Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Чирикова Лилия Ивановна
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 30.10.2026 07:55:40
Уникальный программный ключ:
750e77999bb0631a45cbf7b4a579c1095bcef032814fee919138f73a4ce0cad5

Приложение
к ОПОП ППССЗ по специальности 23.02.08 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

Фонд оценочных средств
учебной дисциплины
ОП. 03 Техническая механика
по специальности 23.02.08 *Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство*

Базовая подготовка среднего профессионального образования

Содержание

1. Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств.
2. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.
3. Оценка освоения учебной дисциплины:
3.1. Формы и методы оценивания.
3.2. Кодификатор оценочных средств.
4. Задания для оценки освоения дисциплины.

1.**Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств**

В результате освоения учебной дисциплины ОП.03 Техническая механика обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС по специальности 23.02.08 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство (Базовая подготовка СПО) следующими знаниями, умениями, которые формируют профессиональные компетенции, и общими компетенциями, а также личностными результатами осваиваемыми в рамках программы воспитания:

У1 - производить расчеты на срез и смятие, кручение, изгиб.
В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать**:
З1 - основы теоретической механики, статики, кинематики и динамики;
З2 - элементы конструкций;
З3 - детали механизмов и машин.

Формой аттестации по учебной дисциплине является **зачет с оценкой.**

2.Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке.

2.1. В результате аттестации по учебной дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний, а также динамика формирования общих, профессиональных и компетенций, личностных результатов в рамках программы воспитания:

Код ОК, ПК	Уметь	Знать	Владеть навыками
ОК 01.	распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте, анализировать и выделять её составные части	актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить	-
	определять этапы решения задачи, составлять план действия, реализовывать составленный план, определять необходимые ресурсы	структура плана для решения задач, алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях	
	выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы	основные источники информации и ресурсы для решения задач и/или проблем в профессиональном и/или социальном контексте	
	владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах	методы работы в профессиональной и смежных сферах	
	оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)	порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности	
ОК 02.	определять задачи для поиска информации, планировать процесс поиска, выбирать необходимые источники информации	номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности	-
	выделять наиболее значимое в перечне информации, структурировать	приемы структурирования информации	

	получаемую информацию, оформлять результаты поиска		
	оценивать практическую значимость результатов поиска	формат оформления результатов поиска информации	
	применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач	современные средства и устройства информатизации, порядок их применения и	
	использовать современное программное обеспечение в профессиональной деятельности	программное обеспечение в профессиональной деятельности, в том числе цифровые средства	
	использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач		
ПК 2.2.	определять объемы земляных работ, потребности строительства в материалах для верхнего строения пути, машинах, механизмах, рабочей силе для производства всех видов путевых работ	назначение и устройство машин и средств малой механизации	разработки технологических процессов текущего содержания, ремонтных и строительных работ
	определять объемы земляных работ, потребности строительства в материалах для верхнего строения пути, машинах, механизмах, рабочей силе для производства всех видов путевых работ	организацию и технологию работ по техническому обслуживанию пути, технологические процессы ремонта, строительства и реконструкции пути	
		основы эксплуатации, методы технической диагностики и обеспечения надежности работы железнодорожного пути	

ЛР 10 Заботящийся о защите окружающей среды, собственной и чужой безопасности, в том числе цифровой.

ЛР 13 Готовность обучающегося соответствовать ожиданиям работодателей: ответственный сотрудник, дисциплинированный, трудолюбивый, нацеленный на достижение поставленных задач, эффективно взаимодействующий с членами команды, сотрудничающий с другими людьми, проектно мыслящий.
ЛР 27 Проявляющий способности к непрерывному развитию в области профессиональных компетенций и междисциплинарных знаний.
ЛР 30 Осуществляющий поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения различных задач, профессионального и личностного развития.

3. Оценка освоения учебной дисциплины:

3.1. Формы и методы контроля.

Предметом оценки служат умения и знания, предусмотренные ФГОС по дисциплине ОП.03Техническая механика, направленные на формирование общих и профессиональных компетенций, а также личностных результатов в рамках программы воспитания.

Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических и лабораторных занятий, контрольных работ, а также выполнения обучающимисятестовых и домашних заданий. Промежуточный контроль проводится в форме контрольных работ и итогового опроса: выполнены и зачтены все лабораторные и практические работы; выполнены на положительную оценку контрольные работы. Итоговый контроль в форме зачета с оценкой. Студент допущен до зачета, если выполнены и зачтены лабораторные и практические работы

Контроль и оценка освоения учебной дисциплины по темам (разделам)

Элемент УД	Формы и методы контроля					
	Текущий контроль		Рубежный контроль		Промежуточная аттестация	
	Формы контроля	Проверяемые ОК,ПК, У, З,ЛР	Формы контроля	Проверяемые ОК,ПК, У, З,ЛР	Форма контроля	Проверяемые ОК,ПК, У, З,ЛР
Раздел 1. Основы теоретической механики					ДЗ	У1,З1,З2, З3, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30
Тема 1.1. Статика. Основные понятия и аксиомы статики	УО, Т	З1,ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30	КР № 1	З1, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30		
Тема 1.2. Плоская система сил.	УО, ПР№ 1, ПР№2, ПР№3, ПР№4 Т, КР№1	З1, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30				
Тема 1.3. Статика сооружений.	СР	З1, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30				
Тема 1.4. Пространственная система сил.	СР	З1ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30				
Тема 1.5. Кинематика.	УО, ПР№ 5, Т	З1, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30				
Тема 1.6. Динамика.	УО, ПР№6, Т	З1, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30				
Раздел 2. Сопротивление материалов.					ДЗ	У1,З1,З2, З3, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30
Тема 2.1. Сопротивление материалов, основные положения.	УО, Т	У1, З2, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30				
Тема 2.2. Растяжение и сжатие.	УО, ЛР№ 1, Т	У1, З2, ОК 2, ОК 4, ОК 5, ОК 6, ОК 8, ПК 2.1, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30				

