

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»  
Кафедра «Механика и анализ конструкций и процессов»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин



« 22 » июля 20 18 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Теоретическая механика»

основной профессиональной образовательной программы по направлению  
подготовки

15.03.01 Машиностроение  
Направленность (профиль) «Оборудование и технология сварочного произ-  
водства»  
«Технология машиностроения»

Форма обучения                    заочная  
Технология обучения            традиционная

Комсомольск-на-Амуре 2018

71М8а-1  
70С8а-1

Автор рабочей программы

 Г.А. Щербатюк  
« 17 » Мая 20 17 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

 И.А. Романовская  
« 17 » Мая 20 17 г.

Заведующий кафедрой  
МАКП

 А.А.Буренин  
« 17 » Мая 20 17 г.

Заведующий выпускающей кафедрой ТМ

 П.А. Саблин  
« 17 » Мая 20 17 г.

Директор ФЗДО

 М.В. Семибратова  
« 17 » Мая 20 17 г.

Начальник УМУ

 Е.Е. Поздеева  
« 17 » Мая 20 17 г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Теоретическая механика» составлена в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, утверждённых приказами Министерства образования и науки Российской Федерации по направлениям подготовки:

15.03.01 Машиностроение приказ Минобрнауки России № 957 от 03 сентября 2015 г.;

## 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	Теоретическая механика							
Цель дисциплины	Обучение студентов общим законам механического движения и механического взаимодействия материальных тел, методам построения, исследования и решения механико-математических моделей, адекватно описывающих движение и равновесие механических систем. Формирование на данной основе навыков математической культуры, логического мышления и научного кругозора в понимании современной естественнонаучной картины мира.							
Задачи дисциплины	<p>Освоение методов решения научно-технических задач в области механики и основных алгоритмов математического моделирования механических явлений;</p> <p>Овладение навыками практического использования методов, предназначенных для математического моделирования движения и равновесия материальных тел и механических систем;</p> <p>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.</p>							
Основные разделы дисциплины	Статика; Кинематика; Динамика							
Общая трудоемкость дисциплины	4з.е. / 144 академических часов							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
	3 семестр	4	4			123	9	144
ИТОГО:	4	8			123	9	144	

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Теоретическая механика» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1–Общепрофессиональные заданные ФГОС ВО по направлениям подготовки

№ п/п	Код направления	Наименование направления	Компетенции, формируемые на основании учебных планов	
			Код компетенции	Формулировка компетенции
1	15.03.01	Машиностроение	ОПК-1	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

В целях унификации на основании компетенций выпускника, определенных ФГОС ВО по направлениям подготовки, разработана унифицированная дисциплинарная компетенция (**УДКтм**) по дисциплине «**Теоретическая механика**»:

**УДКтм** - Способность понимать сущность и интерпретировать механические явления на базовом уровне при помощи соответствующего теоретического аппарата, объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий, использовать методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения прикладных задач.

Дисциплина «Теоретическая механика» нацелена на формирование знаний, умений и навыков формирования компетенции **УДКтм** в процессе освоения образовательных программ, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
<b>УДКтм</b> - Способность понимать сущность и интерпретировать механические явления на базовом уровне при по-	<b>З1 (УДКтм)</b> - основные понятия и аксиомы механики, случаи приведения действующей на	<b>У1 (УДКтм)</b> - приводить систему действующих сил к более простому эквивалент-	<b>Н1 (УДКтм)</b> - навыками исследования равновесия твердого тела (системы тел) под

<p>мощи соответствующего теоретического аппарата, объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий, использовать методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения прикладных задач.</p>	<p>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 трения скольжения и качения;</p> <p><b>32 (УДКтм)</b> – 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;</p> <p><b>33 (УДКтм)</b> - 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>ному виду, составлять уравнения равновесия для тела, находящегося под действием произвольной системы сил, находить положения центров тяжести тел;</p> <p><b>У2 (УДКтм)</b> - вычислять скорости и ускорения точек тел и самих тел, совершающих поступательное, вращательное и плоское движения;</p> <p><b>У3 (УДКтм)</b> - решать прямую и обратную задачи динамики точки; вычислять кинетическую энергию много массовой системы, работу сил, приложенных к твердому телу при указанных движениях.</p>	<p>действием плоской и пространственной систем сил;</p> <p><b>Н2 (УДКтм)</b> – навыками решения задач по кинематике точки и твердого тела;</p> <p><b>Н3 (УДКтм)</b> - навыками составления и решения дифференциальных уравнений движения точки и системы, основами методов механики</p>
--	---	---	---

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

Дисциплина(модуль) «Теоретическая механика» изучается на 2 курсе в 3 семестре.

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

Формирование компетенции *УДКтм* основывается на знаниях, полученных при изучении дисциплин математика, физика.

### 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 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
	заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	12
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)	8
<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	123
Промежуточная аттестация обучающихся	9

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

Таблица 4 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Наука теоретическая механика. Основные понятия, модели, допущения. Законы механики. Основные положения разделов теоретической механики (статика, кинематика, динамика)	Лекция	2	Традиционная	УДКтм	31 (УДКтм) 32 (УДКтм); 33 (УДКтм);
Динамика точки и механической системы. Дифференциальные уравнения движения точки относительно инерциальной и неинерциальной системы координат; общие теоремы динамики, основные понятия и принципы аналитической механики (принцип Даламбера, принцип возможных перемещений)	Лекция	2	Традиционная	УДКтм	31 (УДКтм)
Плоская и пространственная система произвольно расположенных сил. Приведение к более простому эквивалентному виду. Определение реакций связей. Центр тяжести. Решение задач с учетом сил трения.	Практическое занятие	2	Традиционная	УДКтм	У1 (УДКтм)
Кинематические характеристики точки	Практическое занятие	1	Традиционная	УДКтм	У2 (УДКтм);

