

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 21.12.2025 08:05:57

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5835f9f6a4704cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

имени академика М.Д. Миллионщикова



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Механика»

Специальность

21.05.02 – «Прикладная геология»

Специализация

«Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Квалификация

Горный инженер-геолог

Грозный – 2025

1. Цели и задачи дисциплины

“Механика” - комплексная дисциплина. Она включает в себя разделы курсов: “Теоретическая механика”, “Сопротивление материалов”, «Теория механизмов и машин» и «Детали машин». Для достижения целостности дисциплины все разделы и темы должны излагаться с единых позиций механики, логически дополняя друг друга.

«Механика» - научная дисциплина (или раздел науки), которая изучает условия, при которых тело находится в равновесии; строение (структуру), кинематику и динамику механизмов в связи с их анализом и синтезом; основы расчетов деталей на прочность и долговечность; основы проектирования машин и механизмов.

Цель «Механики» - анализ и синтез типовых механизмов и их систем, проектирование механизмов и расчет на прочность деталей машин

Задачи «Механики»: разработка общих методов исследования структуры, геометрии, кинематики и динамики типовых механизмов и их систем.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части профессионального цикла. Лекционный курс “Механика” базируется на знаниях полученных студентом на младших курсах при изучении физики, высшей и прикладной математики, теоретической механики, инженерной графики и вычислительной техники. Знания, навыки и умения приобретенные студентом при изучении “Механика” служат базой для курсов детали машин, подъемно-транспортные машины, системы автоматизированного проектирования, проектирование специальных машин и основы научных исследований.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Выпускник программы специалитета должен обладать следующими компетенциями:

- способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-1);

- пониманием сущности и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны (ОПК-7);

- применением основных методов, способов и средств получения, хранения и обработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОПК-8)

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия прикладной механики; растяжение – сжатие, сдвиг, прямой поперечный изгиб, кручение; элементы рационального проектирования простейших систем; основы механики упругой среды; основные понятия теории механизмов и машин; основные виды механизмов; основы конструирования и стадии разработки измерительных приборов;

уметь:

- выполнять анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела вследствие продольно-поперечного изгиба, удара, усталости;

владеть:

- навыками методически правильного измерения физических величин и обработки измерительной информации; обеспечение единства и требуемой точности измерений в геологоразведке;

1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов/ зач. ед.		Семестры	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
				8	7
Контактная работа (всего)		48/1,8	18/0,5	64	18
В том числе:					
Лекции		240,9	10/0,3	32	10
Практические занятия (ПЗ)		24/0,9	8/0,2	32	8
Семинары (С)					
Самостоятельная работа (всего)					
Расчетно-графические работы		96/2,2	126/3,5	96	126
Курсовой проект					
Темы для самостоятельного изучения					
Подготовка к практическим занятиям		46/1	72/2	46	72
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам					
Подготовка к зачету					
Подготовка к экзамену					
Вид отчетности					
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>					
Подготовка к лабораторным работам					
Подготовка к практическим занятиям		30/0,7	18/0,5	30	18
Подготовка к зачету		20/0,6	36/1	20	36
Подготовка к экзамену					
Вид отчетности		зач	зач		
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	144	144	144	144
	ВСЕГО в зач. единицах	4	4	4	4

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица №2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Лекц. зан. часы	Практ. зан. часы	Всего часов
1.	статика	2	2	4
2.	кинематика	4	4	8
3.	динамика	4	4	8
4.	растяжение и сжатие	4	4	8
5.	кручение	2	2	4
6.	изгиб	2	2	4
7.	кинематический анализ механизма	2	2	4

5.2. Лекционные занятия

Таблица №3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	статика	Введение в статику. Основные понятия статики: абсолютно твердое тело, сила, эквивалентные и уравновешенные системы сил, равнодействующая, внутренние и внешние силы. Аксиомы статики. Связи и реакции связей. 2 часа
		2. Моменты силы относительно точки. Условия равновесия системы сходящихся сил в аналитической и геометрической форме. Уравнения равновесия плоской системы сил (три вида уравнения равновесия). Сложение пар лежащих в разных плоскостях. Условия равновесия пар сил 2 часа
2.	кинематика	Кинематика точки. Векторный способ задания движения точки. Траектория точки. Векторные скорости и ускорения точки (годограф скоростей). Координатный способ задания движения точки в декартовых прямоугольных координатах. Определение траектории точки. Определение скорости и ускорения точки по их проекциям на координатные оси. Естественный способ задания движения точки. Скорость и ускорение точки в проекциях на оси естественного трехгранника, касательное и нормальное ускорение. 4 часа
		Кинематика твердого тела. Поступательное движение твердого тела. Теорема о траекториях, скоростях и ускорениях точек твердого тела при поступательном движении. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Уравнение вращательного движения тела. Угловая скорость и угловое ускорение тела. Скорость и ускорение точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела. 2 часа
		Плоское движение твердого тела Уравнение движения плоской фигуры. Разложение движения на поступательное и вращательное. Независимость угловой скорости и углового ускорения от выбора полюса. Определение скорости любой точки. Теорема о проекциях скоростей двух точек фигуры. Мгновенный центр скоростей (МЦС). Определение скоростей точек с помощью МЦС. Определение ускорения любой точки плоской фигуры как геометрической суммы ускорений полюса и точки при вращении вокруг полюса. Мгновенный центр ускорений (МЦУ). 2 часа Сложное движение точки и твердого тела.

		Абсолютное, переносное и относительное движение. Теорема о сложении скоростей. Теорема о сложении ускорений. Определение Кориолисова ускорения. Случай поступательного и вращательного переносного движения. Сложное движение твердого тела. Сложение поступательных движений. Сложение вращения тела вокруг параллельных осей. 2 часа (самостоятельной работы)
3.	динамика	Динамика точки и твердого тела. Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых прямоугольных координатах и в проекциях на оси естественного трехгранника. Решение первой и второй задачи динамики точки. Дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоского движения твердого тела, и их интегрирования. 2 часа
		Работа силы. Элементарная работа силы. Полная работа силы. Мощность. Примеры вычисления работы силы. Работа силы, приложенной к твёрдому телу. Работа внутренних сил твердого тела. Кинетическая энергия точки и системы. Вычисление кинетической энергии системы. Кинетическая энергия твердого тела при поступательном, вращательном и плоском движении. 4 часа
4.	Растяжение и сжатие	Физические свойства деформируемых тел: однородность, сплошность, изотропность, упругость, и пластичность. Схематизация объектов изучения: брус, пластина, оболочка, массив. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Понятие о напряжениях. Деформации и перемещения. Растяжение и сжатие. Внутренние силы и напряжения. Эпюры нормальных сил и напряжений при растяжении и сжатии. Деформации продольные и поперечные. Законы Гука. Допускаемые напряжения. Расчет на прочность при растяжении и сжатии. 4 часа
5.	Сдвиг и кручение	Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Кручение как вид поперечного нагружения круглого бруса. Эпюры внутренних сил при кручении. Касательные напряжения при кручении бруса. Определение диаметра вала из условий прочности и жесткости. 2 часа
6.	Плоский изгиб	Чистый изгиб. Поперечный изгиб. Определение внутренних усилий (изгибающие моменты и поперечные силы) при изгибе. Построение эпюр от поперечных сил и изгибающих моментов. Дифференциальные зависимости между интенсивностью распределенной нагрузки,

		поперечной силой и изгибающим моментом. Нормальные напряжения при чистом изгибе и расчеты на прочность. Касательное напряжение поперечном изгибе. Перемещение при изгибе и расчеты на жесткость. 4 часа.
7.	Кинематический анализ механизмов	5. Понятие о геометрических и кинематических характеристиках механизмов (функция положения и ее производные по времени и по обобщенной координате). Связь между кинематическими и геометрическими параметрами. Кинематическое исследование типовых механизмов: рычажных, зубчатых, кулачковых. 4 часа.