Тема 2.3. Срез и смятие.	**УО, ЛР№2, Т, СР**	**У1, З2, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30**				
Тема 2.4. Сдвиг и кручение.	**УО, ЛР№3, Т**					
Тема 2.5. Изгиб.	**УО, ЛР№ 4, Т**	**У1, З2,ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30**				
Раздел 3. Детали механизмов и машин.					**ДЗ**	**У1,З1,З2, З3, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30**
Тема 3.1. Основные понятия и определения. Соединения деталей машин.	**УО, Т, СР**	**З3, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30**				
Тема 3.2. Механические передачи. Детали и сборочные единицы передач.	**УО, ЛР№ 5, ЛР№ 6,Т, СР**	**З3, ОК 1, ОК 2, ЛР10, ЛР13, ЛР27, ЛР30**				

Кодификатор оценочных средств

Функциональный признак оценочного средства (тип контрольного задания)	Код оценочного средства
Устный опрос	УО
Практическая работа № n	ПР № n
Тестирование	Т
Контрольная работа № n	КР № n
Задания для самостоятельной работы - реферат; - доклад; - сообщение; - ЭССЕ.	СР
Разноуровневые задачи и задания (расчётные, графические)	РЗЗ
Рабочая тетрадь	РТ
Проект	П
Деловая игра	ДИ
Кейс-задача	КЗ
Зачёт	З
Дифференцированный зачёт	ДЗ
Экзамен	Э

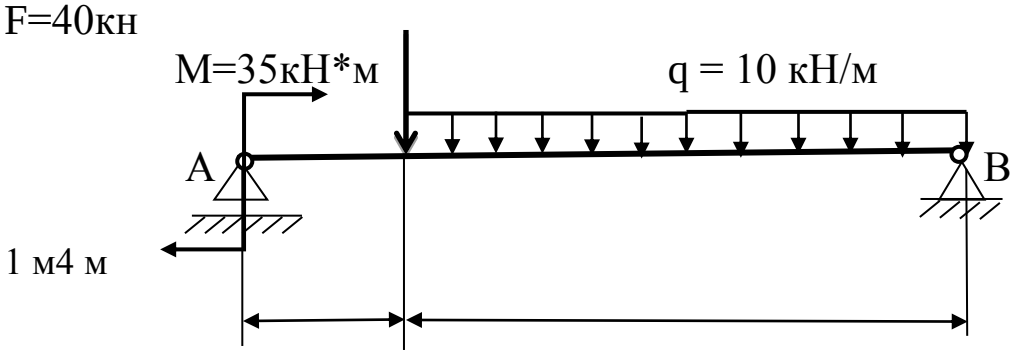
Комплект заданий
для контрольной работы №1
по дисциплине

ОП. 03. *Техническая механика*
основной профессиональной образовательной программы
по специальности 23.02.08 *Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство*
(Базовая подготовка среднего профессионального образования)

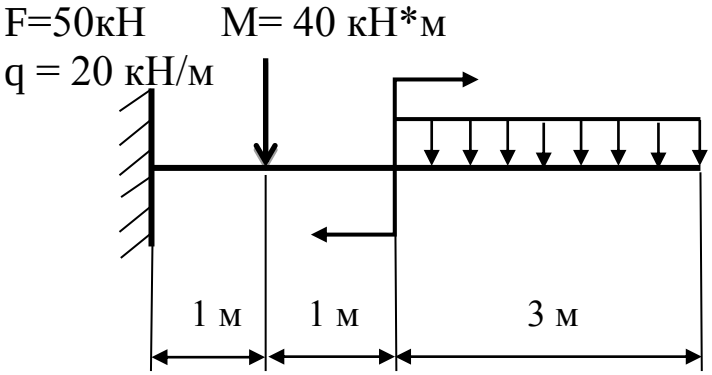
Контрольная работа №1 по теме «Плоская система сил».

Вариант 1.

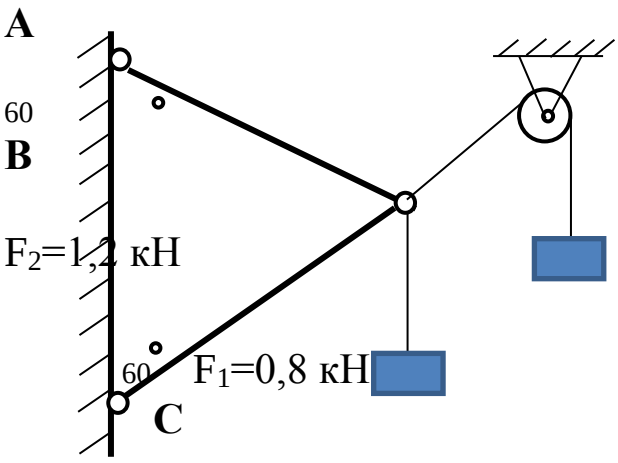
1. Определить реакции опор балки АВ.



2. Определить реакции жесткой заделки.



3. Определить усилия в стержнях АВ и СВ.