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Движение твердого тела. Преобразование простейших видов движения. Скорости и ускорения точек плоской фигуры, уравнения движения. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки	Практическое занятие	2	Традиционная	УДК <sub>тм</sub>	У2 (УДК <sub>тм</sub> );
Динамика свободной материальной точки. Колебания МТ. Динамика относительного движения точки	Практическое занятие	1	Традиционная	УДК <sub>тм</sub>	У3 (УДК <sub>тм</sub> );
Основные теоремы динамики для МТ и МС. Задачи аналитической динамики	Практическое занятие	2	Традиционная	УДК <sub>тм</sub>	У3 (УДК <sub>тм</sub> );
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практическим занятиям)	48	Решение задач по разделам дисциплины	УДК <sub>тм</sub>	Н1 (УДК <sub>тм</sub> ); Н2 (УДК <sub>тм</sub> )
	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов дисциплины)	32	Чтение основной и дополнительной литературы		Н1 (УДК <sub>тм</sub> ); Н2 (УДК <sub>тм</sub> )
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение РГР)	43	Выполнение заданий	УДК <sub>тм</sub>	Н1 (УДК <sub>тм</sub> ); Н2 (УДК <sub>тм</sub> )
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	Лекции	4	-	-	-
	Практические занятия	8	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	Самостоятельная работа обучающихся	123	-	-	-
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>		9	экзамен	УДК <sub>тм</sub>	31 (УДК <sub>тм</sub> ); 32 (УДК <sub>тм</sub> ); 33 (УДК <sub>тм</sub> ); Н1 (УДК <sub>тм</sub> ); Н2 (УДК <sub>тм</sub> ); Н3 (УДК <sub>тм</sub> ); У1 (УДК <sub>тм</sub> ); У2 (УДК <sub>тм</sub> ); У3 (УДК <sub>тм</sub> )
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 144 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 3 часов					

### **6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Теоретическая механика», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к практическим занятиям; подготовка и оформление расчётно-графической работы.

Отчёт по расчётно-графической работе выполняется в виде пояснительной записки подготовленной на компьютере. Пояснительная записка должна содержать подробную постановку задач, расчётную и графическую часть с необходимыми комментариями по ходу решения задач. Титульный лист к пояснительной записке делается один на все три задачи. Образец титульного листа приведён в РД ФГБОУ ВО «КнАГУ» 013-2016.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы

учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – М.: Наука, 2005.

2. Кирсанов М.Н. Теоретическая механика. Решебник под ред. А.И. Кириллова. М.: Физматлит, 2008.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 5.

Общие рекомендации по организации самостоятельной работы:

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это самостоятельная работа студента и аудиторная работа в вузе по расписанию занятий. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время установочной лекции а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 1 - 3 часа ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра.

Прежде чем приступать к выполнению расчетно-графического задания, необходимо изучить теоретические основы дисциплины, прорешать задачи самостоятельно последовательно по всем разделам дисциплины. По возможности посетить консультации преподавателя или получить их дистанционно.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (построение графиков и т.п.).

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Таблица 5 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Изучение теоретических разделов дисциплины		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32
Подготовка к практическим занятиям		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	32
Выполнение РГР		2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	32
<b>Итого 3 семестр</b>		<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>123</b>										

## 7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 6 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Статика	31 (УДК <sub>тм</sub> )	РГР (Статика задача 1), экзамен	Определяет реакции опор и внутренние усилия в элементах конструкции. Владеет навыками составления уравнений статики
	У1 (УДК <sub>тм</sub> );		
	Н1 (УДК <sub>тм</sub> )		
Кинематика	32 (УДК <sub>тм</sub> );	РГР (Кинематика задача 1, 2), экзамен	Определяет кинематические характеристики движения точки, твердого тела и системы твердых тел.
	У2 (УДК <sub>тм</sub> );		
	Н2 (УДК <sub>тм</sub> )		
Динамика	33 (УДК <sub>тм</sub> );	РГР (Динамика задача 1,3), экзамен	Определяет динамические и кинематические характеристики движения точки, системы тел. Определяет работу и кинетическую энергию поступательного, вращательного и плоского движения тела
	У3 (УДК <sub>тм</sub> );		
	Н3 (УДК <sub>тм</sub> )		

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена

**Экзамен** проводится в *устной* форме по билетам. Билет содержит три теоретических вопроса и две задачи. Экзаменационная оценка выставляется с учетом результатов текущего контроля и промежуточного контроля, выполнение заданий всех практических занятий и расчетно-графической работы (РГР).

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания зна-

ний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 7).

Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b><i>Промежуточная аттестация в форме экзамена или дифференцированного отчета</i></b>			
РГР (задача 1)	17	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>
РГР (задача 2,3)	17	20 баллов	<p>20 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>15 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>10 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>
РГР (задача 4,5)	17	20 баллов	<p>20 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>15 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навы-</p>

Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
			<p>ки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>10 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>
Текущая аттестация		<b>50 баллов</b>	-
Экзамен		<b>50 баллов</b>	-
		<p>Теоретический вопрос – <b>оценивание уровня усвоенных знаний (в билете 3 вопроса по 10 баллов)</b></p>	<p>Один вопрос:</p> <p>10 баллов - студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>4 балла - студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов - при ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
		<p>Практическая задача – <b>оценивание уровня усвоенных умений и навыков</b></p>	<p>Одна задача:</p> <p>10 баллов - студент правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>8 баллов - студент выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного матери-</p>

Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
		<b>(в билете 2 задачи по 10 баллов)</b>	<p><i>ала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i></p> <p><i>5 баллов - студент выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</i></p> <p><i>0 баллов - при выполнении практического задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</i></p>
Итого		<b>100 баллов</b>	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b></p> <p>0 - 64 % от максимально возможной суммы баллов - "неудовлетворительно" (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);</p> <p>65 - 74 % от максимально возможной суммы баллов - "удовлетворительно" (пороговый (минимальный) уровень);</p> <p>75 - 84 % от максимально возможной суммы баллов - "хорошо" (средний уровень);</p> <p>85 - 100 % от максимально возможной суммы баллов - "отлично" (высокий (максимальный) уровень)</p>			

## Задания для текущего контроля

В течение 3-го семестра студенты должны выполнить 1 расчётно-графическую работу, состоящее из 5 задач.

Задачи, для выполнения РГЗ, 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.

### Расчётно-графическая работа

#### Задача № 1.

Тема задачи: «Определение реакций опор».

Решение систем линейных алгебраических уравнений равновесия должно быть выполнено аналитическим методом.

#### Задача № 2.

Тема задачи: «Определение кинематических характеристик движения точки». К задаче выполнить построение траектории и всех найденных величин в масштабе.