5.4. Практические занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	статика	Аксиомы статики. Связи и реакции связей. Моменты силы и пары. Условия равновесия системы сходящихся сил в аналитической и геометрической форме. 2 часа.
		Уравнения равновесия плоской системы сил (три вида уравнения равновесия) 2 часа.
2.	кинематика	Определение траектории точки. Определение скорости и ускорения точки по их проекциям на координатные оси. Скорость и ускорение точки в проекциях на оси естественного трехгранника, касательное и нормальное ускорение. 2 часа.
		Угловая скорость и угловое ускорение тела. Скорость и ускорение точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела. 2 часа.
		Определение скоростей точек с помощью МЦС Определение ускорения любой точки плоской фигуры как геометрической суммы ускорений полюса и точки при вращении вокруг полюса. Мгновенный центр ускорений (МЦУ). 2 часа.
3.	динамика	Дифференциальные уравнения движения материальной точки в декартовых прямоугольных координатах и в проекциях на оси естественного трехгранника. Решение первой и второй задачи динамики точки. 4 часа.
		Кинетическая энергия точки и системы. Вычисление кинетической энергии системы. Мощность. Примеры вычисления работы силы. 2 часа.

4.	Растяжение и сжатие	Растяжение и сжатие. Внутренние силы и напряжения. Эпюры нормальных сил и напряжений при растяжении и сжатии. 4 часа.
5.	Сдвиг и кручение	Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Кручение как вид поперечного нагружения круглого бруса. Эпюры внутренних сил при кручении. Касательные напряжения при кручении бруса. Определение диаметра вала из условий прочности и жесткости.
6.	Плоский изгиб	Чистый изгиб. Поперечный изгиб. Определение внутренних усилий (изгибающие моменты и поперечные силы) при изгибе. Построение эпюр от поперечных сил и изгибающих моментов. 4 часа.
7.	Кинематический анализ механизмов	Построение 12 планов положений механизма. Определение скорости точек (кинематических пар) и звеньев для заданного положения механизма методом построения плана скоростей. Определение ускорения точек (кинематических пар) и звеньев для заданного положения механизма методом построения плана ускорения. 2 часа.

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Механика»

Темы для самостоятельного изучения

1. Сложное движение точки и твердого тела.
2. Деформация кручения.

Перечень учебно-методического обеспечения для СРС

1. Магомадова Л.У., Багиева М.Б., Эльбиев Р.Ж. Методические указания к выполнению расчетно-графического задания для студентов очной и заочной форм обучения, «ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ И АБСОЛЮТНОГО УСКОРЕНИЯ ТОЧКИ ПРИ СЛОЖНОМ ДВИЖЕНИИ» г. Грозный., 2011.
2. Гериханов А.К., Шуаипов А.А., Бурсагов Р.А. Методические указания по выполнению расчетно-графических и контрольных работ по дисциплине «Сопротивление материалов» для студентов всех специальностей ГГНИ очной и заочной форм обучения. г. Грозный., 2005.

Самостоятельные работы по механике представляют собой решение задачи, которые выполняются по мере прохождения курса. Задания на самостоятельные работы индивидуальные. Они представлены в вариантах.

Образец темы для самостоятельной работы

1. Сложное движение точки и твердого тела.

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ И АБСОЛЮТНОГО УСКОРЕНИЯ ТОЧКИ»

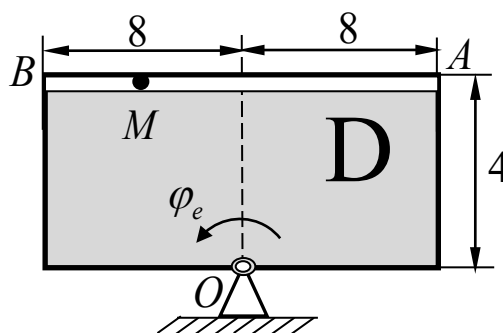
Тело D совершает вращательное движение вокруг неподвижной оси по закону $\varphi_e = f_1(t)$. Относительно тела D вдоль прямолинейного или в форме дуги окружности радиуса R желоба AB движется точка M по закону $AM = s_r = f_2(t)$.

На схемах точка M показана в положении, при котором $AM = s_r > 0$; положительное направление отсчета угла φ_e (угол φ_e положителен, когда поворот, совершаемый телом на данный угол в данном направлении, виден, если смотреть с положительного конца оси вращения, происходящим против хода часовой стрелки) указано круговой стрелкой, размеры на схемах и величина R указаны в метрах. Найти абсолютные скорость и ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$ с.

Вариант 1. Дано :

$$\varphi_e = 2t^2 - 3t, \text{ рад}$$

$$s_r = 4t^2 - 3t + 5, \text{ м}$$



Указания к выполнению задачи

Перед выполнением задания необходимо изучить тему «Сложное движение точки», при этом рекомендуется разобрать примеры решения и решить самостоятельно задачи.

При решении данной задачи целесообразно придерживаться следующей последовательности:

- 1) разложить абсолютное движение точки на составляющие, определив относительное (r) и переносное движения (e);
- 2) определить положение точки относительно пластины в данный момент времени; в случае, если траекторией относительного движения является окружность, положение точки определяется центральным углом $\alpha = \frac{s_r}{R}$, где в правую часть этого равенства следует подставить $t_1 = 1$ с, не подставляя числового значения R ;
- 3) определить скорость, касательное и нормальное ускорения относительного движения точки;
- 4) определить угловые скорость и ускорение переносного движения (пластины), скорость, касательное и нормальное ускорения переносного движения точки;
- 5) по известным угловой скорости переносного движения и относительной скорости точки найти ее кориолисово ускорение;
- 6) изобразить на чертеже векторы кинематических величин, определенных в предыдущих пунктах, с учетом полученных знаков этих величин;
- 7) выбрать прямоугольную систему координат с началом в точке M , на осях которой будут определяться проекции относительной и переносной скоростей и ускорений и кориолисова ускорения точки;

- 8) применяя теорему о сложении скоростей, определить абсолютную скорость точки, используя метод проекций, теорему синусов или косинусов;
- 9) применяя теорему сложения ускорений, определить абсолютное ускорение точки, используя метод проекций.

Учесть, что в уравнения проекций абсолютной скорости и ускорения точки должны подставляться абсолютные величины скоростей и ускорений относительного и переносного движения точки.

