении динамической неуравновешенности. Ту же процедуру повторяют для третьей и, если необходимо, для большего числа схем.

Форма отчетности:

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

Задание для самостоятельной работы:

Изучить динамические реакции подшипников.

Основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.
2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

Дополнительная литература

1. Гончарова Л.М. Теоретическая механика. Динамика материальной точки и механической системы: учебное пособие / Л.М.Гончарова, Г.М.Кулехова, В.В.Яковлев.- 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2013. – 98 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется динамикой?
2. Прямая и обратная задача динамики.
3. Движение точки под действием переменных сил.

## **Лабораторная работа № 7**

### **ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ СИСТЕМЫ С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ**

Цель работы: исследование с применением ПЭВМ вынужденных колебаний механической системы с одной степенью свободы с помощью лабораторного комплекса ТМЛ-37.

Задание:

Исследовать вынужденных колебаний механической системы с одной степенью свободы.

Порядок выполнения:

1. Экспериментальное определение параметров установки. Сначала необходимо определить характеристики системы  $K$  и  $n$ . Для этого проведем эксперимент с записью

свободных (собственных) колебаний системы. Определим условный период затухающих колебаний системы с одной степенью свободы  $T_1$ . Затем вычислим  $K_1 = 2\pi/T_1$  – круговую частоту затухающих колебаний системы с одной степенью свободы и далее по записи колебаний найдем обобщенный коэффициент сопротивления  $n$ . Определим

логарифмический декремент колебаний  $\eta = \ln \frac{q_i}{q_{i+1}} = nT_1$ , замерив  $q_i = (\varphi_{a_i})_c$  и  $q_{i+1} = (\varphi_{a_{i+1}})_c$  по графику собственных колебаний системы.

$$\text{Отсюда } n = \frac{\eta}{T_1}.$$

$$\text{Далее определим } K = \sqrt{K_1^2 + n^2} \quad \text{и} \quad Q = \frac{K}{2n}.$$

Задавая  $Z$ , при известном  $Q$  строим теоретические кривые  $\lambda = \lambda(Z)$  и  $\varepsilon = \varepsilon(Z)$ .

## 2. Экспериментальное исследование вынужденных колебаний системы.

Механическая система приводится в возмущение через упругий элемент (спиральную пружину) с помощью электродвигателя и специального механизма, соединенного со спиральной пружиной. Специальные датчики на установке фиксируют угловые отклонения диска и возмущения. Программное обеспечение реализует алгоритмы анализа сигналов от датчиков и оценивает амплитуду  $\varphi_a$  и частоту  $p$  вынужденных колебаний диска. При достаточно большом обобщенном коэффициенте сопротивления  $n$  свободные (собственные) колебания в системе быстро затухают. Поэтому при проведении эксперимента по замеру  $\varphi_a$  и  $p$  необходимо выждать некоторое время, чтобы диск вышел на режим установившихся движений (т.е. на режим фактически только вынужденных колебаний).

Экспериментальные данные можно нормировать по амплитудному значению возмущения  $\varphi_0$ . Тогда получим множество точек, положение которых соответствует зависимости  $\lambda_3 = \lambda_3(p_3)$ . Величина  $\varphi_0$  устанавливается в экспериментах за счет конструктивных параметров приводного механизма. Этот параметр можно определить с помощью некоторого “нормирующего” эксперимента, позволяющего измерить  $\varphi_0$ ,  $\varphi_a$  и  $p$  и определить

$$\varphi_0 = \varphi_a \sqrt{(1 - Z^2)^2 + Z^2 / Q^2}$$

Дальнейшую серию экспериментов по определению АЧХ и ФЧХ для данного  $\varphi_0$  проводим, задавая различные частоты вынужденных колебаний  $p_i$  и замеряя  $\varphi_{a_i}$  и  $\varepsilon_i$ .

Значения  $\lambda_i = \varphi_{a_i} / \varphi_0$ ,  $\varepsilon_i = \Psi_B - \Psi_{BK}$  при определенных  $Z_i = p_i / K$  наносятся на график экспериментальной частотной характеристики в виде точек.