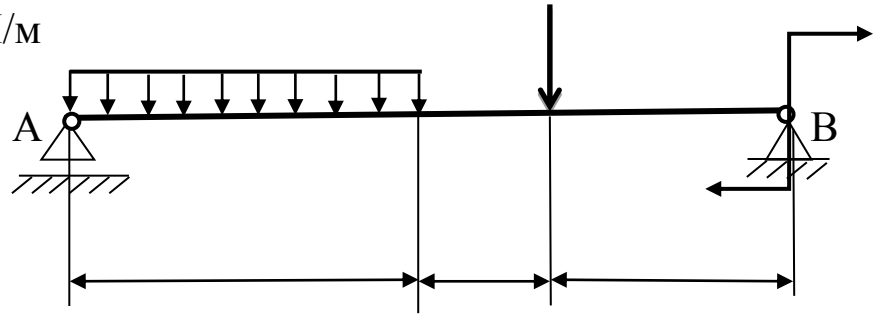


Контрольная работа №1 по теме «Плоская система сил».

Вариант 2.

1. Определить реакции опор балки АВ.

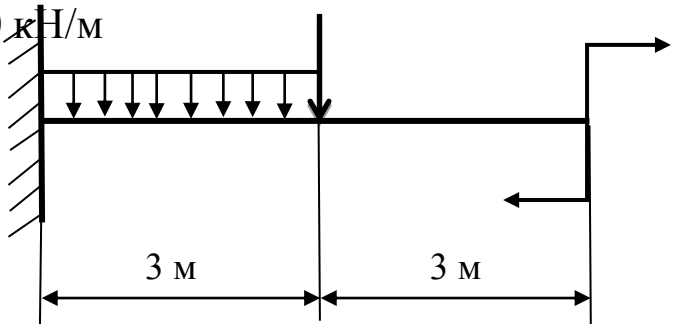
F=30кН M=40кН*м
q = 20 кН/м



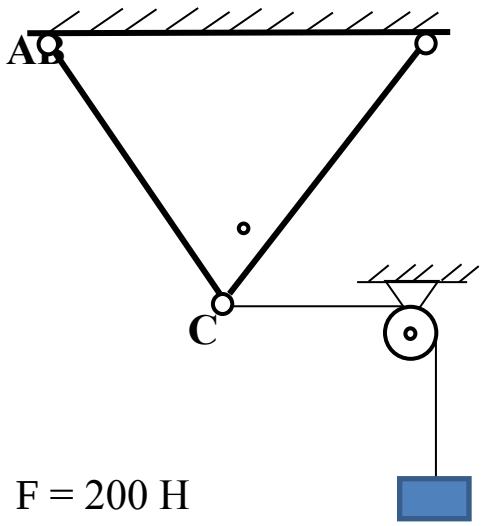
3 м1 м2 м

2. Определить реакции жесткой заделки.

F=10кН M= 60 кН*м
q = 10 кН/м



3. Определить усилия в стержнях АС и ВС.



60

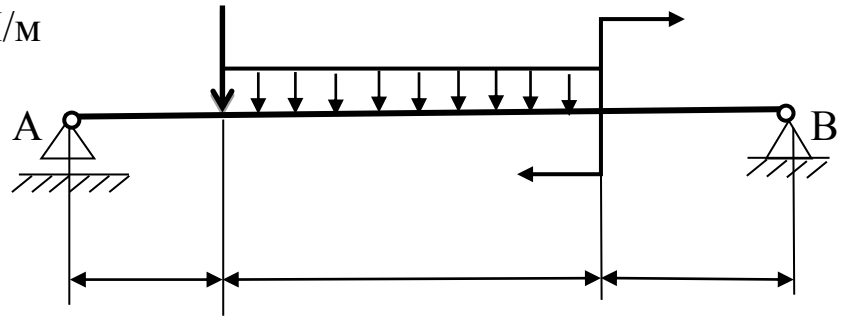
F = 200 Н

Контрольная работа №1 по теме «Плоская система сил».

Вариант 3.

1. Определить реакции опор балки АВ.

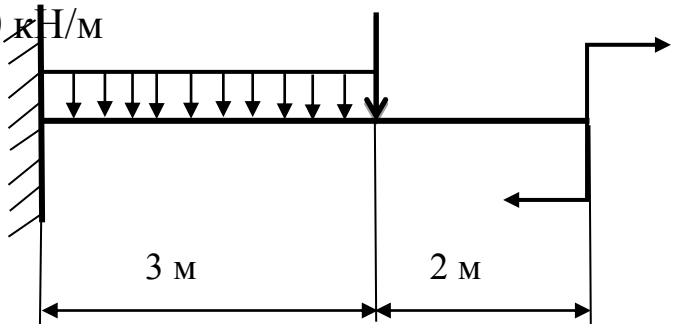
F=10 кН M= 30 кН*м
q = 20 кН/м



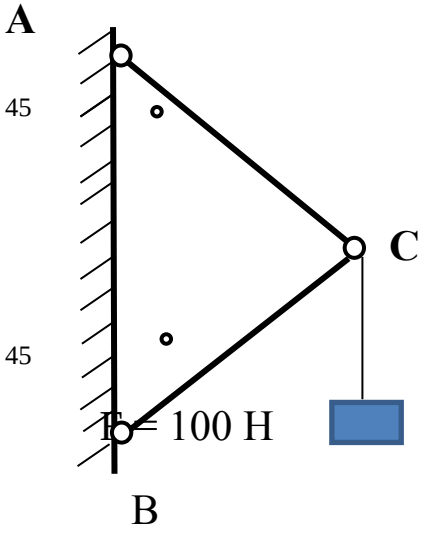
1 м3 м1 м

2. Определить реакции жесткой заделки.

F=20кН M= 40 кН*м
q = 20 кН/м



3. Определить усилия в стержнях АС и ВС.