Пример выполнения задания для самостоятельной работы.

Относительное прямолинейное движение точки M при переносном вращательном движении тела D вокруг неподвижной оси.

Дано:

$$\varphi_e = 2t^2 - t^3 \text{ рад};$$

$$s_r = AM = 2t^3 + t^2 + 3 \text{ м.}$$

Определить: v_M, a_M .

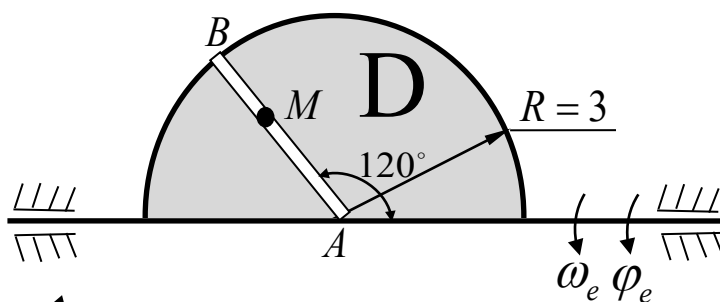


Рис. 1

Решение:

Точка M совершает сложное движение, состоящее из двух движений: относительного движения по прямой AB и переносного движения по окружности радиуса MK .

Найдем положение точки M на теле D в момент времени $t_1 = 1$ с и определим радиус MK переносного вращения:

$$\dot{AI} = s_r = 2t_1^3 + t_1^2 + 3 = 2 \cdot 1^3 + 1^2 + 3 = 6 \text{ м}$$

$$MK = AM \cdot \sin 60^\circ = 6 \cdot 0,866 = 5,1 \text{ м.}$$

Определяем скорости точки M .

Относительная скорость точки: $v_r = \frac{ds_r}{dt} = 6t^2 + 2t \text{ м/с.}$

При $t_1 = 1 \text{ с}$, $v_r = 6 \cdot 1^2 + 2 \cdot 1 = 8 \text{ м/с.}$

Вектор $\vec{v}_r$ направлен по прямой AB от точки M к точке B .

Переносная скорость точки: $v_e = \omega_e \cdot MK$.

Угловая скорость переносного движения: $\omega_e = \frac{d\varphi_e}{dt} = 4t - 3t^2 \text{ рад/с.}$

При $t_1 = 1 \text{ с}$, $\omega_e = 4 \cdot 1 - 3 \cdot 1^2 = 1 \text{ рад/с}$
 $v_e = 1 \cdot 5,1 = 5,1 \text{ м/с}$

Так как $\omega_e > 0$, то тело D вращается в направлении положительного отсчета угла φ_e , то есть направление вектора угловой скорости вращения тела D , если смотреть с положительного конца оси, вращения тела D происходит против хода часовой стрелки.

Вектор $\vec{v}_e$ направлен перпендикулярно плоскости чертежа (по оси x к нам)

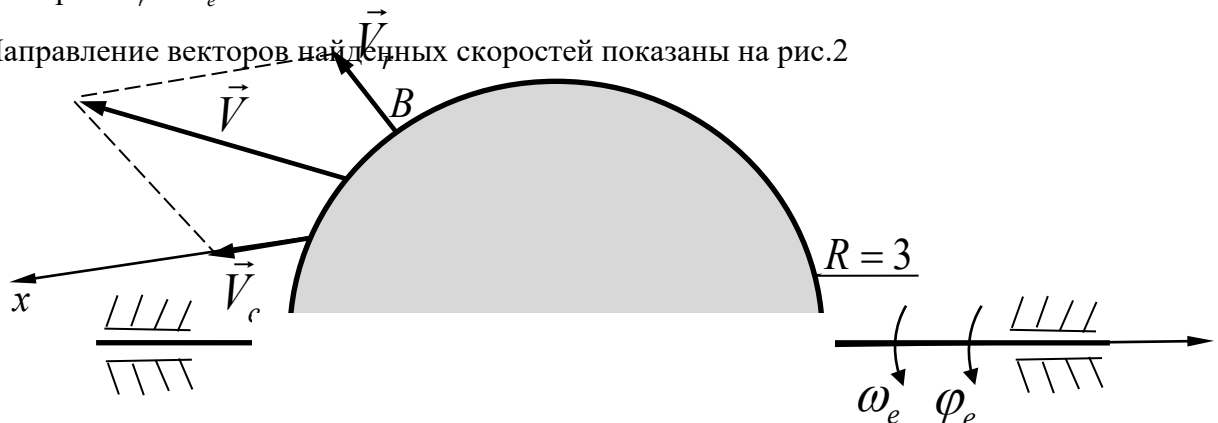
Абсолютная скорость точки: $\vec{v} = \vec{v}_r + \vec{v}_e$.

Так как $\vec{v}_r \perp \vec{v}_e$, то модуль абсолютной скорости точки равен:

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_e^2} = \sqrt{8^2 + 5,1^2} = 9,5 \text{ м/с.}$$

Направление вектора $\vec{v}$ определяется диагональю параллелограмма, построенного на векторах $\vec{v}_r$ и $\vec{v}_e$.

Направление векторов найденных скоростей показаны на рис.2



▲ Абсолютное ускорение точки M.

Абсолютное ускорение точки при сложном движении определяется формулой:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^\tau + \vec{a}_r^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_e^n + \vec{a}_{кор}. \quad (1)$$

Относительное касательное ускорение: $a_r^\tau = \frac{dv_r}{dt} = 12t + 2 \text{ м/с}^2$.

При $t_1 = 1 \text{ с}$, $a_r^\tau = 12 \cdot 1 + 2 = 14 \text{ м/с}^2$. Вектор $\vec{a}_r^\tau$ направлен по AB к точке B .

Относительное нормальное ускорение $a_r^n = \frac{v_r^2}{\rho} = 0$, так как для прямолинейного

относительного движения радиус кривизны траектории движения точки $\rho = \infty$.

Переносное касательное ускорение $a_e^\tau = \varepsilon_e \cdot MK$.

Угловое ускорение переносного движения $\varepsilon_e = \frac{d\omega_e}{dt} = 4 - 6t \text{ рад/с}$.

При $t_1 = 1 \text{ с}$ $\varepsilon_e = 4 - 6 \cdot 1 = -2 \text{ рад/с}^2$,

$$a_e^\tau = -2 \cdot 5,1 = -10,2 \text{ м/с}^2.$$

Знак «-» означает, что вектор $\vec{a}_e^\tau$ направлен противоположно вектору переносной скорости $\vec{v}_e$.

Переносное нормальное ускорение $a_e^n = \omega_e^2 \cdot MK = 1^2 \cdot 5,1 = 5,1 \text{ м/с}^2$.

Вектор $\vec{a}_e^n$ направлен по радиусу MK к точке K .

Вектор кориолисова ускорения $a_{кор} = 2[\vec{\omega}_e \times \vec{v}_r]$.

Модуль кориолисова ускорения точки равен

$$a_{кор} = 2\omega_e v_r \sin(\vec{\omega}_e, \vec{v}_r) = 2\omega_e v_r \sin 120^\circ = 2\omega_e v_r \cos 30^\circ = 2 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0,866 \approx 13,9 \text{ м/с}^2.$$

Вектор кориолисова ускорения направлен по оси x к нам по правилу Жуковского (или по правилу векторного произведения).

