

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

Г.П. Старинов

04 2019 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теоретическая механика


Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Электроснабжение
Квалификация выпускника	бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2019
Форма обучения	заочная
Технология обучения	традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
1	2	3

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Экзамен	МАКП

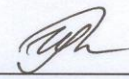
Комсомольск-на-Амуре 2019

Разработчик рабочей программы  
доцент кафедры МАКП

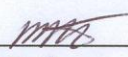
  
Г.А. Щербатюк  
«22» 07 20\_\_ г.

СОГЛАСОВАНО

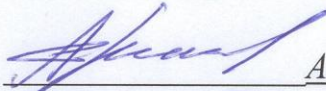
Директор библиотеки

  
И.А. Романовская  
«22» 07 20\_\_ г.


Заведующий кафедрой  
(обеспечивающей) «МАКП»

  
А.А. Буренин  
«22» 07 20\_\_ г.


Заведующий кафедрой  
(выпускающей) «Электромеханика»

  
А.В. Сериков  
«22» 07 20\_\_ г.

Декан факультета «Электротехниче-  
ский»

  
А.С. Гудим  
«24» 07 20\_\_ г.

Начальник учебно-методического  
управления

  
Е.Е. Поздеева  
«26» 07 20\_\_ г.

## 1 Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Теоретическая механика» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28.02.2018, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Электроснабжение» по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Задачи дисциплины	<ul style="list-style-type: none"><li>- Освоение методов решения научно-технических задач в области механики и основных алгоритмов математического моделирования механических явлений;</li><li>- Овладение навыками практического использования методов, предназначенных для математического моделирования движения и равновесия материальных тел и механических систем;</li><li>- Формирование устойчивых навыков по применению фундаментальных положений теоретической механики при изучении дисциплин профессионального цикла и научном анализе ситуаций, с которыми выпускнику приходится сталкиваться в профессиональной деятельности.</li></ul>
Основные разделы / темы дисциплины	Статика; Кинематика; Динамика.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Теоретическая механика» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные		
Общепрофессиональные		
ОПК-2	ОПК-2.1. Знает фундаментальные законы природы, основные физические и математические законы ОПК-2.2. Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<b>Знать:</b> - основные понятия и аксиомы механики, случаи приведения действующей на тело системы сил к простейшему виду, условия уравновешенности произвольной системы сил, методы нахождения реакций связей в покоящейся системе твердых тел, способы нахождения их центров тяжести; законы

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
	<p>ОПК-2.3. Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач</p>	<p>трения скольжения и качения; кинематические характеристики движения точки при различных способах задания движения; характеристики движения тела и его отдельных точек при различных способах задания движения; скорость и ускорение точки при сложном движении; дифференциальные уравнения движения точки относительно инерциальной и неинерциальной системы координат; общие теоремы динамики, основные понятия и принципы аналитической механики (принцип Даламбера, принцип возможных перемещений)</p> <p><b>Уметь</b> - приводить систему действующих сил к более простому эквивалентному виду, составлять уравнения равновесия для тела, находящегося под действием произвольной системы сил, находить положения центров тяжести тел; вычислять скорости и ускорения точек тел и самих тел, совершающих поступательное, вращательное и плоское движение; решать прямую и обратную задачи динамики точки; вычислять кинетическую энергию много массовой системы, работу сил, приложенных к твердому телу при указанных движениях.</p> <p><b>Владеть</b> - навыками исследования равновесия твердого тела (системы тел) под действием плоской и пространственной систем сил; навыками решения задач по кинематике точки и твердого тела; навыками составления и решения дифференциальных уравнений движения точки и системы, основами методов механики.</p>

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Профессиональные		

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теоретическая механика» изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к обязательной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин: математика, физика.

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Теоретическая механика», будут востребованы при изучении последующих профессиональных дисциплин: сопротивление материалов, прикладная механика.

Входной контроль проводится в виде тестирования. Задания тестов представлены в приложении 1 РПД.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3з.е., 108 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	108
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	10
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	4
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	6
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	89

Объем дисциплины	Всего академических часов
Промежуточная аттестация обучающихся–Экзамен	9

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам(разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел 1 Статика</b>				
Основные понятия статики. Связи. Реакции связей. Момент силы относительно точки. Момент силы относительно оси. Аналитический способ определения равнодействующей системы сходящихся сил. Определение реакций опор твердого тела.	2	2		30
<b>Раздел 2 Кинематика</b>				
Кинематика точки. Простейшие движения твердого тела. Плоское движение твердого тела. Сложное движение точки.	2	2		30
<b>Раздел 3. Динамика</b>				
Динамика свободной материальной точки. Общие теоремы динамики.	2	2		29
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		<b>89</b>

**6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	30
Подготовка к занятиям семинарского типа	30
Подготовка и оформление РГР	29
	89

## 7 Оценочные средства для проведения текущего контроля ипромежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 4 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
2 семестр			
Статика	ОПК-2	РГР (задача 1), экзамен	Определяет реакции опор и внутренние усилия в элементах конструкции. Владеет навыками составления уравнений статики. Владеет навыками определения положения центра тяжести.
Кинематика	ОПК-2	РГР (задача 2,3), экзамен	Определяет кинематические характеристики движения твёрдого тела.
Динамика	ОПК-2	РГР (задача 4, 5), экзамен	Определяет динамические характеристики движения тела

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 5).

Таблица 5 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
2 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме «Экзамен»</i>				
1	РГР (задача 1)	В течение семестра	10 баллов	<i>10 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 8 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</i>

	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
				<p>5 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также неспособен пояснить полученный результат.</p>
2	РГР (задача 2)	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>8 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>5 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также неспособен пояснить полученный результат.</p>
3	РГР (задача 3)	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>8 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие</p>



	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
				<p>умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>5 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также неспособен пояснить полученный результат.</p>
4	РГР (задача 4)	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>8 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>5 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также неспособен пояснить полученный результат.</p>
5	РГР (задача 5)	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, кон-</p>

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p><i>т</i>рольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>8 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>5 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также не способен пояснить полученный результат.</p>
	Текущий контроль:	-	<u>50</u> баллов	-
	Экзамен:	-	<u>50</u> баллов	<p>50 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>40 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>30 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил</p>

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<i>недостаточный уровень умений и навыков, а также неспособен пояснить полученный результат.</i>
ИТОГО:		-	<u>50</u> баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b> 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)				

### Задания для текущего контроля

В течение 2-го семестра студенты должны выполнить одну расчетно-графическую работу, состоящую из 5-ти задач.