При исследовании кривой  $\lambda = \lambda(p)$  ( $\lambda = \lambda(Z)$ ), устанавливая требуемые значения  $Z_i$  (или  $p_i$ ), необходимо:

- 1) провести замеры в дорезонансной области I;
- 2) оценить частоту  $p_{max}(Z_{max})$ , соответствующую максимуму амплитуды вынужденных колебаний  $\lambda_{max}$  для данных  $K, n, \varphi_0$ ;
- 3) провести эксперимент при резонансе  $Z_{рез} = p/K = 1$  (т.е. при  $p = K$ ) и сравнить значение  $\lambda_{рез}$  с  $\lambda_{max}$  (показать, что  $\lambda_{рез} < \lambda_{max}$ );
- 4) провести эксперимент в зарезонансной области II и показать, что с увеличением частоты возмущения (вынужденных колебаний) амплитуда вынужденных колебаний уменьшается и стремится к нулю при  $p \rightarrow \infty$  ( $Z \rightarrow \infty$ ).

Такой порядок работы можно повторить при ином сопротивлении в системе (изменив его с помощью демпфера). При этом кривые рис.2 количественно изменят свой вид (рис.4).

При значительном увеличении сопротивления она может принять вид III, а при значительном снижении сопротивления в системе - вид I. Для кривой I величина  $\lambda_{max}$  смещается по оси абсцисс к значению  $\lambda_{рез}$ .

### 3. Представление результатов экспериментов и их анализ.

Сначала проводятся замеры  $K$  и  $n$ . Для этого диск толчком отклоняют от положения равновесия и отпускают, при этом записываются затухающие колебания системы. По кривой свободных колебаний  $\varphi_c = \varphi_c(t)$  определяем  $T_1(K_1)$  и  $n$ , а затем  $K$ . (Эти замеры производят, естественно, при выключенном приводе.)

Эксперимент по построению АЧХ и ФЧХ проводят при включенном электродвигателе и включенном ( $n = n_1$ ) или отключенном ( $n = n_2$ ) демпфере,  $n_1 > n_2$ . Замеры начинают вести на малых частотах возмущения (малых оборотах двигателя). Затем частоту возмущения постепенно плавно увеличивают. В процессе работы установки ПЭВМ непрерывно регистрирует частоту, амплитуду (отношение амплитуд  $\lambda = \varphi_B / \varphi_0$ ) и фазу (разность фаз  $\varepsilon = \psi_B - \psi_{BK}$ ) вынужденных колебаний. По оси ординат откладывается нормированная амплитуда вынужденных колебаний системы  $\lambda = \varphi_a / \varphi_0$  и сдвиг фаз  $\varepsilon$ , а по оси абсцисс – рассогласование  $Z$ . Каждому периоду колебаний соответствует пара точек  $(Z_i, \lambda_i)$ ,  $(Z_i, \psi_i)$ , отображаемых соответственно синим для амплитуды и малиновым для фазы цветом. Экспериментальные точки при большом числе замеров сливаются в линию, характер которой должен соответствовать виду теоретической кривой. На экране дисплея строится и теоретическая кривая. При ее построении используются  $K$  и  $n$ , полученные по экспериментальным данным для свободных (затухающих) колебаний.

#### Форма отчетности:

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

#### Задание для самостоятельной работы:

Изучить вынужденные колебания системы с одной степенью свободы.

#### Основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.
2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

#### Дополнительная литература

1. Гончарова Л.М. Теоретическая механика. Динамика материальной точки и механической системы: учебное пособие / Л.М.Гончарова, Г.М.Кулехова, В.В.Яковлев.- 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2013. – 98 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Теорема об изменении количества движения точки.
2. Теорема об изменении момента количества движения точки.
3. Теорема об изменении кинетической энергии точки.

## **Лабораторная работа № 8**

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ГИРОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Цель работы: ознакомиться с вопросом об определении динамических реакций в гироскопических системах.

#### Задание:

С помощью лабораторного комплекса ТМЛ-04М провести лабораторную работу по определению гироскопических давлений.

#### Порядок выполнения:

1. На установке ТМЛ-04М имеются два датчика, которые измеряют угловую скорость  $\omega_2$  и вертикальное смещение платформы  $\lambda$ .