#### Задача № 3.

Тема задачи: «Кинематический анализ плоского механизма».

#### Задача № 4.

Тема задачи: «Дифференциальные уравнения движения точки».

#### Задача №5.

Тема задачи: «Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы».

**Примечание:** на усмотрение ведущего преподавателя допускается выдавать задания аналогичные по тематике и трудоёмкости, из других учебно-методических пособий.

### Вопросы для защиты РГР.

1. Сформулируйте тему и задачи данной расчётно-графической работы.
2. Какие допущения приняты при решении поставленных в РГЗ задач?
3. В какой последовательности решаются задачи статики на равновесие?
4. Объясните, как направлялись реакции связей на расчётных схемах?
5. Запишите известные вам формы необходимых и достаточных уравнений равновесия для произвольной плоской системы сил.
6. Какие механические системы являются статически неопределимыми?
7. Сформулируйте теорему Вариньона о моменте равнодействующей для случая произвольной плоской системы сил.
8. В каком случае оправданно применение теоремы Вариньона о моменте равнодействующей?

9. Найдите момент силы, указанной преподавателем на расчётной схеме относительно заданной им же точки.
10. Как изменится состояние твёрдого тела, если пару сил перенести в плоскости пары в пределах данного тела?
11. Сравните моменты пары сил относительно двух точек, указанных преподавателем на расчётной схеме.
12. Сделайте проверку правильности решения, составив и решив одно, наиболее эффективное на Ваш взгляд, проверочное уравнение.
13. Какое движение совершает звено указанное преподавателем на кинематической схеме механизма? Дайте определение этого движения.
14. Что называется мгновенным центром скоростей?
15. Как определить положение мгновенного центра скоростей?
16. Какое движение совершает звено, если его мгновенный центр скоростей находится в бесконечности?
17. Как найти величину и направление угловой скорости звена указанного преподавателем на кинематической схеме механизма?
18. Изобразите вектор скорости точки, указанной преподавателем на кинематической схеме механизма.
19. Сравните по величине скорости двух точек, указанных преподавателем на кинематической схеме механизма.
20. Сформулируйте теорему о проекциях скоростей двух точек твёрдого тела на ось проходящую через эти точки.
21. Объясните направление каждого из векторов ускорений, изображённых на кинематической схеме механизма.
22. По каким формулам вычислялись величины ускорений, векторы которых показаны на кинематической схеме механизма?
23. В чём заключается аналитический способ определения ускорения точки звена, совершающего плоское движение?
24. В чём заключается графический способ определения ускорения точки звена, совершающего плоское движение?
25. Сравните по величине ускорения двух точек, указанных преподавателем на кинематической схеме механизма.
26. Как найти величину и направление углового ускорения звена?
27. Как вращается звено, указанное преподавателем на кинематической схеме механизма (ускоренно, замедленно или равномерно)?
28. Какие допущения приняты при решении задач, поставленных в РГР?
29. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии механической системы. Запишите соответствующую формулу.
30. По какой формуле находится кинетическая энергия материальной точки?
31. В каких случаях кинетическая энергия материальной точки равна нулю?
32. Как в данной работе находилась кинетическая энергия механической системе в начальном и конечном положениях?

33. Как найти кинетическую энергию твёрдого тела, указанного преподавателем на расчётной схеме механической системы?
34. Как найти работу силы, указанной преподавателем на расчётной схеме механической системы?
35. Найти соотношение между перемещениями двух точек, указанных преподавателем на расчётной схеме механической системы.
36. В каких случаях работа силы равна нулю?
37. Чему равна работа силы приложенной в мгновенном центре скоростей?
38. 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 неподвижной 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 Кенига. 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.
13. Общее уравнение динамики.

Примеры экзаменационных задач приведены в п.10

## 8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения 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.Кратский 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.

## 9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

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

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

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 расчетно-графических работ, выполнению домашних заданий по практическим занятиям.

Для успешного освоения программы дисциплины "Теоретическая механика" обучающимся рекомендуется придерживаться следующих методических указаний (таблица 7).

Таблица 8 - Методические указания к освоению дисциплины

<b>Компонент учебного плана</b>	<b>Организация деятельности обучающихся</b>
Лекции	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, формулировки, выводы. Помечать важные мысли. Выделять ключевые слова, термины, формулы. Делать пометки на вопросах, терминах, блоках в тексте, которые вызывают затруднения, после чего постараться найти ответ в рекомендованной литературе. Если ответ не найден, то на консультации обратиться к преподавателю
Практические занятия	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом, конспектирование основных мыслей и выводов, решение задач по алгоритму
Самостоятельное изучение теоретических разделов дисциплины	В процессе самостоятельного изучения разделов дисциплины перед обучающимся ставится задача усвоения теории дисциплины, запоминания основных и ключевых понятий изучаемого предмета. Обучающийся составляет краткие конспекты изученного материала. В ходе работы студент учится выделять главное, самостоятельно делать обобщающие выводы
Самостоятельная работа	Для более углубленного изучения темы задания самостоятельной работы рекомендуется выполнять параллельно с изучением данной темы. Информация о самостоятельной работе представлена в разделе 6 "Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по дисциплине"
Экзамен	При подготовке к экзамену по теоретической части необхо-

димо выделить в вопросе главное, существенное (понятия, признаки, классификации и пр.), привести примеры, иллюстрирующие теоретические положения. При подготовке к экзамену по практической части необходимо пробное выполнение заданий по предложенному алгоритму, подготовка ответов на контрольные вопросы

## Пример выполнения РГР

### Задача № 1.

Тема задачи: «Определение реакций опор твердого тела».

Решение систем линейных алгебраических уравнений равновесия должно быть выполнено аналитическим методом и численным методом с помощью компьютера.

Дано:  $P=20$  кН;  $M=4$  кНм;  $q=3$  кН/м.

Определить: реакцию  $Y_A$ .