Задачи выдаются из учебного пособия: Теоретическая механика: Учебное пособие под ред. М.Р. Петров, Ю.Б. Колошенко. Комсомольск-на-Амуре, 2013. Каждое задание содержит 10 вариантов. Номер варианта определяется по шифру зачетной книжки. Примеры выполнения заданий содержатся в учебном пособии.

Примеры выполнения заданий содержатся в Приложении 2.

### Расчетно-графическая работа

#### Раздел «Статика»

##### Задача С1.

Определить реакции связей в точках закрепления

##### Задача №2

#### Раздел «Кинематика»

##### Задача К1.

Необходимо:

- определить уравнение траектории точки и построить ее;
- указать положение точки на траектории в момент времени  $t = 1$  с;
- для этого момента времени определить скорость и ускорение точки, а также ее касательное и нормальное ускорения и радиус кривизны в соответствующей точке траектории;

- изобразить векторы скорости и ускорения на рисунке.

##### Задача №3

##### Задача К2

Провести кинематический анализ плоского механизма.

##### Задача №4

##### Задача Д1.

Считая твердое тело материальной точкой найти закон ее движения на участке ВС. Трением тела о трубу пренебречь.

### Задача №5

#### Задача ДЗ.

Применить теорему об изменении кинетической энергии.

Необходимо определить  $V_2$ , если  $S_1 = 0,6 м$ .

### Вопросы для защиты РГР.

1. Какие допущения приняты при решении поставленных задач?
2. В какой последовательности решаются задачи статики на равновесие?
3. Объясните, как направлялись реакции связей на расчётных схемах?
4. Запишите известные вам формы необходимых и достаточных уравнений равновесия для произвольной плоской системы сил.
5. Какие механические системы являются статически неопределимыми?
6. Сформулируйте теорему Вариньона о моменте равнодействующей для случая произвольной плоской системы сил.
7. В каком случае оправданно применение теоремы Вариньона о моменте равнодействующей?
8. Найдите момент силы, указанной преподавателем на расчётной схеме относительно заданной им же точки.
9. Как изменится состояние твёрдого тела, если пару сил перенести в плоскости пары в пределах данного тела?
10. Сравните моменты пары сил относительно двух точек, указанных преподавателем на расчётной схеме.
11. Сделайте проверку правильности решения, составив и решив одно, наиболее эффективное на Ваш взгляд, проверочное уравнение.
12. Какое движение совершает звено указанное преподавателем на кинематической схеме механизма? Дайте определение этого движения.
13. Что называется мгновенным центром скоростей?
14. Как определить положение мгновенного центра скоростей?
15. Какое движение совершает звено, если его мгновенный центр скоростей находится в бесконечности?
16. Как найти величину и направление угловой скорости звена указанного преподавателем на кинематической схеме механизма?
17. Изобразите вектор скорости точки, указанной преподавателем на кинематической схеме механизма.
18. Сравните по величине скорости двух точек, указанных преподавателем на кинематической схеме механизма.
19. Сформулируйте теорему о проекциях скоростей двух точек твёрдого тела на ось проходящую через эти точки.
20. Объясните направление каждого из векторов ускорений, изображённых на кинематической схеме механизма.
21. По каким формулам вычислялись величины ускорений, векторы которых показаны на кинематической схеме механизма?
22. В чём заключается аналитический способ определения ускорения точки звена, совершающего плоское движение?
23. В чём заключается графический способ определения ускорения точки звена, совершающего плоское движение?

24. Сравните по величине ускорения двух точек, указанных преподавателем на кинематической схеме механизма.
25. Как найти величину и направление углового ускорения звена?
26. Как вращается звено, указанное преподавателем на кинематической схеме механизма (ускоренно, замедленно или равномерно)?
27. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы. Запишите соответствующую формулу.
28. По какой формуле находится кинетическая энергия материальной точки?
29. В каких случаях кинетическая энергия материальной точки равна нулю?
30. Как в данной работе находилась кинетическая энергия механической системы в начальном и конечном положениях?
31. Как найти кинетическую энергию твёрдого тела, указанного преподавателем на расчётной схеме механической системы?
32. Как найти работу силы, указанной преподавателем на расчётной схеме механической системы?
33. Найти соотношение между перемещениями двух точек, указанных преподавателем на расчётной схеме механической системы.
34. В каких случаях работа силы равна нулю?
35. Чему равна работа силы приложенной в мгновенном центре скоростей?
36. Как найти работу пары сил?

### **Задания для промежуточной аттестации**

#### **Контрольные вопросы к экзамену**

##### **Раздел 1. Статика.**

1. Аксиомы статики. Следствие о переносе силы вдоль её линии действия.
2. Теорема об эквивалентности системы сходящихся сил одной силе. Аналитический способ определения равнодействующей. Условия равновесия системы сходящихся сил.
3. Момент силы относительно точки.
4. Момент силы относительно оси. Зависимость между моментами силы относительно оси и точки на этой оси.
5. Пара сил. Теорема о сумме моментов сил пары. Момент пары сил.
6. Пара сил. Свойства пар. Сложение пар.
7. Главный вектор и главный момент произвольной системы сил. Аналитическое определение главного вектора и главного момента.
8. Приведение силы к точке. Теорема Пуансо об эквивалентности произвольной системы сил силе и паре.
9. Влияние изменения центра приведения на главный момент.
10. Частные случаи приведения произвольной системы сил.
11. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.
12. Уравнения равновесия механической системы под действием произвольной системы сил.
13. Уравнения равновесия произвольной плоской системы сил, системы параллельных сил.
14. Центр параллельных сил. Сложение параллельных сил.
15. Центр тяжести тела. Координаты центра тяжести.
16. Способы определения координат центров тяжести однородных тел.
17. Законы трения скольжения. Угол и конус трения.
18. Трение качения.