2. Проводится тарировка пружины мерными грузами. Грузы различного веса накладываются на крышку установки и измеряется осадка пружины. Считая зависимость упругой силы пружины от деформации (приращения деформации) пружины линейной, определим жесткость пружины  $C$ .

3. Далее определяется момент инерции бегунов относительно их продольной оси  $Z$ . Методика определения момента инерции бегунов изложена в методической разработке по лабораторному комплексу ТМл-20. При определении момента инерции "бегунов" определяются периоды крутильных колебаний чашки установки  $T$ , чашки с мерным грузом

$T_{\text{ц}}$  и чашки с "бегуном"  $T_{\text{б}}$ , и по формуле  $J_Z = \frac{T_{\text{б}}^2 - T^2}{T_{\text{ц}}^2 - T^2} \cdot J_{Z_{\text{ц}}}$  определим  $J_Z$ .

4. Здесь величина момента инерции мерного груза - цилиндра относительно его продольной оси симметрии рассчитывается по формуле  $J_{Z_{\text{ц}}} = \frac{m_{\text{ц}} r_{\text{ц}}^2}{2}$ . Средние величины  $T$ ,  $T_{\text{ц}}$ ,  $T_{\text{б}}$ , а также величины  $J_Z$  и  $J_{Z_{\text{ц}}}$  даны в таблице.

Далее имеем  $N^{(\Gamma)} = \frac{J_Z \omega_1 \omega_2}{l} = \frac{J_Z \omega_2^2}{R}$ . Имеем  $N^{(\Gamma)} = \frac{c \lambda}{2}$ .

5. Теоретическая кривая строится по формуле и при измеренных  $J_Z$  и  $R$  имеет вид

$$N_{\text{теор}}^{(\Gamma)} = 0,0887 \omega_2^2, \quad [\omega_2] = \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \quad [N^{(\Gamma)}] = \text{Н}.$$

6. При проведении лабораторной работы включают электродвигатель, который сообщает угловую скорость  $\omega_2$  "бегунам". Величина переносной угловой скорости (угловой скорости прецессии) постепенно увеличивается с помощью специальной ручки-регулятора.

Осадка платформы постепенно увеличивается. Экспериментальные значения  $N_{\text{э}}^{(\Gamma)}$  определяются по формуле при фиксированных значениях  $\lambda$ .

Возможно провести тарировку пружины другим способом, минуя определение жесткости  $C$ . Как было сказано ранее, замеры величин угловой скорости  $\omega_2$  и осадки пружины  $\lambda$  ведутся сравнительно непрерывно. Вообще говоря, выходить на установившийся режим вращения "бегунов" (т.е. добиваться  $\omega_2 = \text{const}$ ) не обязательно. Точки на экране дисплея фиксируют экспериментальные значения  $\omega_2$  и  $\lambda$ . Точки ложатся массивом, кучно, создавая на экране некоторую широкую линию (полосу) экспериментальных данных. Здесь же изображается теоретическая кривая. Она чертится тонкой линией.

#### Форма отчетности:

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

#### Задание для самостоятельной работы:

Изучить определение динамических реакций в гироскопических системах..

#### Основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.
2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

#### Дополнительная литература

1. Гончарова Л.М. Теоретическая механика. Динамика материальной точки и механической системы: учебное пособие / Л.М.Гончарова, Г.М.Кулехова, В.В.Яковлев.- 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2013. – 98 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Силы инерции и моменты сил инерции.

2. Сформулировать принцип Даламбера.

### Лабораторная работа № 9

#### ИЗУЧЕНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ МАЯТНИКА

Цель работы: ознакомиться с принципом действия, расчётом и исследованием предохранительных муфт.

Задание:

Изучить колебания в системе с одной степенью свободы с помощью лабораторного комплекса ТМЛ-01М.

Порядок выполнения:

Лабораторная работа проводится в три этапа.