Решение:

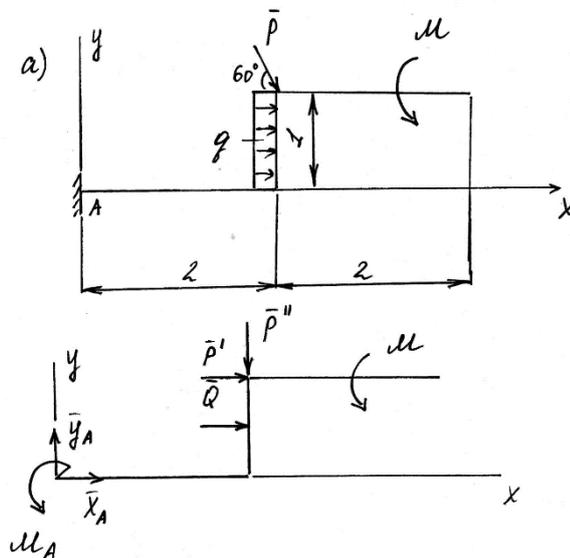
Разложим силу  $\bar{P}$  на составляющие:

$$P' = P \cos 60 = 10(\text{кН});$$

$$P'' = P \sin 60 = 17,32(\text{кН}).$$

Распределенную нагрузку заменим равнодействующей  $Q = q \cdot l = 3$  (кН).

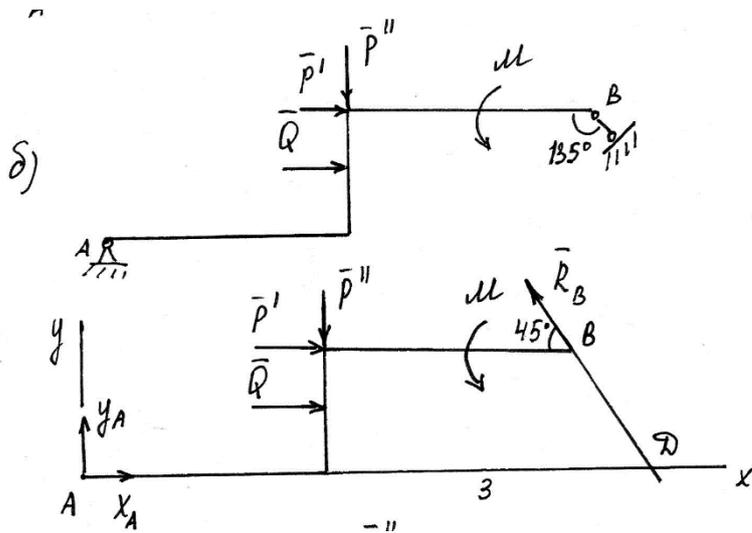
Схема (а)



$$\sum Y = 0;$$

$$Y_A - P'' = 0; Y_A = P'' = 17,32(\text{кН}).$$

Схема (б)

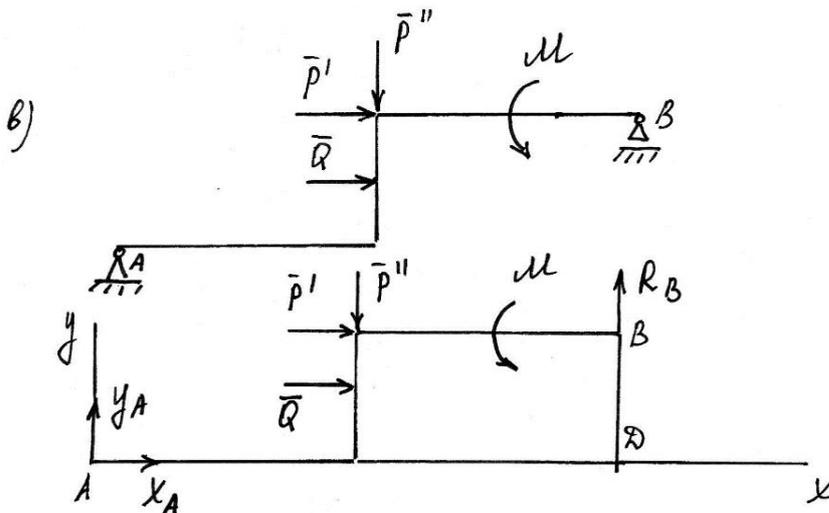


$$\sum M_D(F_i) = 0;$$

$$-Y_A \cdot 5 - Q \cdot 0,5 - P' \cdot 1 + P'' \cdot 3 + M = 0;$$

$$Y_A = \frac{-Q \cdot 0,5 - P' \cdot 1 + P'' \cdot 3 + M}{5} = \frac{-1,5 - 10 + 17,32 \cdot 3 + 4}{5} = 8,89(\text{кН})$$

Схема (в)



$$\sum M_D(F_i) = 0;$$

$$-Y_A \cdot 4 - Q \cdot 0,5 - P' \cdot 1 + P'' \cdot 2 + M = 0;$$

$$Y_A = \frac{-Q \cdot 0,5 - P' \cdot 1 + P'' \cdot 2 + M}{4} = \frac{-1,5 - 10 + 17,32 \cdot 2 + 4}{4} = 6,79(\text{кН})$$

Для случая (в) исследуемая реакция наименьшая. Определим остальные реакции.

$$\begin{aligned} \sum X &= 0; \\ X_A + Q + P' &= 0; \\ X_A &= -Q - P' = -3 - 10 = -13(\kappa H); \\ \sum M_A(F_i) &= 0; \\ -Q \cdot 0,5 - P' \cdot 1 - P'' \cdot 2 + M + R_B \cdot 4 &= 0; \\ R_B &= \frac{Q \cdot 0,5 + P' \cdot 1 + P'' \cdot 2 - M}{4} = \frac{1,5 + 10 + 17,32 \cdot 2 - 4}{4} = 10,54(\kappa H). \end{aligned}$$

## Задача № 2.

---

### Задание К1-47

Дано: уравнения движения точки в плоскости  $xу$ :

$$x = 2t + 4, \quad y = 3 - 4t; \quad t_1 = 1 \text{ с.}$$

Найти: уравнение траектории точки; скорость и ускорение, касательное и нормальное ускорение и радиус кривизны траектории в момент  $t = t_1$ .

**Решение:**

#### 1. Уравнение траектории.

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

$$t = \frac{x-4}{2}, \quad y = 3 - 2(x-4) = 11 - 2x.$$

Это уравнение прямой.