## **Раздел 2. Кинематика.**

1. Векторный и координатный способы задания движения точки. Определение скорости и ускорения точки при векторном и координатном способах задания движения.
2. Естественный способ задания движения точки. Определение скорости и ускорения точки при естественном способе задания движения.
3. Поступательное движение твёрдого тела. Траектории, скорости и ускорения точек тела при поступательном движении.
4. Вращательное движение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Закон движения, угловая скорость и угловое ускорение тела. Векторы угловой скорости и углового ускорения твёрдого тела.
5. Распределение скоростей и ускорений точек тела при вращательном движении.
6. Плоское движение твёрдого тела. Закон движения. Распределение скоростей точек тела при плоском движении. Формула сложения скоростей. Теорема о проекциях скоростей.
7. Аналитический и геометрический способы нахождения скоростей точек тела при плоском движении. План скоростей и его свойства.
8. Мгновенный центр скоростей и его свойства. Способы нахождения положения мгновенного центра скоростей.
9. Распределение ускорений точек тела при плоском движении. Формула сложения ускорений.
10. Аналитический и геометрический способы нахождения ускорений точек тела при плоском движении. План ускорений.
11. Мгновенный центр ускорений и его свойства. Способы нахождения мгновенного центра ускорений.
12. Сферическое движение твёрдого тела. Углы Эйлера. Уравнения сферического движения тела.
13. Теорема Эйлера о перемещении твёрдого тела с закреплённой точкой. Мгновенная ось вращения. Угловая скорость тела.
14. Распределение скоростей точек тела при сферическом движении.
15. Угловое ускорение твёрдого тела при сферическом движении. Распределение ускорений точек тела при сферическом движении.
16. Сложное движение точки. Теорема сложения скоростей.
17. Сложное движение точки. Теорема сложения ускорений.
18. Ускорение Кориолиса.

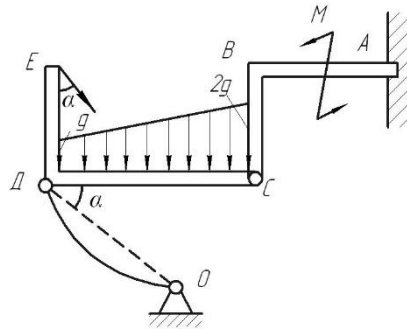
## **Раздел 3. Динамика.**

1. Аксиомы динамики. Инерциальные системы отсчёта. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
2. Две задачи динамики материальной точки. Постановка и решение.
3. Неинерциальные системы отсчёта. Уравнение относительного движения материальной точки. Переносная и кориолисова силы инерции. Принцип относительности Галилея.
4. Теорема о движении центра масс механической системы и следствия из теоремы.
5. Количество движения механической системы. Импульс силы. Теорема об изменении количества движения механической системы. Следствия из теоремы.
6. Кинетический момент механической системы относительно точки и оси. Теорема об изменении кинетического момента механической системы относительно непод-

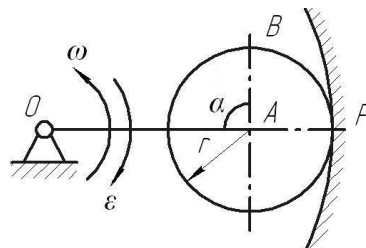
- вижной точки. Следствия из теоремы. Элементарная и полная работа силы. Мощность силы. Мощность пары сил.
7. Работа силы тяжести, работа силы упругости, работа силы приложенной к вращающемуся твёрдому телу, работа пары сил.
  8. Кинетическая энергия материальной точки и механической системы. Теорема Кеннига. Кинетическая энергия твёрдого тела при различных видах его движения.
  9. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.
  10. Потенциальное силовое поле, силовая функция. Работа силы потенциального поля. Потенциальная энергия материальной точки и механической системы. Закон сохранения полной механической энергии.
  11. Принцип возможных перемещений
  12. Принцип Даламбера – Лагранжа и общее уравнение динамики.

### Типовые экзаменационные задачи

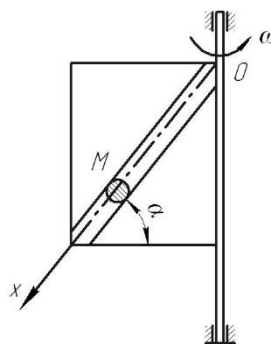
- 1) Дано:  $F=8$  кН,  $M=50$  кН·м,  $q=3$  кН/м,  $DC=BC=4$  м,  $AB=DE=3$  м,  $\alpha=30^\circ$ .  
Определить реакции в точках А, С и усилие в стержне ДО.



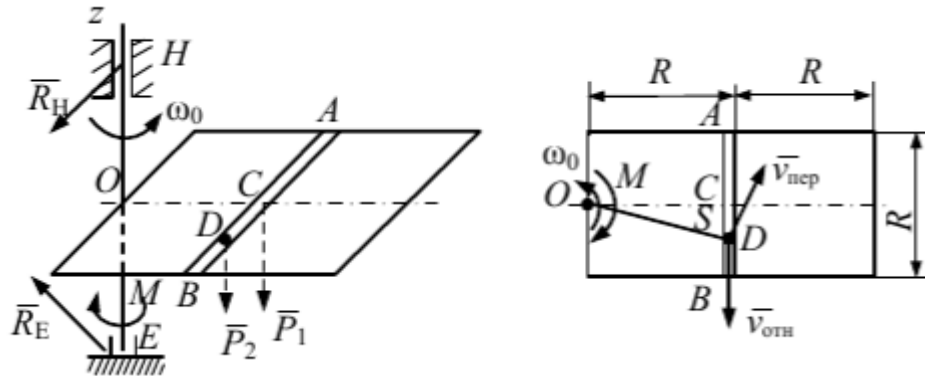
- 2) Дано: Угловая скорость  $\omega$  и угловое ускорение  $\epsilon$  кривошипа ОА длиной R;  $AB=r$ ,  $\alpha=90^\circ$ .  
Определить, кинетическую энергию механической системы.