1. На первом этапе проводится расчет параметров математической модели – дифференциального уравнения второго порядка, описывающего процесс колебаний маятника. Исходные данные для расчета – массы груза, стержня и муфты, жесткости и начальные натяжения пружин – задаются преподавателем. Измерение расстояний до оси качания маятника груза и муфты для закрепления пружин могут произвести обучаемые. Результатом расчета должна быть оценка периода колебаний маятника, определяющая величину коэффициента при первой производной угла отклонения маятника

2. На втором этапе осуществляется тарировка измерительной подсистемы путем измерения показаний потенциометрического датчика угловых отклонений маятника для заданных углов – например, -10, 0 и +10 градусов. С этой целью на экран монитора ПЭВМ выводятся диалоговые окна. Следует обратить внимание на необходимость четкой фиксации маятника в заданных положениях, что при отсутствии в установке соответствующих приспособлений можно осуществить с помощью какого-либо стержня (карандаша, наконец, пальца), прижав его к сегменту шкалы.

После этого включается режим записи собственных колебаний маятника, при котором необходимо отклонить маятник на заданный угол и после «нажатия» (щелчком мыши на соответствующей кнопке) клавиши «ОК» отпустить его без начальной скорости.

График затухающих свободных колебаний немедленно регистрируется на экране индикатора. Остановить процесс регистрации можно в любой момент нажатием на клавишу «Окончание записи». В общем случае этот момент определяется полным затуханием колебаний маятника. Вывод графика производится в режиме автоматического масштабирования по шкале времени, так что весь процесс от начала до конца регистрируется на экране монитора. Оцифровка шкалы времени для экспериментального графика осуществляется в числе отсчетов сигнала, что позволяет обратить внимание обучаемых на дискретный характер ввода экспериментальных данных. Перейти к значениям времени можно, умножив число отсчетов на интервал дискретизации, установленный по умолчанию в 10 мс и совпадающий с шагом решения дифференциального уравнения.

После окончания ввода во втором графическом окне отображается результат решения дифференциального уравнения с параметрами, установленными по умолчанию и намеренно несколько отличающимися от реальных.

3. Третий этап состоит в оценке параметров математической модели процесса и сравнительном исследовании результатов моделирования с экспериментом. Для этого обучаемый должен оценить параметры колебаний и подставить их в дифференциальное уравнение (правая часть уравнения представлена на панели между верхним и нижним графиками). Результат численного решения уравнения автоматически обновляется при каждом изменении уравнения. Результат численного решения уравнения накладывается на экспериментальный график путем нажатия на клавишу «Совместить графики», в результате чего можно оценить соответствие модели эксперименту и путем уточнения параметров уравнения за несколько итераций получить требуемое согласование модельных и экспериментальных данных.

В текстовом окне с заголовком «Правая часть уравнения» можно ввести в общем случае любую зависимость, в том числе нелинейную, содержащую в качестве переменных угол отклонения маятника  $x$  и его скорость  $y$ . По умолчанию вид правой части дифференциального уравнения, описывающего затухающие колебания маятника, представлен на приведенном примере и включает члены, обусловленные собственной частотой, сухим и вязким трением. При этом значение коэффициента, определяющего собственную частоту, соответствует периоду этой частоты в секундах.

После оценки (с помощью сетки шкал графика) параметров собственных колебаний обучаемый должен вычислить значения коэффициентов при членах правой части дифференциального уравнения и ввести их с помощью обычных операций редактирования с помощью клавиатуры и мыши в уравнение. При этом автоматически производится моделирование процесса собственных колебаний, график которого строится на фоне экспериментального процесса.

При окончательной подгонке параметров может быть полезной возможность более детального отображения совмещенных графиков. С этой целью реализована группа управляющих элементов, позволяющих менять диапазоны отображения по осям времени и отклонения. При переводе переключателя в режим «Ручной» применяются значения масштабов, соответствующие установленным в панели выбора масштабов.

#### Форма отчетности:

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

#### Задание для самостоятельной работы:

Изучить дисковую фрикционную муфту.

#### Основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.
2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

#### Дополнительная литература

1. Гончарова Л.М. Теоретическая механика. Динамика материальной точки и механической системы: учебное пособие / Л.М.Гончарова, Г.М.Кулехова, В.В.Яковлев.- 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2013. – 98 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется динамикой?
2. Прямая и обратная задача динамики.
3. Движение точки под действием переменных сил.