Модуль абсолютного ускорения точки найдем методом проекций. Спроектируем векторное равенство (1) на оси прямоугольной системы координат x, y, z с началом в точке M :

$$a_x = a_{кор} - |a_e^\tau| = 13,9 - 10,2 = 3,7 \text{ м/с}^2;$$

$$a_y = -|a_r^\tau| \cos 60^\circ = -14 \cdot 0,5 = -7 \text{ м/с}^2;$$

$$a_z = |a_r^r| \cos 30^\circ - a_e^n = 14 \cdot 0,866 - 5,1 = 12,1 - 5,1 = 7 \text{ м/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения точки равен:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{3,7^2 + (-7)^2 + 7^2} = \sqrt{111,69} \approx 10,6 \text{ м/с}^2.$$

Направление векторов найденных ускорений показаны на рис. 3

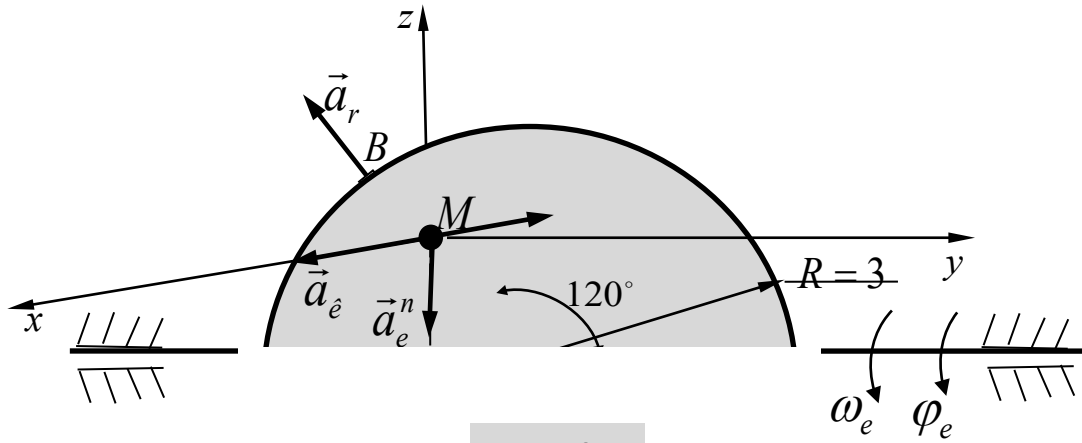


Рис. 3



Тема 2. Деформация кручения.

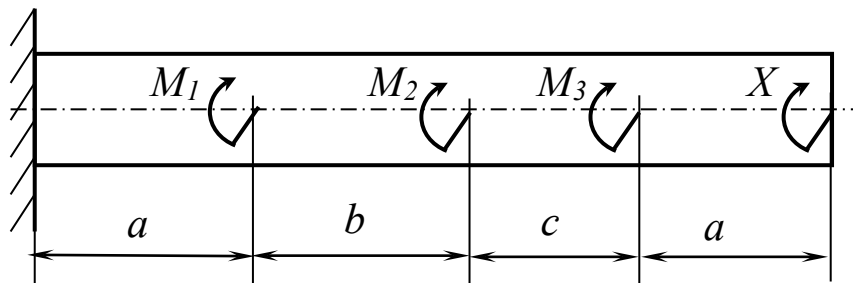
К стальному валу приложены три известных момента: M_1 , M_2 , M_3 . Требуется:

- 1) установить, при каком значении момента X угол поворота правого концевого сечения вала равен нулю;
- 2) для найденного значения X построить эпюру крутящих моментов;
- 3) при заданном значении $[\tau]$ определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его значение до ближайшего большего, соответственно равного: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм;
- 4) построить эпюру углов закручивания;
- 5) найти наибольший относительный угол закручивания (на 1 м).

Вариант 1. Дано :

$$a = 1,8 \text{ м}, \quad b = 1,4 \text{ м}, \quad c = 1,2 \text{ м}, \quad \tau = 35 \text{ МПа}$$

$$M_1 = 1100 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad M_2 = 1100 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad M_3 = 1100 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$



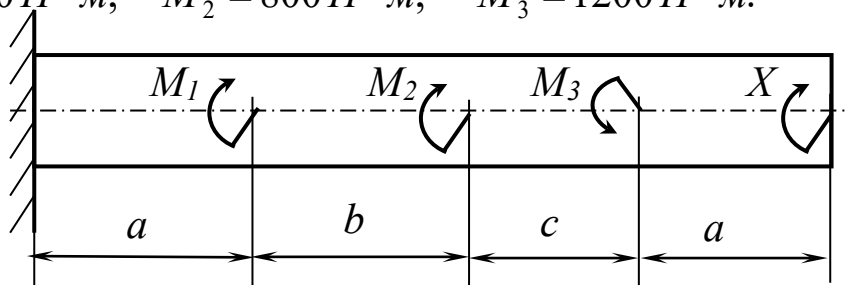
Пример решения задания

Перед выполнением задания необходимо изучить тему «Кручение», при этом рекомендуется разобрать примеры решения и решить самостоятельно задачи.

Пусть данные задачи следующие:

$$a = 1,9 \text{ м}, \quad b = 1,8 \text{ м}, \quad c = 1,2 \text{ м}, \quad \tau = 80 \text{ МПа}$$

$$M_1 = 1900 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad M_2 = 800 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad M_3 = 1200 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$



Решение

Обозначим правый конец вала буквой A , левый – буквой B . Угол поворота сечения A по условию задачи равен нулю, угол поворота сечения B также равен нулю, поскольку это сечение зашце́млено. В зашце́мленном сечении будет возникать реактивный момент M_A . Таким образом, имеем два неизвестных – X и M_A . В данной задаче имеем систему, для которой можно составить только одно уравнение равновесия: $\sum M_Z = 0$, где Z – ось вала. Таким образом, задача 1 раз статически неопределима.

Для раскрытия статической неопределимости к уравнению равновесия нужно добавить условие совместности деформаций, выражающее тот факт, что угол поворота одного концевое сечения относительно другого равен нулю. В данной задаче вал нагружен сосредоточенными крутящими моментами, поэтому эпюра на каждом участке вала будет постоянной.