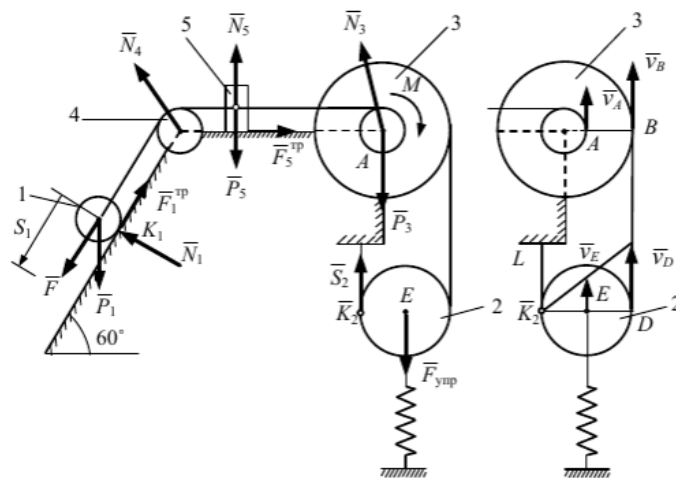
- 3) Дано:  $m$  - масса шарика М;  $\omega$  - угловая скорость вращения рамки вокруг вертикальной оси. При  $t=0$ ,  $X_0=0$ ,  $\dot{X}_0=0$ . Трением пренебречь.  
Определить закон относительного движения шарика М.



- 4) Однородная горизонтальная платформа (прямоугольная со сторонами  $2R$  и  $R$ ), имеющая массу  $m_1$ , жестко скреплена с вертикальным валом и вращается вместе с ним вокруг оси  $z$  с угловой скоростью  $\omega_0$ . В момент времени  $t=0$  на вал начинает действовать вращающий момент  $M$ , направленный противоположно  $\omega_0$ ; одновременно груз  $D$  массой  $m_2$ , находящийся в желобе  $AB$  в точке  $C$ , начинает двигаться по желобу (под действием внутренних сил) по закону  $s = CD = F(t)$ . Определить закон изменения угловой скорости платформы.



- 5) Механическая система состоит из сплошного однородного цилиндрического катка 1, подвижного блока 2, ступенчатого шкива 3 с радиусами ступеней  $R_3$  и  $r_3$  и радиусом инерции относительно оси вращения  $\rho_3$ , блока 4 и груза 5 (коэффициент трения груза о плоскость равен  $f$ ). Тела системы соединены нитями, намотанными на шкив 3. К центру  $E$  блока 2 прикреплена пружина с коэффициентом жесткости  $c$ ; ее начальная деформация равна нулю. Система приходит в движение из состояния покоя под действием силы  $F = f(s)$ , зависящей от перемещения  $s$  точки ее приложения. На шкив 3 при движении действует постоянный момент  $M$  сил сопротивления. Определить угловую скорость тела 3 в момент времени, когда  $s=s_1$ .





## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

- 1 Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Т1,2 – М.: Наука, 1985.
2. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. – М.: Высш. шк., 1990.
3. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – М.: Наука, 1986.
4. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. А.А. Яблонский, С.С. Норейко и др. - М: Интеграл, 1998.
5. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах: Т1,2 – М: Наука, 1991.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Тарг, С.М.Краткий курс теоретической механики : учебник для тех. вузов / С.М.Тарг. Высшая школа, 1998 – 416с.
2. Кирсанов, М. Н. Теоретическая механика. Сборник задач [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. Н. Кирсанов. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 430с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. Загл. С экрана.
- 3.Кирсанов, М.Н. Решебник. Теоретическая механика [Электронный ресурс] / М.Н. Кирсанов; под ред. А. И. Кирилова. – 2-е изд., исправ. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 384с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

### **8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

- 1 Элементы теории и примеры решения задач по теоретической механике: в 2 ч., ч.1: учеб.пособие/М.Р. Петров, Г.А. Щербатюк, Ю.Б. Колошенко. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2011. – 64с.
- 2 Статика. Основные системы сил: методические указания для студентов всех специальностей, всех форм обучения, изучающих теоретическую механику/ Ю.Я. Усольцев. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2009. – 16 с.
- 3 Кинематика: справочные сведения для студентов всех специальностей и форм обучения, изучающих теоретическую механику/ Ю.Я. Усольцев. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2008. – 11 с.
- 4 Кинематика сложного движения точки: методические указания к решению задач по курсу «Теоретическая механика» для студентов всех специальностей всех форм обучения/ Ю.Я. Усольцев. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2011. – 19 с.
- 5 Свободные прямолинейные колебания: методические указания к решению задач по курсу «Теоретическая механика»/ Г.А. Щербатюк, М.Р. Петров. - Ю.Я. Усольцев. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 20013. – 15 с.
- 6Теорема об изменении кинетической энергии: методические указания к решению задач для студентов всех специальностей и форм обучения, изучающих теоретическую механику/ Ю.Я. Усольцев. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2014. – 15 с.
- 7 Уравнения Лагранжа второго рода: методические указания к решению задач для

студентов всех специальностей и форм обучения, изучающих теоретическую механику/ Ю.Я. Усольцев. - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2015. – 14 с.

#### **8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

1. Электронная библиотека [www.znaniium.com](http://www.znaniium.com).
2. Электронный портал научной литературы [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).

#### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1 Национальная платформа открытого образования. <https://openedu.ru/>
- 2 <https://teoretmeh.ru>

#### **8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 7 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
MicrosoftImaginePremium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>

### **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) — русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

#### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

#### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Перед выполнением обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель может проводить инструктаж по выполнению задания. В инструктаж включается:

- цель и содержание задания;
- сроки выполнения;
- ориентировочный объем работы;
- основные требования к результатам работы и критерии оценки;

- возможные типичные ошибки при выполнении.

Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Технические и электронные средства обучения**

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

Для реализации дисциплины подготовлены следующие презентации:

- 1 Статика
- 2 Кинематика
- 3 Динамика

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### 1. Что называется силой?

- а) Давление одного тела на другое
- б) Мера воздействия одного тела на другое
- в) Величина взаимодействия между телами
- г) Мера взаимосвязи между телами (объектами)

### 2. Назовите единицу измерения силы?

- а) Паскаль
- б) Ньютон
- в) Герц
- г) Джоуль

### 3. Чем нельзя определить действие силы на тело?

- а) числовым значением (модулем)
- б) направлением
- в) точкой приложения
- г) геометрическим размером

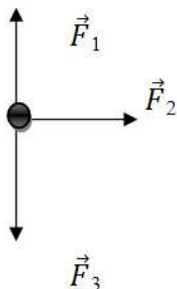
### 4. Какой прибор служит для статического измерения силы?