Определим координаты точки М при  $t = t_1 = 1$  с

$$x = 2 \cdot 1 + 4 = 6 \text{ (см)},$$

$$y = 3 - 4 \cdot 1 = -1 \text{ (см)}$$

#### 2. Скорость точки.

Скорость точки найдем по ее проекциям на координатные оси:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2},$$

где

$$v_x = \frac{dx}{dt} = 2, \quad v_y = \frac{dy}{dt} = -4.$$

При  $t = t_1 = 1$  с

$$v_x = 2 \text{ (см/с)},$$

$$v_y = -4 \text{ (см/с)},$$

$$v = \sqrt{2^2 + 4^2} = 4,47 \text{ (см/с)}.$$

### 3. Ускорение точки.

Аналогично находим ускорение точки:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2},$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0,$$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = 0$$

При  $t = t_1 = 1$  с

$$a_x = 0 \text{ (см/с}^2\text{)},$$

$$a_y = 0 \text{ (см/с}^2\text{)},$$

$$a = a_y = 0 \text{ (см/с}^2\text{)}.$$

Точка движется равномерно и прямолинейно

### 4. Касательное ускорение.

Касательное ускорение точки найдем, дифференцируя равенство

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2.$$

Получим

$$2v \frac{dv}{dt} = 2v_x \frac{dv_x}{dt} + 2v_y \frac{dv_y}{dt},$$

откуда

$$a_\tau = \frac{v_x a_x + v_y a_y}{v}$$

При  $t = t_1 = 1$  с

$$a_\tau = \frac{2 \cdot 0 - 4 \cdot 0}{4,47} = 0 \text{ (см/с}^2\text{)}.$$

### 5. Нормальное ускорение.

Нормальное ускорение точки определим по формуле:

$$a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2}$$

$$a_n = \sqrt{0^2 - 0^2} = 0 \text{ (см/с}^2\text{)}.$$

### 6. Радиус кривизны траектории.

Радиус кривизны траектории точки определим по формуле:

$$\rho = \frac{v^2}{a_n}$$

$$\rho = \frac{4,47^2}{0} = \infty \text{ (см)}.$$

Т.к. точка траектория движения точки – прямая радиус кривизны –  $\infty$

Результаты расчетов сведены в таблицу

$v$	$a$	$a_\tau$	$a_n$	$\rho$
см/с	см/с <sup>2</sup>			см
4,47	0	0	0	$\infty$

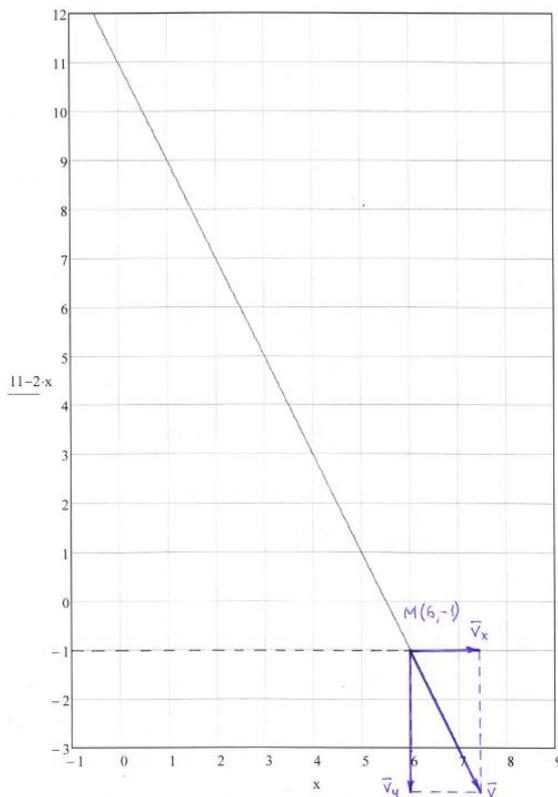


Рисунок – Расчетная схема

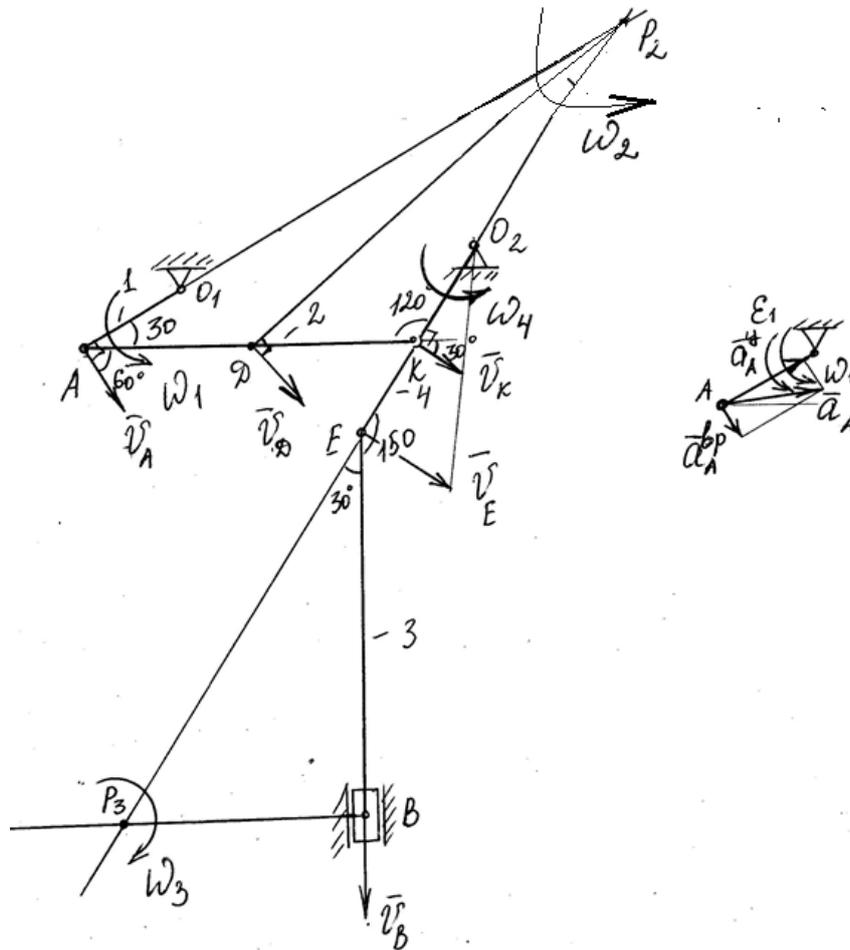
### Задача № 3.