### **Лабораторная работа № 10**

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПАРЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ГЛАВНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДВОЙНОГО МАЯТНИКА

Цель работы: экспериментально определить основные параметры колебательной системы, а затем, построив математическую модель, провести сравнение результатов экспериментального исследования главных колебаний системы с данными, полученными при математическом моделировании.

#### Задание:

Провести лабораторную работу с помощью лабораторного комплекса ТМЛ-18.

#### Порядок выполнения:

1. С помощью кабеля, входящего в комплект установки ТМЛ-18, подключить датчики углов поворота стержней маятника к АЦП, размещенному в компьютере. При этом компьютер должен быть выключен из сети.

2. Включить компьютер и запустить файл astatrt.bat. На экране появится главное меню компьютерной системы. В главном меню войти в раздел "Колебания двойного маятника".

3. Эксперимент должен проводиться в два этапа. На первом этапе нужно будет зафиксировать колебания двух парциальных систем - по отдельности каждую. После этого из полученных графиков парциальных колебаний системы требуется рассчитать парциальные частоты, измерить длины маятников, и перейти ко второму этапу - этапу исследования главных колебаний.

#### 4. Исследование парциальных систем

Исследование первой парциальной системы. Результатом экспериментального исследования должна быть частота колебаний первой парциальной системы. Исследование второй парциальной системы. Результатом экспериментального исследования должна быть частота колебаний второй парциальной системы.

Распечатанный график подлежит обработке с целью получения второй парциальной частоты.

5. Распечатанный график подлежит обработке с целью анализа адекватности выбранной модели.

6. Провести анализ полученных результатов и оформить отчет, в который следует включить все распечатки и результаты анализа.

#### Форма отчетности:

Отчёт оформляется на формате А4 и содержит все необходимые описания, эскизы, расчёты и таблицы, титульный лист и список литературы.

#### Задание для самостоятельной работы:

Изучить исследование колебаний двойного маятника.

#### Основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С.М.Тарг. – 19-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2009. – 416 с.

2. Яблонский А.А. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: учеб.пособие для вузов / Под ред. А.А.Яблонского. – 16-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2007. – 384 с.

#### Дополнительная литература

1. Гончарова Л.М. Теоретическая механика. Динамика материальной точки и механической системы: учебное пособие / Л.М.Гончарова, Г.М.Кулехова, В.В.Яковлев.- 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2013. – 98 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Сформулировать принцип возможных перемещений.
2. Что называют возможным перемещением механической системы?

## **9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы**

В процессе изучения теоретической механики студент должен выполнить контрольную работу. Решение задач в контрольной работе является проверкой степени усвоения студентом теоретического курса. Перед выполнением контрольной работы студенту необходимо внимательно ознакомиться с примерами решениями задач по данной контрольной работе, уравнениями и формулами, а также со справочным материалом, приведенным в конце методических указаний. Выбор задач производится по таблице вариантов, приведенной в методических указаниях (номером варианта является последняя цифра в номере зачётки).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. ОС Windows 7 Professional;
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ  
ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР или ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Специализированная мультимедийная аудитория по теоретической механике	Интерактивная доска Promethean, проектор мультимедийный CASIO XJ-UT310WN, Монитор LG L1753S-SF, Системный блок Gel D315-2,26, учебная мебель	-
ЛР	Лаборатория сопротивления материалов	Разрывная электромеханическая машина РЭМ-100, Установка для изучения системы плоских сходящихся сил ТМт 01, Установка для изучения плоской системы произвольно расположенных сил ТМт 02; Модель «Естественный трёхгранник» ТМк 01М, модель «Эллипсограф» ТМк 03М, Модель для демонстрации мгновенной оси вращений ТМк 06М, учебная мебель	№ 1 - 10
кр	Лаборатория сопротивления материалов	Разрывная электромеханическая машина РЭМ-100, Установка для изучения системы плоских сходящихся сил ТМт 01, Установка для изучения плоской системы произвольно расположенных сил ТМт 02; Модель «Естественный трёхгранник» ТМк 01М, модель «Эллипсограф» ТМк 03М, Модель для демонстрации мгновенной оси вращений ТМк 06М, учебная мебель	-
СР	Читальный зал №1	Оборудование 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D, учебная мебель	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
<b>ОПК-4</b>	способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач.	<b>1. Статика:</b> связи и их реакции, равновесие системы сил.	1.1 Основные понятия статики.	экзаменационный вопрос № 1.1
			1.2 Системы сил.	экзаменационный вопрос № 1.2
			1.3 Связи и их реакции.	экзаменационный вопрос № 1.3
			1.4 Момент силы.	экзаменационный вопрос № 1.4
			1.5 Пара сил.	экзаменационный вопрос № 1.5
			1.6 Теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы.	экзаменационный вопрос № 1.6
<b>ПК-4</b>	способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.	<b>2. Кинематика:</b> кинематика точки, сложное движение точки, простейшие и сложное движения твердого тела.	1.7 Уравнения равновесия плоской системы сил.	экзаменационный вопрос № 1.7 – 1.13
			2.1 Кинематика точки.	экзаменационный вопрос № 2.1
			2.2 Скорость и ускорение точки при координатном и естественном способах задания движения.	экзаменационный вопрос № 2.2
<b>ПК-5</b>	способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин		2.3 Поступательное и вращательное движения твердого тела, уравнения движения.	экзаменационный вопрос № 2.3-2.5
			2.4 Сложное движение точки: абсолютное, относительное и переносное движения точки, теорема о сложении скоростей.	экзаменационный вопрос № 2.6-2.7
			2.5 Плоскопараллельное движение твердого тела: уравнения дви-	экзаменационный вопрос № 2.8-2.9