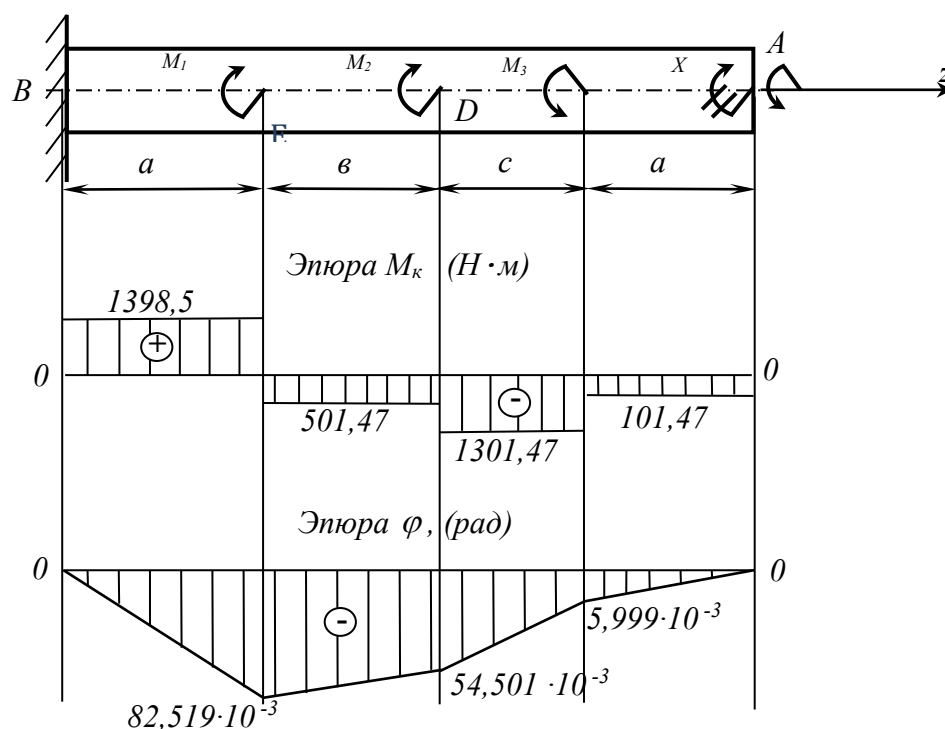


Рис. 10.

Таким образом, вся эпюра M_k – кусочно постоянная функция. Следовательно, на каждом участке вала для вычисления углов поворота можно применить элементарный закон Гука при кручении. Если будем рассматривать вал слева направо, то крутящие моменты на каждом участке вала выразятся через неизвестный момент X . Учтем, что угол поворота одного торцевого сечения относительно другого торцевого сечения равен арифметической сумме углов закручивания для концевых сечений всех участков:

$$\varphi_{A-B} = \frac{X \cdot a}{GI_\rho} + \frac{(X - M_3)c}{GI_\rho} + \frac{(X - M_3 + M_2)e}{GI_\rho} + \frac{(X - M_3 + M_2 + M_1)a}{GI_\rho} = 0$$

Отсюда, сокращая на GI_ρ , получаем

$$X = \frac{M_3(a + e + c) - M_2(a + e) - M_1a}{2a + e + c} = \frac{1200(1,9 + 1,8 + 1,2) - 800(1,9 + 1,8) - 1900 \cdot 1,9}{2 \cdot 1,9 + 1,8 + 1,2} = -101,47 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Знак (-) при полученном значении требует в правом торцевом сечении выбрать новое направление крутящего момента X , противоположное исходному.

Построим эпюру крутящих моментов M_k , как обычно с использованием метода сечений, разбивая вал на участки.

На участке AC: $M_k = -X = -101,47 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

на участке CD: $M_k = -X - M_3 = -101,47 - 1200 = -1301,47 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

на участке DE: $M_k = -X - M_3 + M_2 = -101,47 - 1200 + 800 = -501,47 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

на участке BE: $M_k = -X - M_3 + M_2 + M_1 = -101,47 - 1200 + 800 + 1900 = 1398,53 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Анализируя построенную эпюру M_k , видим, что опасным сечением будет весь участок BE, где есть наибольший крутящий момент. Таким образом, $M_k^{\max} = 1398,53 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Из условия прочности при кручении получаем формулу для определения диаметра вала:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16M_k^{\max}}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1398,53}{3,14 \cdot 80 \cdot 10^6}} = 0,0446 \text{ м} = 4,46 \text{ см}.$$

При этом полярный момент сопротивления круглого вала $W_\rho = \frac{\pi d^3}{16}$.

Принимаем диаметр вала равным $d = 4,5 \text{ см}$.

Строим эпюру углов закручивания, учитывая, что эпюра крутящих моментов – кусочно постоянная функция, поэтому на каждом участке можно применить

элементарный закон Гука для углов закручивания: $\varphi = \frac{M_k l}{GI_\rho}$, где

$$I_\rho = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3,14 \cdot 4,5^4}{32} = 40,24 \text{ см}^4, \text{ а } G = 8 \cdot 10^{10} \text{ Па}$$

$$\varphi_{C-A} = -\frac{101,47 \cdot 1,9}{8 \cdot 10^{10} \cdot 40,24 \cdot 10^{-8}} = -5,999 \cdot 10^{-3} \text{ рад};$$

$$\varphi_{D-C} = -\frac{1301,47 \cdot 1,2}{8 \cdot 10^{10} \cdot 40,24 \cdot 10^{-8}} = -48,502 \cdot 10^{-3} \text{ рад};$$

$$\varphi_{E-D} = -\frac{501,47 \cdot 1,8}{8 \cdot 10^{10} \cdot 40,24 \cdot 10^{-8}} = -28,018 \cdot 10^{-3} \text{ рад};$$

$$\varphi_{B-E} = \frac{1398,53 \cdot 1,9}{8 \cdot 10^{10} \cdot 40,24 \cdot 10^{-8}} = 82,519 \cdot 10^{-3} \text{ рад}.$$

Угол закручивания сечения А относительно сечения В по условию задачи должен быть равен нулю. Проверим правильность вычисления:

$$\varphi_{A-B} = \varphi_{C-A} + \varphi_{D-C} + \varphi_{E-D} + \varphi_{B-E} = (-5,999 - 48,502 - 28,018 + 82,519) \cdot 10^{-3} = 0.$$

Находим наибольший относительный угол закручивания. При этом использована формула $\Theta = \frac{\varphi}{l}$, где $\varphi = \frac{M_{\kappa} l}{GI_{\rho}}$ – угол закручивания, вычисленный для концевых сечений

участка; l – длина участка. Тогда $\Theta = \frac{M_{\kappa}}{GI_{\rho}}$.

Учитывая относительный угол закручивания (угол поворота одного сечения вала относительно другого сечения вала, когда расстояние между сечениями равно единице длины), можно для определения Θ использовать эпюру углов закручивания. Тогда относительный угол закручивания на участке $C-A$

$$\Theta_{C-A} = -\frac{5,999 \cdot 10^{-3}}{1,9} = -3,146 \cdot 10^{-3} \text{ рад/м}. \text{ Аналогично на других участках:}$$

$$\Theta_{D-C} = -\frac{48,502 \cdot 10^{-3}}{1,2} = -40,418 \cdot 10^{-3} \text{ рад/м};$$

$$\Theta_{E-D} = -\frac{28,018 \cdot 10^{-3}}{1,8} = -15,565 \cdot 10^{-3} \text{ рад/м};$$

$$\Theta_{B-E} = \frac{82,519 \cdot 10^{-3}}{1,9} = 43,43 \cdot 10^{-3} \text{ рад/м}.$$

Наибольший относительный угол закручивания вала $\Theta = 43,43 \cdot 10^{-3} \text{ рад/м}$.

7. Оценочные средства.