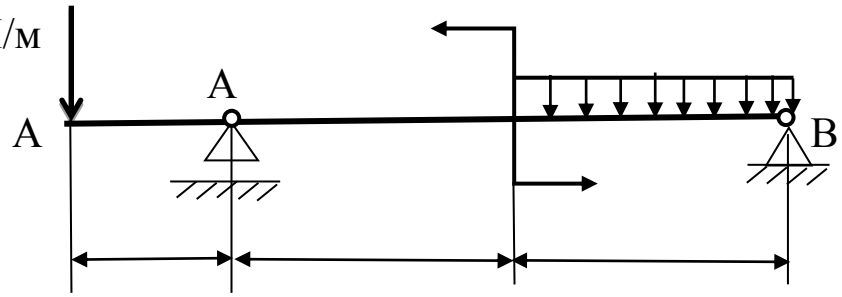


Контрольная работа №1 по теме «Плоская система сил».

Вариант 4.

1. Определить реакции опор балки АВ.

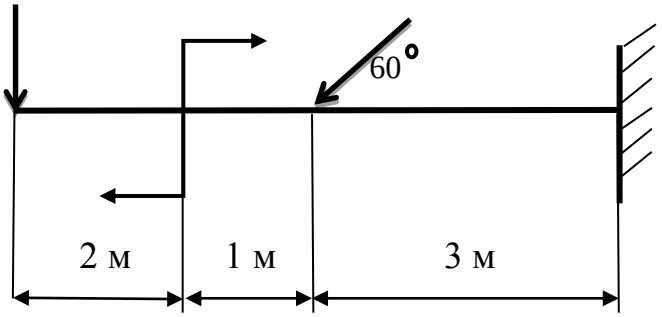
F= 15кН M= 25кН*м
q = 10 кН/м



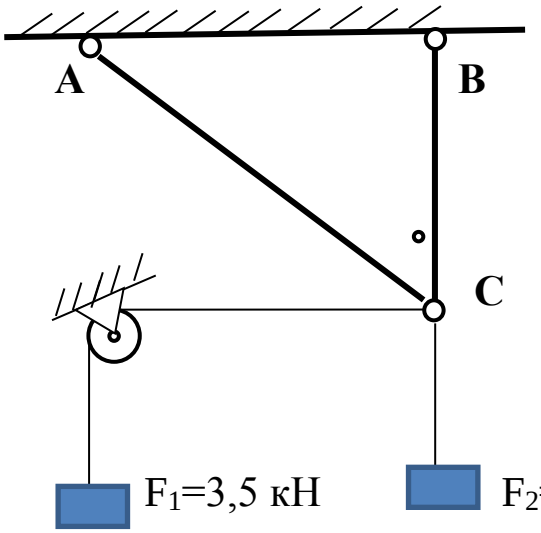
1 м2 м2 м

2. Определить реакции жесткой заделки.

F_1= 20кН M= 40 кН*м F_2=16 кН



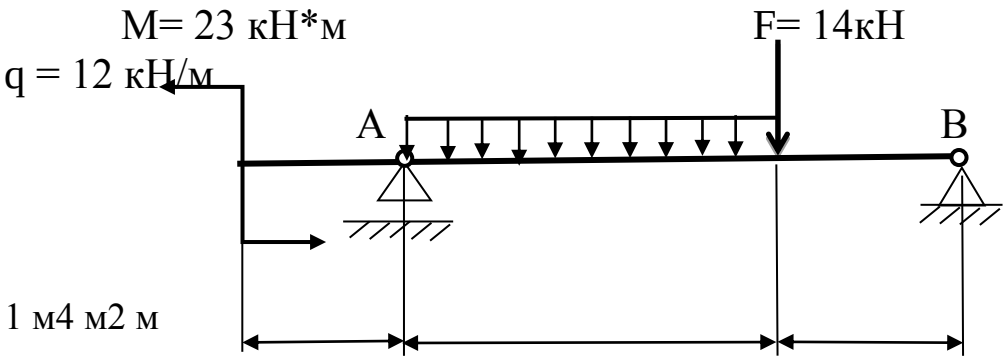
3. Определить усилия в стержнях АС и ВС.



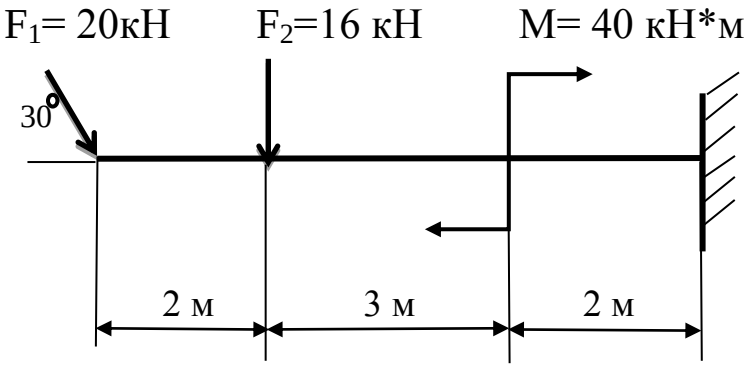
Контрольная работа №1 по теме «Плоская система сил».

Вариант 5.