			жения, мгновенный центр скоростей и определение скоростей точек тела по м.ц.с.	
		3. Динамика: законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, принципы динамики.	3.1 Динамика материальной точки, две основные задачи динамики материальной точки.	экзаменационный вопрос № 3.1 – 3.2
			3.2 Механическая система, внешние и внутренние силы, свойства внутренних сил, момент инерции, радиус инерции, теорема о моментах инерции относительно параллельных осей.	экзаменационный вопрос № 3.3 - 3.5
			3.3 Общие теоремы динамики: количество движения, теоремы об изменении количества движения, кинетический момент, теорема об изменении кинетического момента, работа силы, мощность, теорема об изменении кинетической энергии.	экзаменационный вопрос № 3.6 – 3.8
			3.4 Принципы механики: принцип Даламбера для материальной точки (метод кинестатики), сила инерции, возможные перемещения, возможная работа, принцип возможных перемещений.	экзаменационный вопрос № 3.9 – 3.14

## 2. Экзаменационные вопросы

1	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела				
	Код	Определение						
2	3	4	5					
1.	ОПК-4	<p>способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач</p> <p>способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов.</p>	1.1. Основные понятия статики.	1. Статика: связи и их реакции, равновесие системы сил.				
			1.2. Системы сил.					
			1.3. Связи и их реакции.					
			1.4. Момент силы.					
			1.5. Пара сил.					
			1.6. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы.					
			1.7. Уравнения равновесия плоской системы сил.					
			1.8. Свободные и несвободные тела.					
			1.9. Расчет ферм.					
			1.10. Центр тяжести тела. Методы определения положения центра тяжести.					
			1.11. Центр параллельных сил.					
			1.12. Система сочлененных тел.					
			2.		ПК-4	<p>способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин</p>	2.1. Кинематика точки.	2. Кинематика: кинематика точки, сложное движение точки, простейшие и сложное движения твердого тела.
2.2. Скорость и ускорение точки при координатном и естественном способах задания движения.								
2.3. Поступательное движение твердого тела.								
2.4. Вращательное движение твердого тела.								
2.5. Уравнения движения твердого тела.								
2.6. Сложное движение точки: абсолютное, относительное и переносное движения точки.								
2.7. Теорема о сложении скоростей.								
2.8. Плоскопараллельное движение твердого тела: уравнения движения.								
2.9. Мгновенный центр скоростей и определение скоростей точек тела по м.ц.с.								
3.	ПК-5	<p>способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин</p>		3.1. Динамика материальной точки.			3. Динамика: законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, прин-	
				3.2. Две основные задачи динамики материальной точки.				
				3.3. Механическая система, внешние и внутренние силы, свойства внутренних сил.				
				3.4. Момент инерции, радиус инерции.				
			3.5. Теорема о моментах инерции					