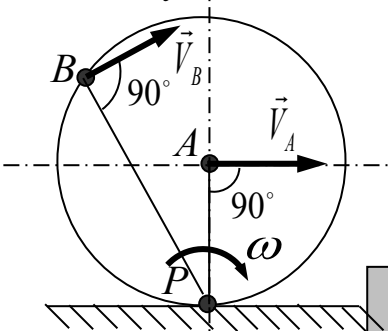
Вопросы к Ирубежной аттестации

1. Что называется: механическим движением, материальной точкой, системой материальных точек или тел, абсолютно твёрдым телом, механической силой, системой сил?
2. Что изучает статика? Перечислите аксиомы статики.
3. Как спроецировать вектор силы на ось и на плоскость?
4. Что называется связью, силой реакции связи? Покажите виды связей и их реакции.
5. Дайте определение системы сходящихся сил. Запишите уравнения равновесия для пространственной и плоской систем сходящихся сил. Сформулируйте теорему о равновесии трёх непараллельных сил.
6. Как определяется момент силы относительно точки и оси. Сформулируйте теорему Вариньона. Что называется парой сил? Чему равен момент пары?
7. Сформулируйте теорему Пуансо.
8. Системы статически определимые и статически неопределимые. Способы решения статически неопределённых задач.

9. Что изучает кинематика? Запишите три способа задания движения точки.
10. Как определяется скорость точки при: векторном способе задания движения точки, координатном способе задания движения точки и естественном способе задания движения точки?
11. Как определяется ускорение точки при: векторном способе задания движения точки, координатном способе задания движения точки и естественном способе задания движения точки?
12. Что называется поступательным движением тела? Основные свойства поступательного движения тела.
13. Что называется вращательным движением тела вокруг неподвижной оси? Угловая скорость и угловое ускорение тела. Законы равномерного и равнопеременного вращения тела.
14. Скорости и ускорения отдельных точек вращающегося тела.
15. Сложное движение точки. Определение скорости и ускорения при поступательном переносе движения.
16. Сложное движение точки. Определение скорости и ускорения при вращательном переносе движения.
17. Динамика точки. Дифференциальные уравнения движения точки в проекциях на декартовые и естественные оси. Прямая и обратная задачи динамики точки. Решение прямой и обратной задач для прямолинейного и криволинейного движения точки.
18. Работа силы. Мощность. Примеры вычисления работ сил тяжести, упругости и трения.
19. Теорема об изменении кинетической энергии точки.
20. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Продольная и поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.
21. Расчётные модели (схемы). Механическое напряжение.

Рубежная аттестация проводится по тестам.

Образец теста к 1 рубежной аттестации

<i>Теоретическая механика</i>	<u>Карточка №1</u>
2. По какой формуле определится скорость точки движущегося колеса? а) $V_B = V_A \cdot \frac{BP}{AP};$ б) $V_B = V_A \cdot \frac{AP}{BP};$ в) $V_B = AP \cdot \frac{BP}{V_A};$	 4 балла

2. Какое из трёх перечисленных высказываний является ложным?

- а) Угловая скорость и угловое ускорение точки вращающейся вокруг неподвижной оси ;
- б) Угловая скорость и угловое ускорение точки вращающейся вокруг своей собственной оси ;
- в) Линейная скорость и линейное ускорение точки вращающейся вокруг неподвижной оси ;

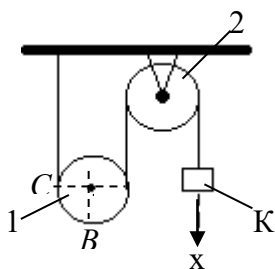
4 балла

3. Как определяется ускорение точки тела, совершающего плоско-параллельное (плоское) движение?

- а) Ускорение любой точки **М** плоской фигуры есть производная от геометрической суммы скоростей этой точки в её поступательном и вращательном движениях.
- а') Ускорение любой точки **М** плоской фигуры геометрически складывается из ускорения какой-нибудь другой точки **А**, принятой за полюс, и ускорения, которое точка **М** получает при вращении фигуры вокруг этого полюса.
- а'') Ускорение любой точки **М** плоской фигуры есть производная от векторного произведения скорости какой-нибудь другой точки **А**, принятой за полюс, и скорости, которую точка **М** получает при вращении фигуры вокруг этого полюса.

4 балла

4.



Подвижный блок **1** и неподвижный блок **2** соединены нерастяжимой нитью. Груз **К**, прикрепленный к концу этой нити, опускается вертикально вниз по закону: $x=2t^2$ м. Определить ускорение точек **С**, **В** и **Д**, лежащих на ободе подвижного блока **1**, в момент $t=0,5$ с. в положении, указанном на рисунке, если $OB \perp CD$, а радиус подвижного блока **1** равен 0,2 м.

8 баллов

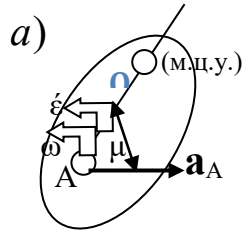
1. Закон, какого движения записан ниже?

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

1. Вращательного равномерного движения.
2. Поступательного равнопеременного движения.
3. Вращательного равнопеременного движения

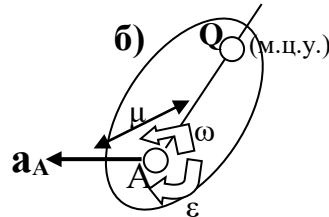
4 балла

2. На каком из рисунков правильно определено положение мгновенного центра ускорений (м.ц.у.) и величин $\text{tg} \mu$ и AQ , по которым определяется место положения м.ц.у.?



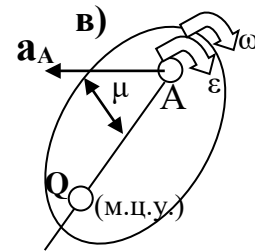
$$\text{tg} \mu = \frac{\varepsilon}{\omega^2}$$

$$AQ = \frac{a_A}{\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}}$$



$$\text{tg} \mu = \frac{\omega^2}{\varepsilon}$$

$$AQ = a_A \sqrt{\varepsilon^4 + \omega^2}$$



$$\text{tg} \mu = \frac{\varepsilon}{\omega}$$

$$AQ = \frac{a_a}{\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}}$$

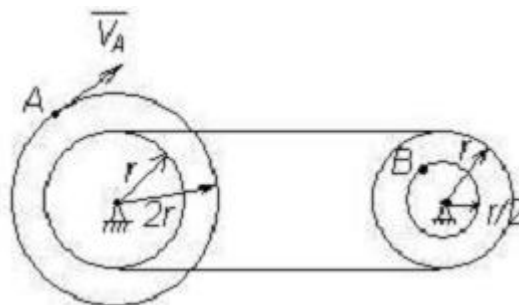
4 балла

3. 1. Укажите правильное определение теоремы о проекции скоростей двух точек тела .

- а) Проекции скоростей двух точек тела на ось, перпендикулярную плоскости , где лежат точки , равны друг другу.
- б) Проекции скоростей двух точек тела на ось, проходящую через эти точки , равны друг другу.
- в) Проекции скоростей двух точек тела на ось, вокруг которой вращается тело равны друг другу.