- а) амперметр
- б) гироскоп
- в) динамометр
- г) силомер

### 5. Какая система сил называется уравновешенной?

- а) Две силы, направленные по одной прямой в разные стороны
- б) Две силы, направленные под углом  $90^\circ$  друг к другу
- в) Несколько сил, сумма которых равна нулю
- г) Система сил, под действием которых свободное тело может находиться в покое

### 6. Чему равна равнодействующая трёх приложенных к телу сил, если $F_1=F_2=F_3=10\text{кН}$ ? Куда она направлена?



- а) 30 кН, вправо
- б) 30 кН, влево
- в) 10 кН, вправо
- г) 20 кН, вниз

### 7. Какого способа не существует при сложении сил, действующих на тело?

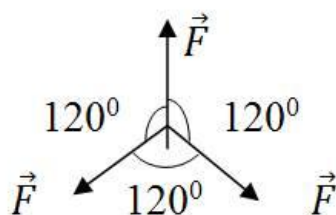
- а) геометрического
- б) графического
- в) тензорного
- г) аналитического

### 8. Две силы $F_1=30\text{Н}$ и $F_2=40\text{Н}$ приложены к телу под углом $90^\circ$ друг другу. Чему равна их равнодействующая?

- а) 70Н
- б) 10Н
- в) 50Н

г) 1200Н

9. Чему равна равнодействующая трёх сил, если  $F_1=F_2=F_3=10$  кН?



а) 0 кН

б) 10 кН

в) 20 кН

г) 30 кН

10. Что называется моментом силы относительно точки (центра)?

а) Произведение модуля этой силы на время её действия

б) Отношение силы, действующей на тело, к промежутку времени, в течение которого эта сила действует

в) Произведение силы на квадрат расстояния до точки (центра)

г) Произведение силы на кратчайшее расстояние до этой точки (центра)

11. Когда момент силы считается положительным?

а) Когда под действием силы тело движется вперёд

б) Когда под действием силы тело вращается по ходу часовой стрелки

в) Когда под действием силы тело движется назад

г) Когда под действием силы тело вращается против хода часовой стрелки

12. Что называется центром тяжести?

а) Это точка, в которой может располагаться масса тела

б) Это точка, через которую проходит равнодействующая сил тяжести, действующих на частицы данного тела

в) Это точка приложения силы тяжести

г) Это точка, в которой совпадают центр симметрии тела и центра тяжести тела

13. Какое тело считается свободным?

а) Имеющее одну точку опоры

б) Находящееся в равновесии

в) На которое не наложены связи

г) Если равнодействующая всех сил равна нулю

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Пример выполнения РГР Задача С1

$$M = 100 \text{ Нм}; F_1 = 10 \text{ Н}; \alpha_1 = 60^\circ; F_4 = 40 \text{ Н}; \alpha_4 = 30^\circ; l = 0,5 \text{ м.}$$

Определить реакции связей в точках закрепления.

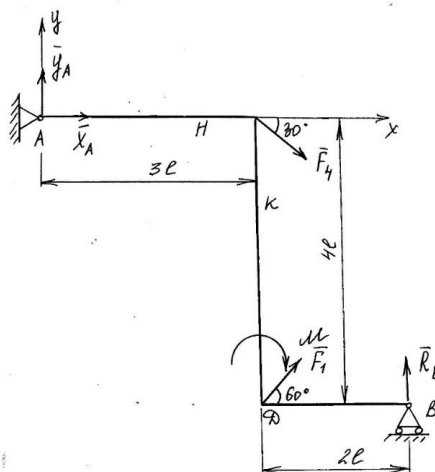


Рисунок 1

### Решение

1. Рассмотрим равновесие балки. Проведем координатные оси  $Axy$  и изобразим действующие на балку силы: силы  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_4$ , пару сил с моментом  $M$  и реакции связей: две составляющие реакции неподвижного цилиндрического шарнира  $\vec{X}_A$ ,  $\vec{Y}_A$ , реакцию подвижного шарнира  $\vec{R}_B$ .

2. Для полученной плоской системы сил составим три уравнения равновесия. В итоге получим:

$$\sum F_{ix} = 0; X_A + F_1 \cos 60 + F_4 \cos 30 = 0, \quad (1)$$

$$\sum m_A(\vec{F}_i) = -F_4 \sin 30 \cdot 3l + F_1 \cdot 3l \sin 60 + F_1 \cdot 4l \cos 60 + R_B \cdot 5l - M = 0, \quad (2)$$

$$\sum m_B(\vec{F}_i) = F_4 l \cdot (-4 \cos 30 + 2 \sin 30) - F_1 \cdot 2l \sin 60 - Y_A \cdot 5l - X_A \cdot 4l - M = 0. \quad (3)$$

Решаем полученную систему уравнений (1)-(3).

$$X_A = -F_1 \cos 60 - F_4 \cos 30;$$

$$R_B = \frac{F_4 \sin 30 \cdot 3l - F_1 \cdot 3l \sin 60 - F_1 \cdot 4l \cos 60 + M}{5l};$$

$$Y_A = \frac{F_4 l \cdot (-4 \cos 30 + 2 \sin 30) - F_1 \cdot 2l \sin 60 - X_A \cdot 4l - M}{5l};$$



$$X_A = -10 \cos 60 - 40 \cos 30 = -39,64 \text{ кН};$$

$$R_B = \frac{40 \sin 30 \cdot 1,5 - 10 \cdot 1,5 \sin 60 - 10 \cdot 2 \cos 60 + 100}{2,5} = 42,8 \text{ кН};$$

$$Y_A = \frac{40 \cdot 0,5 \cdot (-4 \cos 30 + 2 \sin 30) - 10 \cdot \sin 60 + 39,64 \cdot 2 - 100}{2,5} = -31,46 \text{ кН}.$$

3. Проверка

$$\begin{aligned} \sum F_{iy} = 0; Y_A + R_B + F_1 \sin 60 - F_4 \sin 30 = 0; \\ -31,46 + 42,8 + 10 \sin 60 - 40 \cdot \sin 30 = 0. \end{aligned}$$

Реакции определены верно.

### Задача К1

Известен закон движения материальной точки, заданный координатным способом уравнениями:

$$\begin{cases} x = 4 \sin n\left(\frac{\pi}{6} t\right); \\ y = 4 - 6 \cos^2\left(\frac{\pi}{6} t\right). \end{cases}$$

Необходимо:

- определить уравнение траектории точки и построить ее;
- указать положение точки на траектории в момент времени  $t = 1$  с;
- для этого момента времени определить скорость и ускорение точки, а также ее касательное и нормальное ускорения и радиус кривизны в соответствующей точке траектории;
- изобразить векторы скорости и ускорения на рисунке.