		относительно параллельных осей.	ципы динамики.
		<b>3.6.</b> Общие теоремы динамики.	
		<b>3.7.</b> Количество движения, кинетический момент.	
		<b>3.8.</b> Теорема об изменении количества движения.	
		<b>3.9.</b> Принципы механики.	
		<b>3.10.</b> Теорема об изменении кинетического момента.	
		<b>3.11.</b> Принцип Даламбера для материальной точки.	
		<b>3.12.</b> Сила инерции, возможные перемещения, возможная работа, принцип возможных перемещений.	
		<b>3.13.</b> Дифференциальные уравнения движения материальной точки.	
		<b>3.14.</b> Центр масс механической системы, теорема о движении центра масс.	

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b> ОПК-4 - основные подходы к формализации и моделированию движения и равновесия материальных тел; постановку и методы решения задач о движении и равновесии механических систем; ПК-4 - понятия и законы механики, основы разработки конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин; ПК-5 - фундаментальные положения механики, основы разработки проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических</p>	<b>отлично</b>	«Отлично» заслуживает обучающийся, который знает основные подходы к формализации и моделированию движения и равновесия материальных тел; постановку и методы решения задач о движении и равновесии механических систем. Умеет применять знания, полученные по теоретической механике при изучении дисциплин профессионального цикла. Владеет основными современными методами постановки, исследования и решения задач механики.
	<b>хорошо</b>	«Хорошо» заслуживает обучающийся, который знает основные подходы к формализации и моделированию движения и равновесия материальных тел; постановку и методы решения задач о движении и равновесии механических систем. Умеет применять знания, полученные по теоретической механике при изучении дисциплин профессионального цикла. Владеет

<p>машин;  <b>Уметь:</b>  ОПК-4  - применять знания, полученные по теоретической механике при изучении дисциплин профессионального цикла;  ПК-4  - применять законы механики в решении научно-технических задач, разрабатывать конструкторско-техническую документацию в составе коллектива исполнителей новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов;</p>		<p>основными современными методами постановки, исследования и решения задач механики. Но обучающийся допустил не более двух-трех недочётов и может исправить их самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.</p>
<p>ПК-5  - разрабатывать в составе коллектива исполнителей проекты технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин, используя фундаментальные положения механики;</p>	<p><b>удовлетворительно</b></p>	<p>«Удовлетворительно» ставится обучающемуся, у которого в ответе имеются отдельные пробелы в усвоении вопросов курса теоретической механика не препятствующие усвоению программного материала. Умеет применять полученные знания по теоретической механике при решении простых задач с использованием формул.</p>
<p><b>Владеть:</b>  ОПК-4  - основными современными методами постановки, исследования и решения задач механики;  ПК-4  - навыками научно-технических задач в области курса теоретической механика, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений, разработки конструкторско-</p>	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>«Неудовлетворительно» ставится обучающемуся, который не знает основные подходы к формализации и моделированию движения и равновесия материальных тел; постановку и методы решения задач о движении и равновесии механических систем. Не умеет применять знания, полученные по теоретической механике при изучении дисциплин профессионального цикла. Не владеет основными современными методами постановки, исследования и решения задач механики.</p>

<p>технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин в составе коллектива исполнителей; ПК-5</p> <p>- важнейшими методами решения научно-технических задач в области курса теоретическая механика, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений для разработки проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин в составе коллектива исполнителей.</p>		
---	--	--

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Дисциплина Теоретическая механика направлена на ознакомление с методами в области механического взаимодействия, равновесия и движения материальных тел, на базе которых строится большинство специальных дисциплин инженерно-технического образования, на получение теоретических знаний в области теоретической механике для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины Теоретическая механика предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- контрольные работы;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 Статика: связи и их реакции, равновесие системы сил студенты должны уяснить основные понятия статики, связи и их реакции, момент силы, теорему Вариньона о моменте равнодействующей силы, уравнения равновесия плоской системы сил.

В ходе освоения раздела 2 Кинематика: кинематика точки, сложное движение точки, простейшие и сложное движение твердого тела студенты должны уяснить основные понятия кинематики, кинематику точки, скорость и ускорение точки при координатном и естественном способах задания движения, сложное движение точки и плоскопараллельное движение твердого тела.