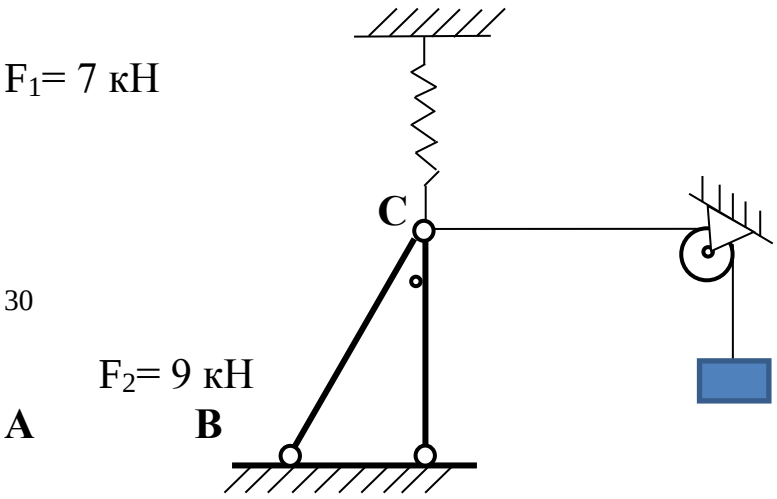
1. Определить реакции опор балки АВ.



2. Определить реакции жесткой заделки.



3. Определить усилия в стержнях АС и ВС.



Критерии оценки:

— «5» (отлично) - если студент в полном объеме выполнил все задания, проявив самостоятельность и знания межпредметного характера.

— «4» (хорошо) - если студент выполнил 75 % заданий, и в них содержатся недочеты или одна не грубая ошибка; при ответе на поставленные вопросы имел незначительные замечания и поправки со стороны преподавателя.

— «3» (удовлетворительно) - если студент выполнил задания более чем на 50 % и работа содержит недочеты или две-три негрубые ошибки или две грубые ошибки;

— «2» (неудовлетворительно) - если студент выполнил работу менее чем на 50 % или работа содержит более двух грубых ошибок или не приступил к выполнению работы.

Практическая работа № 1

Тема: Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил.

Цель работы: Научиться определять равнодействующую плоской системысходящихся сил

Расчетные формулы

Равнодействующая системы сил

$$F_\Sigma = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}; \quad F_{\Sigma x} = \sum_0^n F_{kx}; \quad F_{\Sigma y} = \sum_0^n F_{ky},$$

где $F_{\Sigma x}$, $F_{\Sigma y}$ — проекции равнодействующей на оси координат; F_{kx}, F_{ky} — проекции векторов-сил системы на оси координат.

$$\cos\alpha_{\Sigma x} = \frac{F_{\Sigma x}}{F_\Sigma},$$

где $\alpha_{\Sigma x}$ — угол равнодействующей с осью Ox.

Условие равновесия

$$\begin{cases} \sum\limits_0^n F_{kx} = 0; \\ \sum\limits_0^n F_{ky} = 0. \end{cases}$$

Если плоская система сходящихся сил находится в равновесии, многоугольник сил должен быть замкнут.

Пример 1. Определение равнодействующей системы сил

Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил аналитическим и геометрическим способами (рис. П1.1). Дано: $F_1 = 10\,\text{кН}$; $F_2 = 15\,\text{кН}$; $F_3 = 12\,\text{кН}$; $F_4 = 8\,\text{кН}$; $F_5 = 8\,\text{кН}$;

$\alpha_1 = 30°$; $\alpha_2 = 60°$; $\alpha_3 = 120°$; $\alpha_4 = 180°$; $\alpha_5 = 300°$.

Решение

1. Определить равнодействующую аналитическим способом (рис. П1.1а).

$$\left.\begin{array}{l} F_{1x} = 10\cdot\cos 30° = 8{,}66\,\text{кН}; \\ F_{2x} = 15\cdot\cos 60° = 7{,}5\,\text{кН}; \\ F_{3x} = -12\cdot\cos 60° = -6\,\text{кН}; \\ F_{4x} = -8\,\text{кН}; \\ F_{5x} = 8\cdot\cos 60° = 4\,\text{кН}; \end{array}\right\} \begin{array}{l} F_{\Sigma x} = \sum F_{kx}; \\ F_{\Sigma x} = 6{,}16\,\text{кН}. \end{array}$$

$$\left\{\begin{array}{l} F_{1y}=10\cdot\cos 60^\circ=5\,\text{кН};\\ F_{2y}=15\cdot\cos 30^\circ=12{,}99\,\text{кН};\\ F_{3y}=12\cdot\cos 30^\circ=10{,}4\,\text{кН};\\ F_{4y}=0;\\ F_{5y}=-8\cdot\cos 30^\circ=-6{,}9\,\text{кН}; \end{array}\right\} \begin{array}{l} F_{\Sigma y}=\sum F_{ky};\\ F_{\Sigma y}=21{,}49\,\text{кН}. \end{array}$$

$$F_\Sigma=\sqrt{F_{\Sigma x}^2+F_{\Sigma y}^2};\quad F_\Sigma=\sqrt{6{,}16^2+21{,}49^2}=22{,}36\,\text{кН};$$

$$\cos\alpha_{\Sigma x}=\frac{F_{\Sigma x}}{F_\Sigma};\quad \cos\alpha_{\Sigma x}=\frac{6{,}16}{22{,}36}=0{,}2755;\quad \alpha_{\Sigma x}=74^\circ.$$

2. Определить равнодействующую графическим способом.