### Решение

1. Для определения уравнения траектории точки исключим из заданных уравнений движения время  $t$ .

Из заданных уравнений движения

$$\cos^2\left(\frac{\pi}{6} t\right) = \frac{4-y}{6};$$

$$\sin^2\left(\frac{\pi}{6} t\right) = \frac{x^2}{16};$$

$$1 = \frac{4-y}{6} + \frac{x^2}{16};$$

$$48 = 32 - 8y + 3x^2;$$

$$y = \frac{3}{8}x^2 - 2$$

Окончательно траектория движения – парабола, уравнение которой имеет вид:

$$y = \frac{3}{8}x^2 - 2.$$

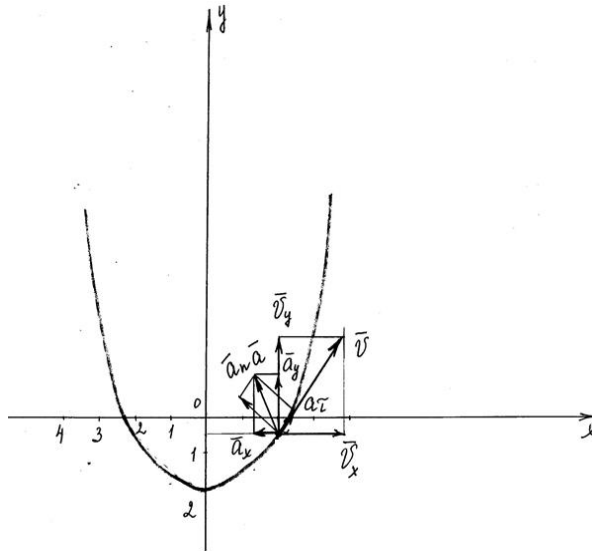


Рисунок 2

Строим на рисунке траекторию и показываем положение точки в заданный момент времени. При  $t_1=1$  с  $x=2$  см,  $y=-0,5$  см.

2. Скорость точки найдем по ее проекциям на координатные оси

$$V_x = \frac{dx}{dt} = \frac{4\pi}{6} \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right);$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = 2\pi \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right) \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right) = \pi \sin\left(\frac{\pi}{3}t\right).$$

При  $t_1=1$  с  $V_x=1,81$  см/с,  $V_y=2,72$  см/с.

Модуль вектора скорости найдем по формуле

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{1,81^2 + 2,72^2} = 3,27 \text{ см/с.}$$

3. Аналогично находим ускорение точки через его проекции на оси координат

$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = -\frac{\pi^2}{9} \sin\left(\frac{\pi}{6}t\right), \quad a_y = \frac{dV_y}{dt} = \frac{\pi^2}{3} \cos\left(\frac{\pi}{3}t\right).$$

При  $t_1=1$  с  $a_x=-0,55$  см/с<sup>2</sup>,  $a_y=1,64$  см/с<sup>2</sup>.

Модуль ускорения найдем по формуле

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{0,55^2 + 1,64^2} = 1,73 \text{ см/с}^2.$$

4. Касательное ускорение найдем по формуле

$$a_\tau = \frac{|V_x a_x + V_y a_y|}{V} = \frac{-1,81 \cdot 0,55 + 2,72 \cdot 1,64}{3,27} = 1,06 \text{ см/с}^2.$$

Тогда нормальное ускорение:

$$a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2} = \sqrt{1,73^2 - 1,06^2} = 1,37 \text{ см/с}^2$$

5. Радиус кривизны траектории  $\rho = \frac{V^2}{a_n} = \frac{3,27^2}{1,37} = 7,8 \text{ см.}$

Все кинематические параметры показываем на рисунке 2.

### Задача К2

Дано:

$$l_1 = 0,4 \text{ м}; l_2 = 1,2 \text{ м}; l_3 = 1,4 \text{ м}; l_4 = 0,8 \text{ м}; \alpha = 30^\circ; \beta = 120^\circ; \gamma = 30^\circ; \varphi = 0^\circ; \theta = 60^\circ;$$

$$\omega_1 = 5 \text{ 1/с}; \varepsilon_1 = 10 \text{ рад/с}^2.$$

Определить:  $v_B; v_E; \omega_3$  и  $a_A$ .

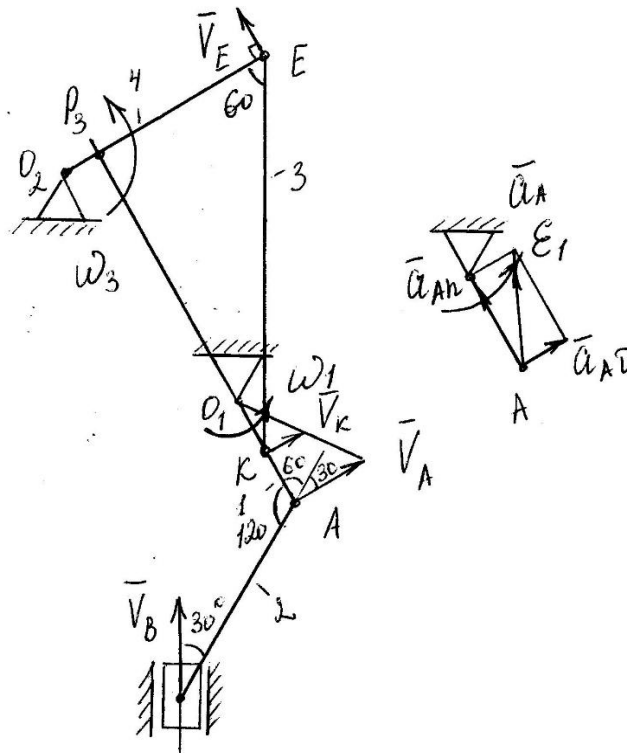


Рисунок 3

**Решение:**

1. Строим положение механизма в соответствии с заданными углами (рисунок 3).