В ходе освоения раздела 3 Динамика: законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, принципы динамики студенты должны уяснить основные понятия динамики, общие теоремы динамики, принципы динамики.

При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с экзаменационными вопросами. На основе этого надо составить план повторения и систематизации учебного материала на каждый день. Нельзя ограничиваться только конспектами лекций, следует проработать рекомендуемые преподавателем учебные пособия и литературу. Необходимо внимательно прочитать и уяснить суть требований конкретного экзаменационного вопроса. В отдельной тетради на каждый экзаменационный вопрос следует составить краткий план ответа в логической последовательности и с фиксацией необходимого иллюстративного материала (примеры, рисунки, схемы, цифры). Если отдельные вопросы программы остаются неясными, их необходимо написать на полях конспекта, чтобы выяснить на консультации. Основные положения темы (правила, законы, определения и др.) после глубокого осознания их сути следует заучить, повторяя несколько раз. Важнейшую информацию следует обозначать другим цветом, это помогает лучше запомнить материал. Когда все повторено и систематизирован весь учебный материал, необходимо пересмотреть его еще раз уже со своими записями, проверяя мысленно, как усвоена каждая тема.

Удобнее готовиться к лекциям, лабораторным работам, экзамену в читальном зале библиотеки или в специализированном учебном кабинете. В течение суток необходимо уделять самостоятельной работе 4- 6 часов, делая через каждые 1,5 часа перерыв на 15 мин.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

## **АННОТАЦИЯ**

### **рабочей программы дисциплины**

### **Теоретическая механика**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: приобретение студентом необходимого объема фундаментальных знаний в области механического взаимодействия, равновесия и движения материальных тел, на базе которых строится большинство специальных дисциплин инженерно-технического образования.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение механической компоненты современной естественнонаучной картины мира, понятий и законов механики;
- изучение методов применения законов механики к решению конкретных задач по исследованию различных видов движения материальных объектов;
- овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области курса теоретическая механика, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений;
- рассмотрение особенностей приложения методов механики к частным инженерным задачам с учетом будущей специальности;
- формирование устойчивых навыков по применению фундаментальных положений механики при научном анализе ситуаций, с которыми специалисту приходится сталкиваться в процессе эксплуатации машин и механизмов строительной промышленности, а также уметь выбирать из них наиболее целесообразные для данного технологического процесса.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 36 ч., ЛР – 36 ч., СР – 72 ч.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц.

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 – Статика: связи и их реакции, равновесие систем сил.
- 2 – Кинематика: кинематика точки, сложное движение точки, простейшие и сложное движения твердого тела.
- 3 – Динамика: законы механики Галилея-Ньютона, динамика материальной точки, общие теоремы динамики, принципы динамики.

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-4 - способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач;
- ПК-4 – способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке конструкторско-технической документации новых или модернизируемых образцов наземных транспортно-технологических машин и комплексов;
- ПК-5 - способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке проектов технических условий, стандартов и технических описаний наземных транспортно-технологических машин.

**4. Вид промежуточной аттестации:** экзамен.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы от «06» марта 2015г. №162

для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413;

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015г. № 474; для заочной формы обучения от «01» октября 2015г. № 587;

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016г. № 429; для заочной формы обучения от «06» июня 2016г. № 429; для ускоренной формы обучения от «06» июня 2016г. № 429;

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017г. № 125; для заочной формы обучения от «06» марта 2017г. № 125; для ускоренной формы обучения от «04» апреля 2017г. № 203;

для набора 2018 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. № 130; для заочной формы обучения от «12» марта 2018г. № 130.

**Программу составил:**

Герасимов С.В., доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_

Яковлев В.В., доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ММиГ от «14» декабря 2018 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой ММиГ \_\_\_\_\_

Л.П. Григорьевская

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего кафедрой СДМ \_\_\_\_\_

К.Н. Фигура

Директор библиотеки \_\_\_\_\_

Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией МФ от «14» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии МФ \_\_\_\_\_

Г.Н. Плеханов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник

учебно-методического управления \_\_\_\_\_

Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_