4 балла

4. Два шкива соединены ременной передачей. Точка А одного из шкивов имеет скорость $V_A = 20$ см/с. Определить скорость точки В другого шкива



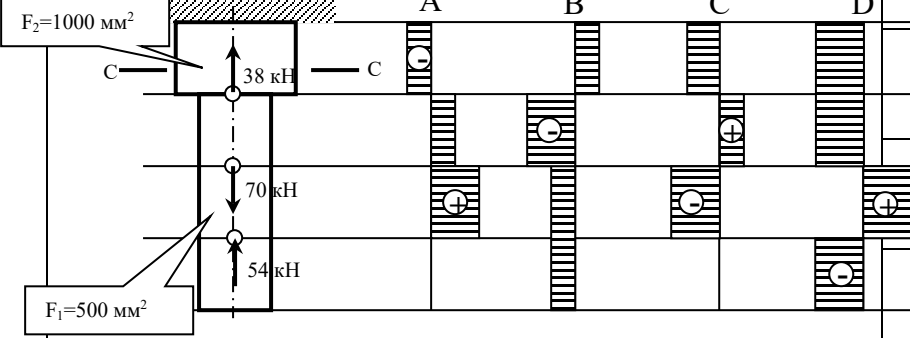
8 баллов

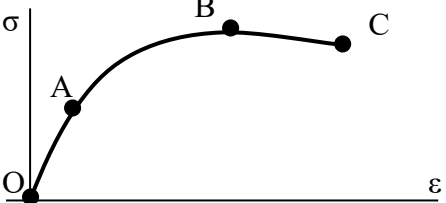
Вопросы к Прубежной аттестации

22. Растяжение и сжатие. Закон Гука
23. Определение продольных сил.
24. Расчёты стержней на прочность.
25. Деформация сдвига. Закон Гука при сдвиге.
26. Понятия прочности, жёсткости и устойчивости .
27. Формула определения углов закручивания при кручении вала.
28. Правило знаков при определении поперечных сил и изгибающих моментов в теории изгиба.
29. Закон Р.Гука при сдвиге. Закон парности касательных напряжений.
30. Кручение. Расчёт на прочность вала при кручении.
31. Внешние и внутренние силы. Метод сечений.
32. Что называется звеном, кинематической парой?
33. Как определяется род кинематической пары?
34. Степень подвижности механизма.
35. Назвать все звенья и кинематические пары механизма.
36. Формула Чебышева П. Л.
37. Структурная группа, виды структурных групп.
38. Из каких структурных групп состоит механизм?
39. Формула строения механизма, её применение.
40. Что называется масштабным коэффициентом?
41. Как определяются μ_L , μ_v , μ_a ,
42. Последовательность построения плана скоростей механизма
43. Последовательность построения плана ускорений механизма
44. Определение реакций в кинематических парах механизма методом построения плана сил.
45. Определение уравнивающей силы и уравнивающего момента
46. Рычаг Жуковского.

Рубежная аттестация проводится по тестам.

Образец теста

№ п/п	Вопросы	Ответы
1	Выбрать соответствующую эпюру продольных сил в поперечных сечениях бруса 	A B C D
2	Для бруса из вопроса 1 определить наибольшую продольную силу, возникающую в поперечном сечении.	-16 -38 70 -54

3	Определить нормальное напряжение в сечении С-С бруса из вопроса 1.	-38 МПа
		-22 МПа
		16 МПа
		21 МПа
4	Чему равен коэффициент запаса прочности в сечении С-С бруса, если механические характеристики материала: $\sigma_T=220$ МПа; $\sigma_B=400$ МПа? Использовать результаты, полученные при ответе на вопрос 3.	18,2
		10
		4,2
		7,4
5	Определить удлинение стального стержня длиной 3 м, нагруженного силой 240 кН; площадь поперечного сечения 10,9 см ² . Модуль упругости материала $2 \cdot 10^5$ МПа.	3,5 мм
		3,3 мм
		$12 \cdot 10^{-4}$ мм
		$12 \cdot 10^{-3}$ мм
6	Какой отрезок диаграммы растяжения соответствует зоне упругости материала. 	AB
		BC
		OA
		AC
7	Способность элемента конструкции сопротивляться внешним воздействиям не разрушаясь.	жесткость
		прочность
		упругость
		устойчивость
8	Закон Гука гласит: 1) Свойства материала не зависят от формы и размеров тела и одинаковы во всех его точках; 2) Упругие свойства материала во всех направлениях одинаковы, т.е. материал тела обладает упругой изотропией; 3) Тело считается абсолютно упругим; 4) Деформация материала конструкции в каждой его точке прямо пропорциональны напряжениям в этой точке.	1
		2
		3
		4

Вопросы к экзамену.

1. Что называется: механическим движением, материальной точкой, системой материальных точек или тел, абсолютно твёрдым телом, механической силой, системой сил?
2. Что изучает статика? Перечислите аксиомы статики.
3. Как спроецировать вектор силы на ось и на плоскость?
4. Что называется связью, силой реакции связи? Покажите виды связей и их реакции.
5. Дайте определение системы сходящихся сил. Запишите уравнения равновесия для пространственной и плоской систем сходящихся сил. Сформулируйте теорему о равновесии трёх непараллельных сил.
6. Как определяется момент силы относительно точки и оси. Сформулируйте теорему Вариньона. Что называется парой сил? Чему равен момент пары?
7. Сформулируйте теорему Пуансо. Запишите три формы условий равновесия для плоской произвольной системы сил.
8. Системы статически определимые и статически неопределимые. Способы решения статически неопределимых задач?
9. Запишите три способа задания движения точки.
10. Как определяется скорость точки при: векторном способе задания движения точки, координатном способе задания движения точки и естественном способе задания движения точки?
11. Как определяется ускорение точки при: векторном способе задания движения точки, координатном способе задания движения точки и естественном способе задания движения точки?
12. Запишите законы изменения скорости и пути при равномерном и равнопеременном движении точки.
13. Что называется поступательным движением тела? Основные свойства поступательного движения тела.
14. Что называется вращательным движением тела вокруг неподвижной оси? Угловая скорость и угловое ускорение тела. Законы равномерного и равнопеременного вращения тела.
15. Скорости и ускорения отдельных точек вращающегося тела.
16. Что называется плоскопараллельным движением тела? Как разложить плоское движение на поступательное и вращательное?
17. Сложное движение точки. Теорема о сложении скоростей. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса)
18. Дифференциальные уравнения движения материальной точки. Движение точки по заданной гладкой неподвижной поверхности. Относительное движение материальной точки.
19. Кинетическая энергия материальной точки. Теорема об изменении кинетической энергии точки.
20. Принцип Даламбера для материальной точки. Дифференциальное уравнение поступательного движения твердого тела. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки.
21. Введение в динамику системы. Механическая система. Классификация сил, действующих на механическую систему. Масса системы. Центр масс системы и его координаты.
22. Кинетическая энергия механической системы. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы.
23. Принцип Даламбера для механической системы.
24. Понятия прочности, жёсткости и устойчивости .