Тема задачи: «Кинематический анализ плоского механизма».

Дано:

$l_1 = 0,4\text{ м}; l_2 = 1,2\text{ м}; l_3 = 1,4\text{ м}; l_4 = 0,8\text{ м}; \varepsilon_1 = 10\text{ с}^{-2}; \alpha = 90^\circ; \beta = 150^\circ; \gamma = 120^\circ; \varphi = 90^\circ; \theta = 30^\circ;$   
 $\omega_4 = 5(1/\text{с}).$

Определить:  $V_A, V_D; \omega_3, a_A \dots$



Решение

1 Вычертим схему в масштабе, согласно заданных углов.

2 Определим  $V_A, V_D; \omega_3$

Т.к. звено 4 совершает вращательное движение, то

$$V_E = \omega_4 \cdot l_4;$$

$$V_K = \omega_4 \cdot 0,5l_4;$$

$$V_E = 5 \cdot 0,8 = 4(\text{м/с});$$

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

Т.к. звено 2 совершает плоское движение, то по свойству проекций скоростей точек  $V_K \cos 30 = V_A \cos 60$ , то

$$V_A = \frac{V_K \cos 30}{\cos 60};$$

$$V_A = \frac{2 \cdot \cos 30}{\cos 60} = 3,46 \text{ м/с}.$$

Точка  $P_2$  – мгновенный центр скоростей звена 2, тогда

$$V_K = \omega_2 KP_2;$$

$$V_D = \omega_2 DP_2.$$

Из  $\triangle AP_2K$  - равнобедренного  $KP_2 = l_2 = 1,2 \text{ м}$ ;

$$DP_2 = \sqrt{0,6^2 + 1,2^2 + 2 \cdot 0,6 \cdot 1,2 \cos 120} = 1,04 \text{ м};$$

Тогда

$$\omega_2 = \frac{V_K}{KP_2};$$

$$V_D = \frac{V_K}{KP_2} DP_2;$$

$$V_D = \frac{2 \cdot 1,04}{1,2} = 1,73 \text{ м/с}.$$

Точка  $P_3$  – мгновенный центр скоростей звена 3, тогда

$$V_E = \omega_3 EP_3;$$

Из  $\triangle EP_3B$  - прямоугольного  $\cos 30 = \frac{l_3}{EP_3}$ ;  $EP_3 = \frac{l_3}{\cos 30}$ .

Тогда

$$\omega_3 = \frac{V_E}{EP_3} = \frac{V_E \cos 30}{l_3};$$

$$\omega_3 = \frac{4 \cos 30}{1,4} = 2,47 (1/\text{с}).$$

$$\omega_2 = \frac{V_D}{DP_2};$$

$$V_A = \frac{V_D}{DP_2} AP_2;$$

$$V_E = \frac{V_D}{DP_2} EP_2;$$

$$\omega_2 = \frac{6}{1,04} = 5,77(1/c);$$

$$V_A = \frac{6}{1,04} \cdot 1,2 = 6,92 м/с;$$

$$V_E = \frac{6}{1,04} \cdot 1,2 = 6,92 м/с.$$

3 Ускорение  $a_A$ .

Для т. А  $\vec{a}_A = \vec{a}_{A\tau} + \vec{a}_{An}$ , где  $a_{A\tau} = l_1 \cdot \varepsilon_1$ ,  $a_{An} = l_1 \cdot \omega_1^2$ .

Угловая скорость звена 1 -  $\omega_1 = \frac{V_A}{l_1}$ .

Тогда

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

$$a_{An} = 0,4 \cdot \left( \frac{3,46}{0,4} \right)^2 = 29,9 м/с^2$$

Полное ускорение  $a_A = \sqrt{a_{A\tau}^2 + a_{An}^2} = \sqrt{4^2 + 29,9^2} = 30,17 (см/с^2)$ .

#### Задача № 4.

##### Задание Д1-47

Дано:  $m = 1,6$  кг,  $v_0 = 18$  м/с,  $Q = 4$  Н,  $R = 0,4v$  Н,  $t_1 = 2$  с,  $F_x = -3 \sin 4t$  Н.

Найти:  $x = f(t)$  - закон движения груза на участке ВС

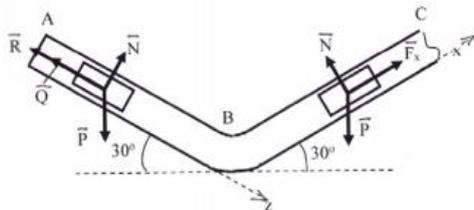


Рисунок – Расчетная схема

**Решение:**

1. Рассмотрим движение груза на участке АВ, считая груз материальной точкой. На груз действуют сила тяжести  $\vec{P} = m\vec{g}$ , реакция стенки  $\vec{N}$  постоянная сила  $\vec{Q}$  и сила сопротивления  $\vec{R} = 0,4v$ . Проведем ось  $Oz$  вдоль АВ. Составим дифференциальное уравнение движение в проекции на эту ось:

$$m \frac{dv_z}{dt} = \sum F_z \quad \text{или} \quad m \frac{dv_z}{dt} \frac{dz}{dz} = \sum F_z$$
$$m \frac{dv_z}{dt} = -Q - R + P \sin 30.$$

Перепишем это уравнение с учетом того, что  $v_z = v$ :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{0,4}{m} \left( \frac{mg \sin 30 - Q}{0,4} - v \right).$$

Обозначим

$$a = \frac{0,4}{m} = \frac{0,4}{1,6} = 1/4 \text{ (м}^{-1}\text{)} \quad \text{и} \quad q = \frac{mg \sin 30 - Q}{0,4} = \frac{1,6 \cdot 10 \cdot 0,5 - 4}{0,4} = 10 \text{ (м}^2\text{/с}^2\text{)}.$$

Тогда

$$\frac{dv}{dt} = a(q - v),$$

разделяя переменные  $\frac{dv}{v - q} = -adt$  интегрируем:

$$\ln(v - q) = -at + C_1.$$

Постоянную  $C_1$  находим по начальным условиям: при  $t = 0$   $v = v_0$ , что дает

$$C_1 = \ln(v_0 - q).$$

Следовательно

$$\ln(v - q) = -at + \ln(v_0 - q) \text{ или } \ln \frac{v - q}{v_0 - q} = -at.$$