2. Определяем  $v_B$ . Точка  $B$  принадлежит стержню  $BA$ . Чтобы найти  $v_B$ , надо знать скорость какой-нибудь другой точки этого стержня и направление  $v_B$ . Определим  $v_A$ .

Вектор  $\vec{v}_A \perp O_1A$ .

$$v_A = \omega_1 l_1;$$

$$v_A = 5 \cdot 0,4 = 2 \text{ м/с}.$$

По теореме о проекции скоростей точек плоской фигуры:

$$v_A \cos 30 = v_B \cos 30;$$

$$v_B = v_A = 2 \text{ м/с}.$$

3. Определяем  $v_E$ . Точка  $E$  принадлежит стержню  $KE$ .

Точка  $P_3$  – мгновенный центр скоростей стержня  $KE$ , тогда

$$v_K = \omega_3 KP_3 = 0,5v_A = 1 \text{ м/с};$$

$$v_E = \omega_3 EP_3;$$

$$\omega_3 = \frac{v_K}{KP_3}.$$

$\triangle EP_3K$  – прямоугольный,  $EP_3 = 0,5l_3 = 0,7 \text{ м}$ .

$$KP_3 = l_3 \cos 30 = 1,4 \cos 30 = 1,21 \text{ м}.$$

$$\omega_3 = \frac{1}{1,21} = 0,83 (1/\text{с});$$

$$v_E = 0,83 \cdot 0,7 = 0,58 \text{ м/с}.$$

4. Определяем  $a_A$ . Так как  $\varepsilon_1$  известно, то

$$a_{A\tau} = l_1 \varepsilon_1.$$

$$a_{An} = l_1 \omega_1^2.$$

$$a_{An} = 0,4 \cdot 5^2 = 10 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{A\tau} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ м/с}^2.$$

Тогда  $a_A = \sqrt{a_{A\tau}^2 + a_{An}^2}$ . Произведя вычисления, получим:  $a_A = 5,38 \text{ м/с}^2$ .

### Задача Д1

$$m = 1,8 \text{ кг}; V_0 = 24 \text{ м/с}; Q = 5 \text{ Н}; R = 0,3 \text{ ВН}; t_1 = 2 \text{ с}; F(x) = -2 \cos(2t) \text{ Н}.$$

Считая твердое тело материальной точкой найти закон ее движения на участке  $BC$ . Трением тела о трубу пренебречь.

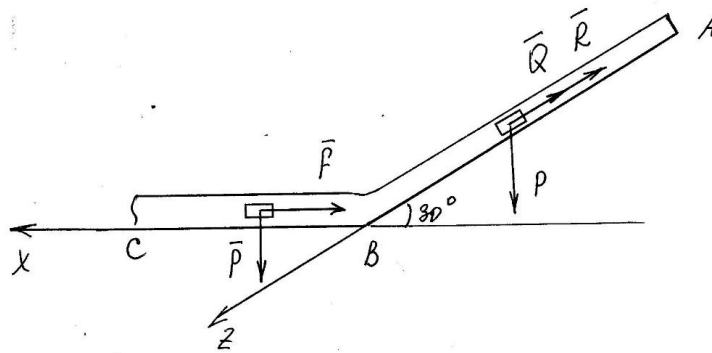


Рисунок 4

### Решение

1. Рассмотрим движение груза на участке АВ, считая его материальной точкой. Изображаем груз в произвольном положении и действующие на него силы:  $P$  – сила тяжести,  $R$ ,  $Q$ . Проводим ось  $Az$  и составляем дифференциальное уравнение движения груза в проекции на эту ось:

$$m \frac{dV_z}{dt} = -Q - R + P \sin 30; \quad (4)$$

Принимая во внимание, что

$V_z = V$ ,  $Q = 5$  Н,  $R = \mu V$ , где  $\mu = 0,3$ , получим

$$m \frac{dV}{dt} = -5 - 0,3V + mg \sin 30;$$

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{5}{m} - \frac{0,3}{m}V + 5;$$

$$\frac{dV}{dt} = 2,22 - 0,17V.$$

$$\frac{dV}{dt} = -0,17(V - 13,1) \quad (5)$$

Разделяем в (5) переменные и интегрируем:

$$\frac{dV}{(V - 13,1)} = -0,17 dt. \quad (6)$$

$$\ln|V - 13,1| = -0,17t + C_1.$$

Константу интегрирования в (6) находим по начальным условиям.

При  $t=0$  с  $V=V_0=24$  м/с, тогда из (6)

$$C_1 = \ln|V_0 - 13,1| = \ln|24 - 13,1| = \ln|10,9|.$$

В итоге уравнение (3) принимает вид

$$\begin{aligned} \ln|V - 13,1| &= -0,17t + \ln|10,9|; \\ \ln\left|\frac{V - 13,1}{10,9}\right| &= -0,17t \end{aligned} \quad (7)$$

Из (7) в результате находим

$$\frac{V - 13,1}{10,9} = e^{-0,17t} \quad \text{ИЛИ} \quad V = 10,9e^{-0,17t} + 13,1; \quad (8)$$

Полагая в (8)  $t=2$ с определяем скорость  $V_B$  груза в точке  $B$ :

$$V_B = 20,88 \text{ м/с.}$$

2. Рассмотрим движение груза на участке  $BC$ . Найденная скорость  $V_B$  на этом участке будет начальной. Изображаем груз и действующие на него силы  $P, F_x$ . Проведем из точки  $B$  ось  $Bx$  и составим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на эту ось:

$$m \frac{dV_x}{dt} = F_x,$$

Подставляем значения сил (учитывая, что  $V_x=V$ )

$$m \frac{dV}{dt} = -2 \cos \varphi t.$$

Разделим на  $m$

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{2}{m} \cos \varphi t.$$

Разделяем переменные и интегрируем

$$dV = -\frac{2}{m} \cos \varphi t dt,$$

$$\frac{dx}{dt} = V = -\frac{1}{m} \sin \varphi t + C_2.$$

Повторно интегрируем

$$dx = \left( -\frac{1}{m} \sin \varphi t + C_2 \right) dt,$$

$$x = \frac{1}{2m} \cos \varphi t + C_2 t + C_3.$$

Константы интегрирования находим из начальных условий. Будем отсчитывать время от момента, когда груз находился в точке  $B$ .