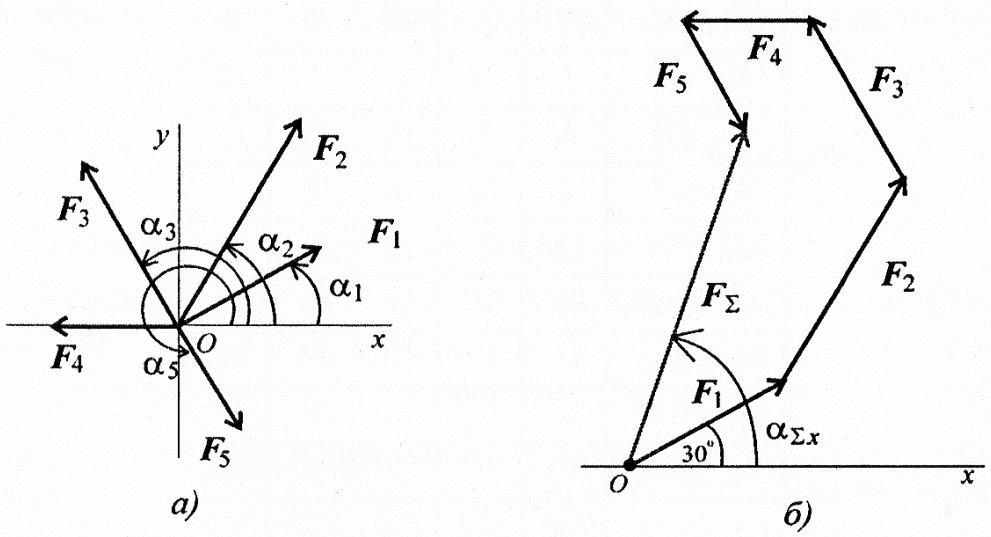


Рис. П1.1

С помощью транспортира в масштабе 2 мм = 1 кН строим многоугольник сил (рис. П1.1б). Измерением определяем модуль равнодействующей силы и угол наклона ее к оси Ox.

$$F_{\Sigma\text{гр}}\cong 22\,\text{кН};\quad \alpha_{\Sigma x}=73^\circ.$$

Результаты расчетов не должны отличаться более чем на 5 %:

$$\frac{F_{\Sigma\text{ан}}-F_{\Sigma\text{гр}}}{F_{\Sigma\text{ан}}}\cdot 100\,\%\leqslant 5\,\%.$$

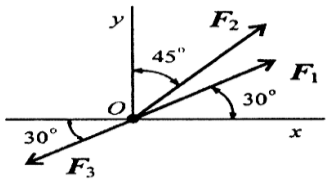
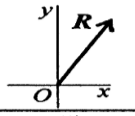
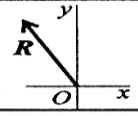
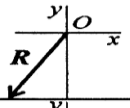
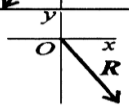
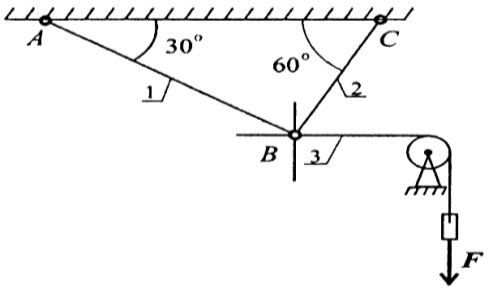
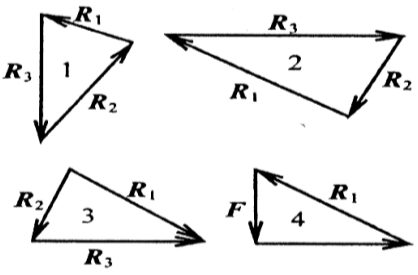
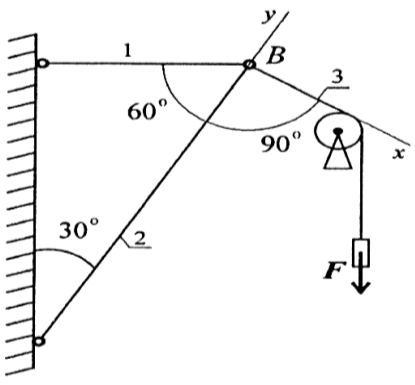
Расчетно-графическая работа 1

Определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил аналитическим и геометрическим способами

Задание. Используя схему рис. П1.1а, определить равнодействующую системы сил.

Параметр	Вариант				
	1	2	3	4	5
F_1, кН	12	8	20	3	6
F_2, кН	8	12	5	6	12
F_3, кН	6	2	10	12	15
F_4, кН	4	10	15	15	3
F_5, кН	10	6	10	9	18
α_1, град	30	0	0	15	0
α_2, град	45	45	60	45	15
α_3, град	0	75	75	60	45
α_4, град	60	30	150	120	150
α_5, град	300	270	210	270	300

При защите работы ответить на вопросы тестового задания.

Вопросы	Ответы	Код
1. Определить проекции равнодействующей на ось Ox при $F_1 = 10$ кН; $F_2 = 20$ кН; $F_3 = 30$ кН. 	$R_x = 4,99$ кН	1
	$R_x = 7,89$ кН	2
	$R_x = -3,18$ кН	3
	$R_x = 6,55$ кН	4
2. Определить величину равнодействующей силы по ее известным проекциям: $R_x = 15$ кН; $R_y = 8,66$ кН.	23,66 кН	1
	17,32 кН	2
	9,50 кН	3
	8,50 кН	4
3. Как направлен вектор равнодействующей системы сил, если известно, что $R_x = -4$ кН; $R_y = 12$ кН?		1
		2
		3
		4
4. Груз находится в равновесии. Указать, какой из треугольников для шарнира B построен верно. 		1
		2
		3
		4
5. Груз $\boldsymbol{F}$ находится в равновесии. Указать, какая система уравнений равновесия для точки B верна. 	$\sum_0^n F_{kx} = R_3 - R_1 \cos 30° = 0$ $\sum_0^n F_{ky} = R_2 - R_1 \cos 60° = 0$	1
	$\sum_0^n F_{kx} = R_3 - R_1 \cos 60° = 0$ $\sum_0^n F_{ky} = R_2 - R_1 \cos 30° = 0$	2
	$\sum_0^n F_{kx} = R_3 - R_1 \cos 30° + R_2 \cos 90° = 0$ $\sum_0^n F_{ky} = -R_2 + R_1 \cos 60° = 0$	3
	Верный ответ не приведен	4

Литература.