Отсюда получаем

$$v = q + (v_0 - q)e^{-at}.$$

При перемещении груза в точку В  $t = t_1 = 2$  с,  $v = v_B$ . Тогда

$$v_B = 10 + \frac{18 - 10}{e^{1/2}} = 14,85 \text{ м/с.}$$

2. При рассмотрении движения груза на участке ВС найденная скорость будет для движения на этом участке начальной скоростью. Составим дифференциальные уравнения движения груза в проекции на оси  $Ox$  и  $Oy$ .

$$m \frac{dv_x}{dt} = F_x - P \sin 30 \quad \frac{dv_x}{dt} = -\frac{3}{m} \sin 4t - g \sin 30.$$

Разделяя переменные и интегрируя получим

$$v_x = \frac{3}{4m} \cos 4t - g \sin 30t + C_2.$$

При начальных условиях при  $t = 0$   $v_0 = v_B$

$$C_2 = v_B - \frac{3}{4m} = 14,85 - \frac{3}{4 \cdot 1,6} = 14,38.$$

То есть

$$v_x = \frac{dx}{dt} = 14,38 + 0,47 \cos 4t - 5t.$$

После интегрирования:

$$x = 14,38t + \frac{0,47}{4} \sin 4t - \frac{5}{2} t^2 + C_3.$$

Т.к. при  $t = 0$   $x = 0$ , то  $C_3 = 0$  и окончательно искомым закон движения груза на участке ВС будет

$$x = 14,38t - 2,5t^2 + 0,12 \sin 4t$$

### Задача № 5.

Тема задачи: «Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы».

Дано:  $f = 0,1$ ,  $R_4 = 0,3$  м,  $r_4 = 0,1$  м,  $R_5 = 0,2$  м,  $r_5 = 0,1$

$m_1 = 0$  кг;  $m_2 = 4$ ;  $m_3 = 6$  кг;  $m_4 = 0$ ;  $m_5 = 10$  кг;  $M_4 = 0,6$  Нм;  $F = 30(8 + 3S)$  Н.

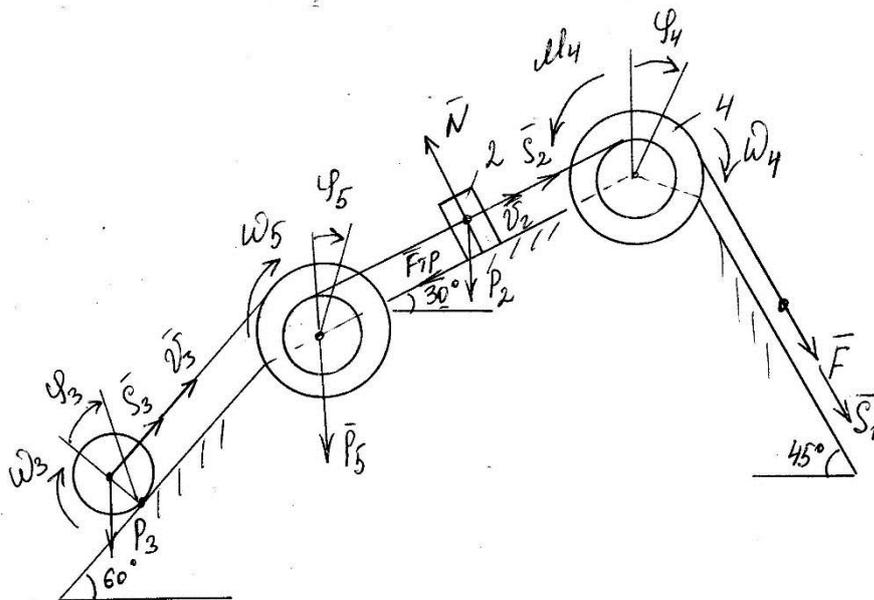
Определить:  $\omega_5$ , если  $S_1 = 0,8$  м

Решение

1. Рассмотрим движение неизменяемой механической системы, состоящей из тел, соединенных нитями. Изобразим действующие на систему внешние силы: активные  $F$ ,  $P_1$ ,  $P_3$ ,  $P_5$ , сила трения  $F_{тр1}$  и момент сопротивления  $M_4$ .

Для определения  $\omega_5$  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

$$T_3 = \frac{m_3 V_{C3}^2}{2} + \frac{I_3 \omega_3^2}{2}, \quad T_2 = \frac{m_2 V_2^2}{2}, \quad T_5 = \frac{I_5 \omega_5^2}{2}.$$

Все входящие скорости нужно выразить через искомую  $\omega_5$ .

$$V_2 = \omega_5 r_5, \quad V_{C3} = \omega_5 R_5 = \omega_3 R_3; \quad \omega_3 = \frac{\omega_5 R_5}{R_3}.$$

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

$$T = \omega_5^2 \left( \frac{m_2 r_5^2}{2} + \frac{m_5 R_5^2}{4} + \frac{m_3 R_5^2}{2} + \frac{1}{2} \frac{m_3 R_5^2}{2} \right);$$

$$T = \omega_5^2 \left( \frac{4 \cdot 0,1^2}{2} + \frac{10 \cdot 0,2^2}{4} + \frac{6 \cdot 0,2^2}{2} + \frac{1}{2} \frac{6 \cdot 0,2^2}{2} \right) = 0,3 \omega_5^2$$