При  $t=0$   $V=V_B \cos 30$ ,  $x=0$ , тогда получаем константы:

$$C_2 = V_B \cos 30, c_3=0.$$

Подставив найденные константы, окончательно получаем искомый закон движения

$$x = \frac{1}{2m} \cos \omega t + V_B \cos 30t,$$

или после подстановки численных значений параметров

$$x = 0,28 \cos \omega t + 18,08t.$$

### Задача 3

$$f = 0,1, R_4 = 0,3 \text{ м}, r_4 = 0,1 \text{ м}, R_5 = 0,2 \text{ м}, r_5 = 0,1$$

$$m_1 = 0 \text{ кг}; m_2 = 2 \text{ кг}; m_3 = 4 \text{ кг}; m_4 = 0; m_5 = 10 \text{ кг}; M_4 = 0,3 \text{ Нм}; F = 40(4 + 5S) \text{ Н}.$$

Необходимо определить  $V_2$ , если  $S_1 = 0,6 \text{ м}$

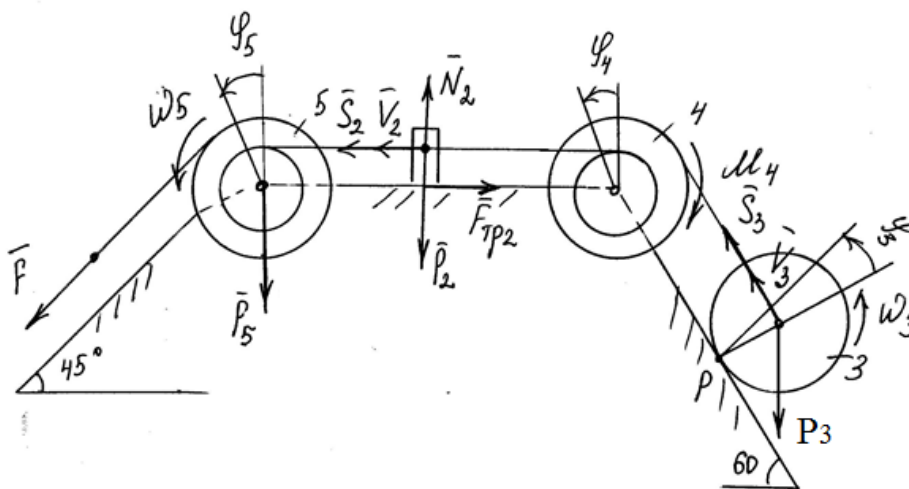


Рисунок 5

### Решение

1. Рассмотрим движение неизменяемой механической системы, состоящей из тел, соединенных нитями. Изобразим действующие на систему внешние силы: активные  $F, P_2, P_3, P_5$ , сила трения  $F_{тр2}$  и момент сопротивления  $M_4$ .

Для определения  $V_2$  воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии:

$$T - T_0 = \sum A_k^e.$$

2. Определяем  $T$  и  $T_0$ . Так как в начальный момент система находилась в покое, то  $T_0=0$ . Величину  $T$  найдем как сумму кинетических энергии всех тел системы

$$T=T_2+T_3+T_5.$$

Учитывая, что тело 3 движется плоскопараллельно, тело 2 – поступательно, а тело 5 вращается вокруг неподвижной оси, получим

$$T_3 = \frac{m_3 V_{C3}^2}{2} + \frac{I_3 \omega_3^2}{2},$$

$$T_2 = \frac{m_2 V_2^2}{2}, \quad T_5 = \frac{I_5 \omega_5^2}{2}.$$

Все входящие скорости нужно выразить через искомую  $V_2$ .

$$V_2 = \omega_4 r_4 = \omega_5 r_5; \quad V_{C3} = \omega_4 R_4 = \omega_3 R_3; \quad \omega_5 = \frac{V_2}{r_5};$$

$$V_{C3} = \frac{V_2 R_4}{r_4}; \quad \omega_3 = \frac{V_2 R_4}{R_3 r_4}$$

Кроме того, моменты инерции имеют значения

$$I_3 = \frac{m_3 R_3^2}{2}, \quad I_5 = m_5 R_5^2.$$

Подставив величины, а затем окончательно получим

$$T = V_2^2 \left( \frac{m_2}{2} + \frac{m_5 R_5^2}{2 r_5^2} + \frac{m_3 R_4^2}{2 r_4^2} + \frac{1}{4} \frac{m_3 R_4^2}{r_4^2} \right);$$

$$T = V_2^2 \left( \frac{2}{2} + \frac{10 \cdot 0,3^2}{2 \cdot 0,1^2} + \frac{4 \cdot 0,3^2}{2 \cdot 0,1^2} + \frac{1}{4} \cdot \frac{4 \cdot 0,3^2}{\cdot 0,1^2} \right) = 39,25 V_2^2.$$

3. Найдем сумму работ всех внешних сил при перемещении, которое будет иметь система, когда центр масс груза 1 пройдет путь  $s_1$ .

$$A_{\vec{F}} = \int_0^{s_1} F ds = \int_0^{s_1} 40(4 + 5s) ds = 40 \left( 4s_1 + 2,5s_1^2 \right) = 40 \left( 4 \cdot 0,6 + 2,5 \cdot 0,6^2 \right) =$$

$$= 132 \text{ Дж};$$



$$A(\bar{F}_{mp2}) = -F_{mp2} S_2 = -fN_2 S_2 = -fm_2 g S_2 = -fm_2 g \frac{S_1 r_5}{R_5} = -0,1 \cdot 2 \cdot 10 \cdot \frac{0,6 \cdot 0,1}{0,2} =$$

$$= -0,6 \text{ Дж}$$

$$A(\bar{M}_4) = -M_4 \varphi_4 = -M_4 \frac{S_1 r_5}{r_4 R_5} = -0,3 \cdot \frac{0,6}{0,2} = -0,9 \text{ Дж};$$

$$A(\bar{P}_3) = -P_3 \sin 30 \cdot S_3 = -m_3 g \cdot \frac{S_1 R_4 r_5}{R_5 r_4} = -40 \cdot \frac{0,6 \cdot 0,3}{0,2} = -36 \text{ Дж}.$$

Суммируем найденные работы

$$\sum A_k^e = 94,5 \text{ Дж}.$$

Тогда

$$39,25 \cdot V_2^2 = 94,5;$$

$$V_2 = 1,55 \text{ (м/с)}.$$