25. Расчётные модели (схемы). Деформация, типы деформаций.
Коэффициент Пуассона.
26. Внешние и внутренние силы. Распределённые и сосредоточенные нагрузки
27. Метод сечений. Механическое напряжение.
28. Растяжение и сжатие. Предельные и допускаемые напряжения.
Коэффициент запаса прочности.
29. Определение продольных сил при растяжении и сжатии.
30. Основные механические характеристики и свойства материалов.
31. Условие прочности растяжения (сжатия) стержня. Задачи решаемые на прочность стержня.
32. Потенциальная энергия при растяжении (сжатии) стержня.
33. Деформация сдвига. Закон Гука при сдвиге. Закон парности касательных напряжений.
34. Деформация кручения. Определение внутренних крутящих моментов при кручении и построение эпюр.
35. Вывод формулы касательного напряжения в точке сечения вала при кручении.
36. Формула определения углов закручивания при кручении вала.
37. Расчёт вала на прочность и жёсткость при кручении.
38. Плоский изгиб. Чистый и поперечный изгиб. Определение внутренних усилий при изгибе.
39. Особенности построения эпюр от поперечных сил и изгибающих моментов при расчёте балки на изгиб.
40. Правило знаков при определении поперечных сил и изгибающих моментов в теории изгиба.
41. Дифференциальные зависимости распределённой нагрузки, поперечной силы и изгибающего момента при изгибе балки.
42. Гипотеза Бернулли. Вывод формулы нормального напряжения в точке сечения при изгибе балки.
43. Основные дифференциальные соотношения теории изгиба
44. Напряжения при изгибе и расчёт брусков на прочность и жёсткость.
45. Изгиб с кручением круглых валов.
46. Классификация машин и механизмов.
47. Кинематические пары и кинематические цепи.
48. План скоростей и ускорений кривошипно-шатунного механизма.
49. Силовой анализ шарнирного четырёхзвенника.
50. Рычаг Жуковского.

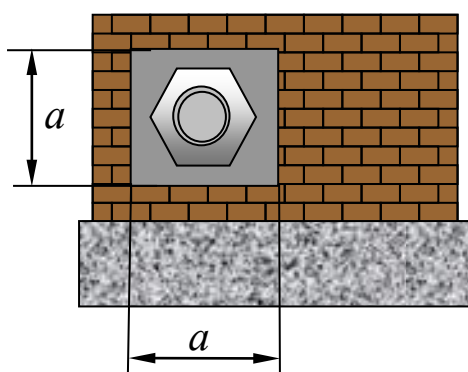
Образец экзаменационного билета

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

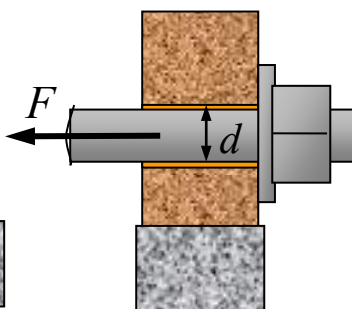
БИЛЕТ № 1

По дисциплине: «Механика»

1. Связи. Виды связей. Силы реакции связей.
2. Уравновешивающая сила и уравновешивающий момент.
3. Задача:



Протокол №от201г.



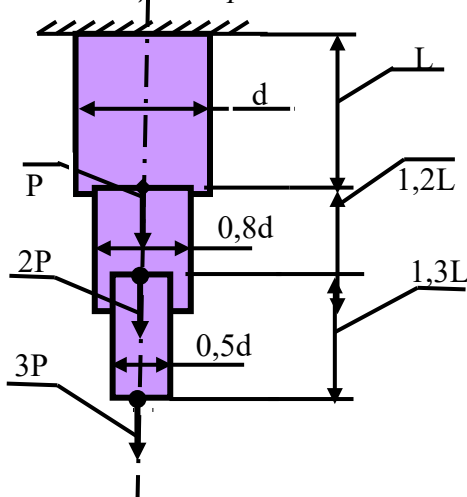
Утверждено на заседании кафедры

Зав. кафедрой

Стяжка диаметром $d = 30 \text{ мм}$
растянута усилием F , вызывающим
в ней напряжение $\sigma = 800 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$.
Чему должна равняться сторона a
квадратной шайбы, если допускаемое
напряжение на смятие
кирпичной кладки $[\sigma]_{\text{см}} = 10 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$.

Образец задания контрольной работы Карточка 1

Задача. Определить допустимую нагрузку на деревянную стойку квадратного поперечного сечения сторона квадрата которого $b = 20 \text{ см}$, если сжимающее напряжение в ней не должно превышать $[\sigma_{\text{сж}}] = 40 \text{ кг/см}^2$



Задача.

Определить полное удлинение жёстко заделанного круглого стержня от воздействия сил $P = 2 \text{ кН}$ и напряжение растяжения в сечении стержня диаметром $0,8d$.

Принять следующие исходные данные:

$L = 1 \text{ м}$, $d = 0,02 \text{ м}$

Модуль упругости материала стержня

$E = 2 \cdot 10^5 \text{ Мпа}$.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.:Высшая школа, 2001.
2. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. – М.:Высшая школа, 2003.
3. Александров А.В., Потапов В.Д. Сопротивление материалов.–М.: Высш. шк., 2002.- 400с.-**Имеется в библиотеке.**
4. Миролубов Н.Н., Алмаметов Ф.З. Сопротивление материалов пособие по решению задач.. – Спб., 2004.- 512 с. - **Имеется в библиотеке**
5. Н.В.Гуяна., Клоков В.Г. «Детали машин» .–М.: 2004.- 288с.– **Имеется в библиотеке**
6. Фролов К.В., Попов С.А.. Теория механизмов и механика машин.–М.: Высш. шк., 2001.- 496с.-**Имеется в библиотеке.**
- б) дополнительная литература**
7. Ицкович Г.М., Сопротивление материалов.–М.: Высш. шк., 2001.- 368с. – **Имеется в библиотеке.**

в) программное и коммуникационное обеспечение

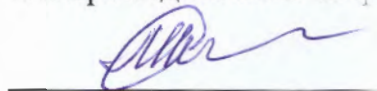
1. Интернет-библиотека
2. Наборы диапозитивов (фолий) для лекционных занятий.
3. Набор плакатов.
4. Электронный конспект лекций
5. Тесты для компьютерного тестирования

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Поточные лекционные аудитории, оснащенные современными техническими средствами обучения (ТСО). Видеокласс с видеопроектором. Компьютерный класс.

Составитель:

Ст. преподаватель каф. «Прикладная механика и инженерная графика»



Р.С. Махматхаджиева

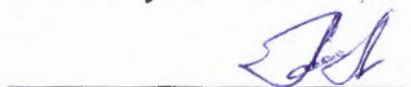
СОГЛАСОВАНО:

Зав., кафедрой «Прикладная механика и инженерная графика»



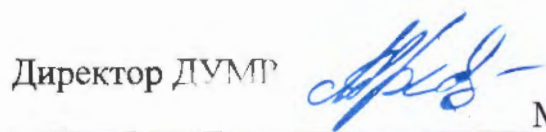
М. А. Саидов

Зав. выпускающей каф. «Прикладная геология»



А.А.Шаипов

Директор ДУМР



М.А. Магомаева