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

$$A(\bar{F}) = \int_0^{s_1} F ds = \int_0^{s_1} 30(8+3s) ds = 30(8s_1 + 1,5s_1^2) = 30(8 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,8^2) = 220,8 \text{ Дж.}$$

$$A(\bar{P}_2) = -P_2 s_2 \sin 30^\circ = -m_2 g s_2 \sin 30^\circ = -m_2 g \frac{S_1 r_4}{R_4} \sin 30 = -4 \cdot 10 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,1}{0,3} \sin 30^\circ = -5,33 \text{ Дж.}$$

$$A(\bar{P}_3) = -P_3 s_3 \sin 60^\circ = -m_3 g s_3 \sin 60^\circ = -m_3 g \cdot \frac{S_1 r_4 R_5}{R_4 r_5} \sin 60 = -6 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot \frac{0,2}{0,3} \sin 60^\circ = -27,71 \text{ Дж.}$$

$$A(\bar{F}_{mp2}) = -F_{mp2} s_2 = -f N_2 s_2 = -f m_2 g s_2 \cos 30^\circ = -f m_2 g \frac{S_1 r_4}{R_4} \cos 30^\circ = 0,1 \cdot 4 \cdot 10 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,1}{0,3} \cos 30 = -0,92 \text{ Дж.}$$

$$A(M_4) = -M_4 \varphi_4 = -M_4 \frac{s_1}{R_4} = -0,6 \cdot \frac{0,8}{0,3} = -1,6 \text{ Дж.}$$

Суммируем найденные работы

$$\Sigma A_k^e = 185,24 \text{ Дж.}$$

Тогда

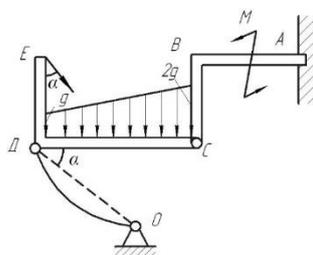
$$0,3\omega_5^2 = 185,24;$$

$$\omega_5 = 24,851 / \text{с.}$$

### Тематика и примеры экзаменационных задач

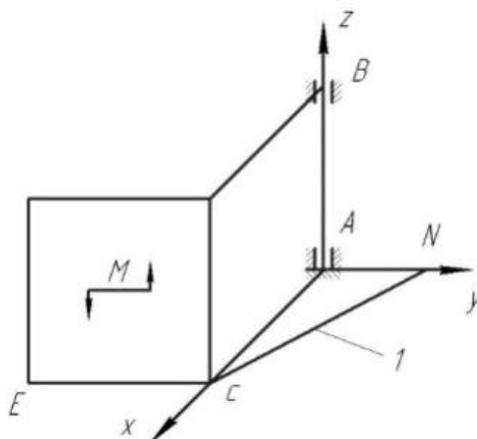
1) Дано:  $F=8 \text{ кН}$ ,  $M=50 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ,  $q=3 \text{ кН/м}$ ,  $DC=BC=4 \text{ м}$ ,  $AB=DE=3 \text{ м}$ ,  $\alpha=30^\circ$ .

Определить реакции в точках А, С и усилие в стержне ДО.



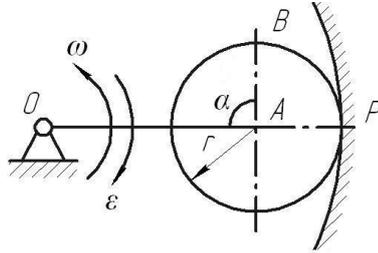
2) Дано:  $AN=AB=AC=CE=a$ ,  $M=2P\cdot a$ ,  $P$  – вес каждой плиты.

Определить реакции связей в точках А и В, а так усилие в стержне I.



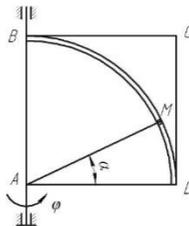
3) Дано: Угловая скорость  $\omega$  и угловое ускорение  $\varepsilon$  кривошипа OA длиной R; AB=r,  $\alpha=90^\circ$ .

Определить, для указанного на рисунке положения механизма, скорости и ускорения точек A и B.

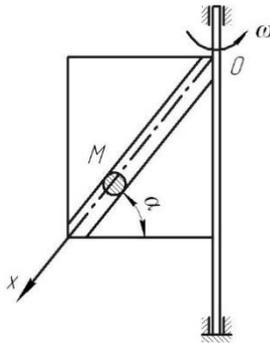


4) Дано: квадратная пластинка вращается вокруг вертикальной оси согласно уравнению  $\varphi = 0,5\pi \cdot t^2$  (рад). Вдоль прорези DB, имеющей форму дуги окружности радиусом  $R=4\sqrt{2}$  см, движется точка M по закону  $DM=S=\pi\sqrt{2}t$  (см).

На момент времени  $t=1$ с определить абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M.



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



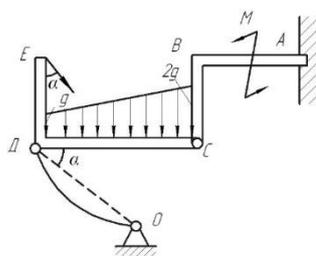
## Пример экзаменационного билета:

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

### Экзаменационный билет № 27

1. Пара сил. Теорема о сумме моментов сил пары. Момент пары сил.
  2. Векторный способ задания движения
  3. Принцип Даламбера – Лагранжа и общее уравнение динамики.
- Задача 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.

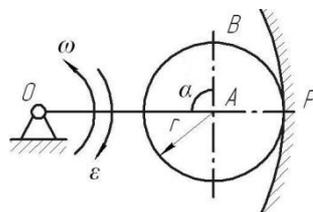


Дано: Угловая скорость  $\omega$  и угловое ускорение  $\varepsilon$  кривошипа ОА длиной

$R$ ;  $AB=r$ ,  $\alpha=90^\circ$ .

Задача 2 Определить, для указанного на рисунке положения механизма, скорости

и ускорения точек А и В.



Утверждаю: зав. кафедрой МАКП

Составил

## **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" по адресу <http://student.knastu.ru>.

Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять:

- фиксацию хода образовательного процесса посредством размещения в личном кабинета студентов отчетов о выполненных заданиях;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения расчетно-графических заданий.

Процесс обучения сопровождается использованием компьютерных программ: Mathcad, MSWord.

## **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для реализации программы дисциплины "Теоретическая механика" используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 9.

Таблица 9- Материально-техническое обеспечение дисциплины

<b>Аудитория</b>	<b>Наименование аудитории (лаборатории)</b>	<b>Используемое оборудование</b>	<b>Назначение оборудования</b>
с выходом в интернет + локальное соединение	Мультимедийный класс	1 персональный ЭВМ с процессором IntelCore (TM) i3-2130; 2 Доска интерактивная TRIUMPHBOARDMULTITOUCH 78* 3 Проектор BenQ MX518	Проведение лекционных и практических занятий в виде презентаций