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19
2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:
1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

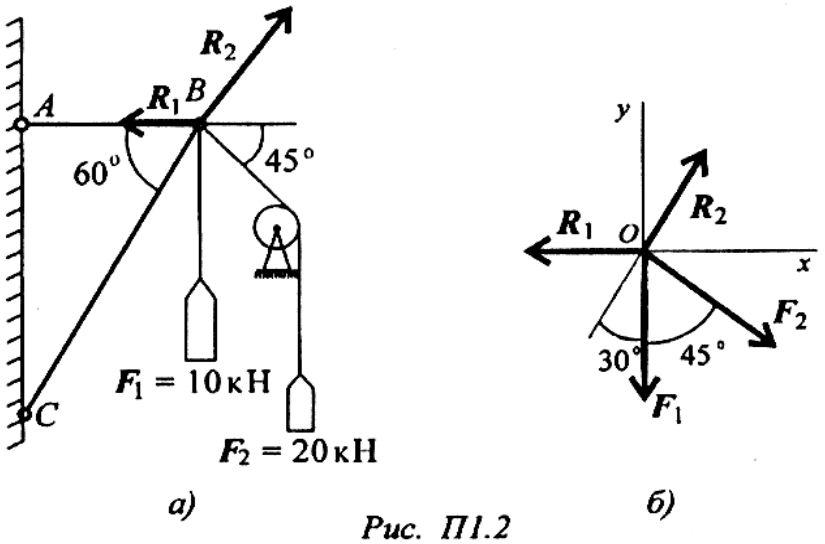
Практическая работа № 2

Тема: Определение реакций шарнирно-стержневой системы.

Цель работы: Научиться определять реакции шарнирно-стержневой системы

Пример выполнения:

Грузы подвешены на стержнях и канатах и находятся в равновесии. Определить реакции стержней AB и CB (рис. П1.2).



а) *б)*

Рис. П1.2

Решение

1. Определяем вероятные направления реакций (рис. П1.2а). Мысленно убираем стержень AB, при этом стержень CB опускается, следовательно, точка B отодвигается от стены: назначение стержня AB — тянуть точку B к стене.

Если убрать стержень CB, точка B опустится, следовательно, стержень CB поддерживает точку B снизу — реакция направлена вверх.

2. Освобождаем точку B от связи (рис. П1.2б).

3. Выберем направление осей координат, ось Ox совпадает с реакцией $\boldsymbol{R}_1$.

4. Запишем уравнения равновесия точки B:

$$\sum_0^n F_{kx} = -R_1 + R_2 \cos 60° + F_2 \cos 45° = 0;$$

$$\sum_0^n F_{ky} = R_2 \cos 30° - F_1 - F_2 \cos 45° = 0.$$

5. Из второго уравнения получаем:

$$R_2 = \frac{F_1 + F_2 \cos 45^\circ}{\cos 30^\circ}; \quad R_2 = \frac{10 + 20 \cdot 0,7}{0,866} = 27,87\,\text{кН}.$$

Из первого уравнения получаем:

$$R_1 = R_2 \cos 60^\circ + F_2 \cos 45^\circ; \quad R_1 = 28,07\,\text{кН}.$$

Вывод: стержень AB растянут силой 28,07 кН, стержень CB сжат силой 27,87 кН.

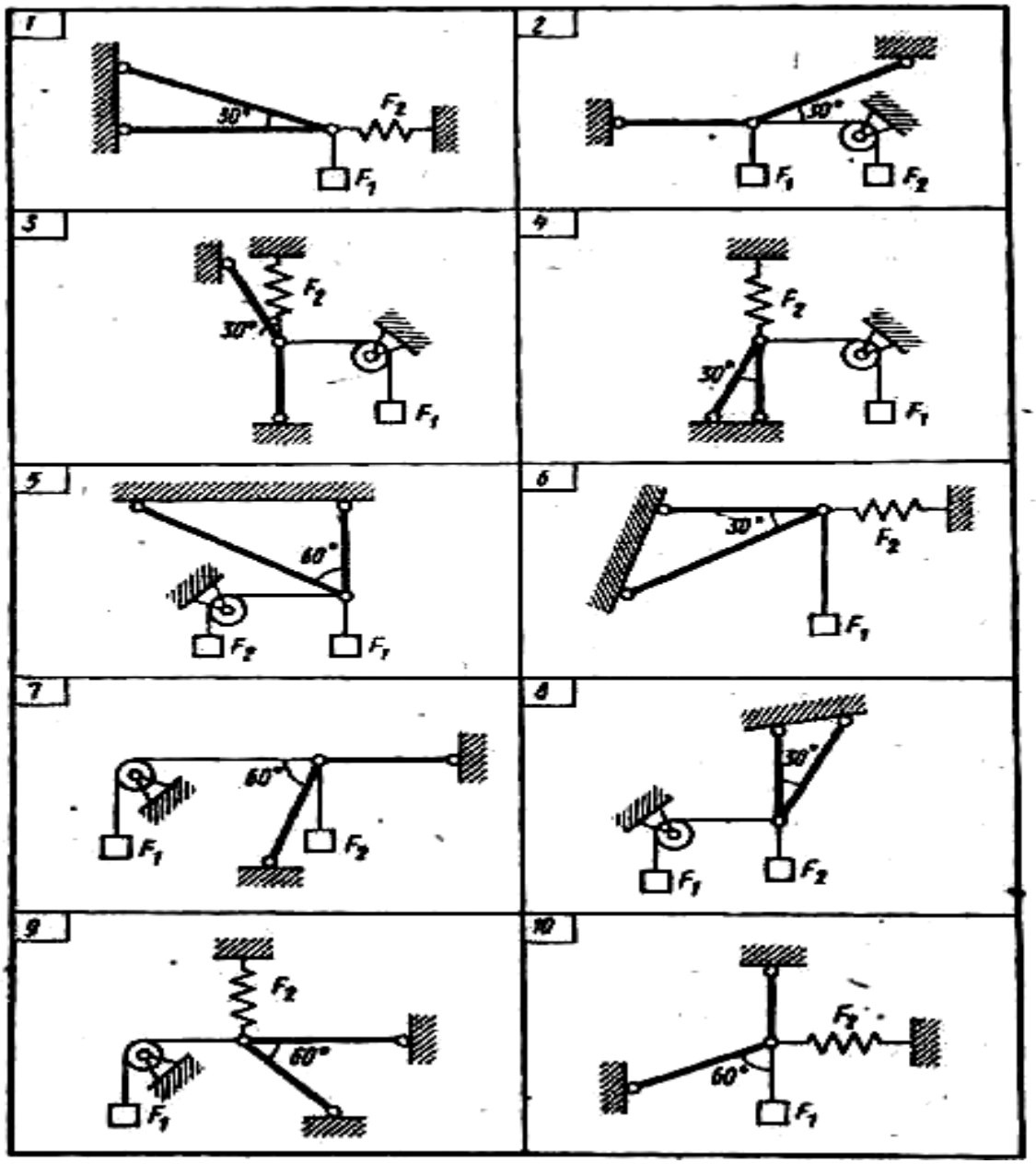
П р и м е ч а н и е. Если при решении реакция связи окажется отрицательной, значит, вектор силы направлен в противоположную сторону.

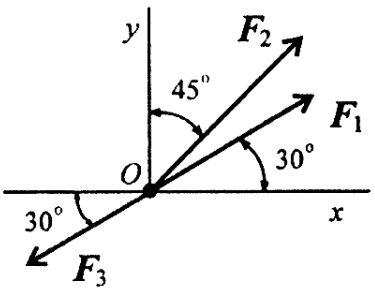
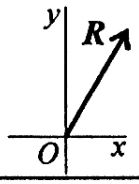
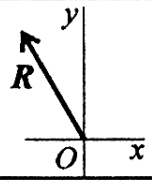
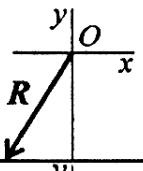
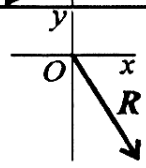
В данном случае реакции направлены верно.

Задание.

Определить силы, нагружающие стержни кронштейна. Кронштейн удерживает в равновесии грузы F_1 и F_2 или груз F_1 и растянутую пружину, сила упругости которой F_2. Весом частей конструкции, а также трением на блоке пренебречь.

№ варианта	F_1	F_2	№ варианта	F_1	F_2
	кН			кН	
1	15	5	**6**	11	5
2	5	9	**7**	3	7
3	11	7	**8**	15	3
4	13	7	**9**	3	9
5	7	3	**10**	3	9


1
30°
F_2
F_1
2
30°
F_1
F_2
3
F_2
30°
F_1
4
F_2
30°
F_1
5
60°
F_2
F_1
6
30°
F_2
F_1
7
60°
F_1
F_2
8
30°
F_1
F_2
9
F_2
60°
F_1
10
F_2
60°
F_1

Вопросы	Ответы	Код
1. Определить проекции равнодействующей на ось Ox при $F_1 = 10$ кН; $F_2 = 20$ кН; $F_3 = 30$ кН. 	$R_x = 4,99$ кН	1
	$R_x = 7,89$ кН	2
	$R_x = -3,18$ кН	3
	$R_x = 6,55$ кН	4
2. Определить величину равнодействующей силы по ее известным проекциям: $R_x = 15$ кН; $R_y = 8,66$ кН.	23,66 кН	1
	17,32 кН	2
	9,50 кН	3
	8,50 кН	4
3. Как направлен вектор равнодействующей системы сил, если известно, что $R_x = -4$ кН; $R_y = 12$ кН?		1
		2
		3
		4

Литература:

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19

2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

3. 2. 2 Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Практическая работа № 3

Тема: Определение реакций в опорах балочных систем.

Цель работы: Научиться определять реакции опор балочных систем.

Основные формулы и предпосылки расчета

Виды опор балок и их реакции (рис. П2.1)

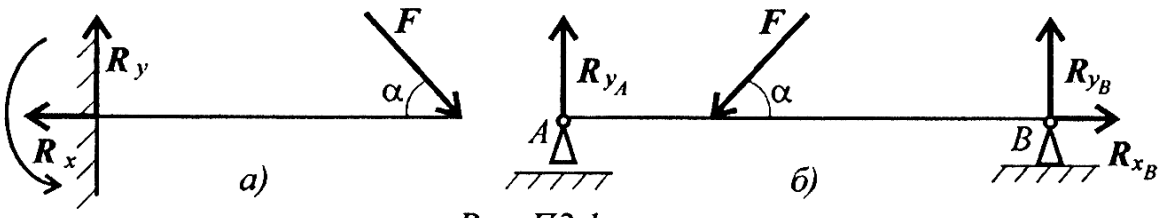


Рис. П2.1

Моменты пары сил и силы относительно точки (рис. П2.2)

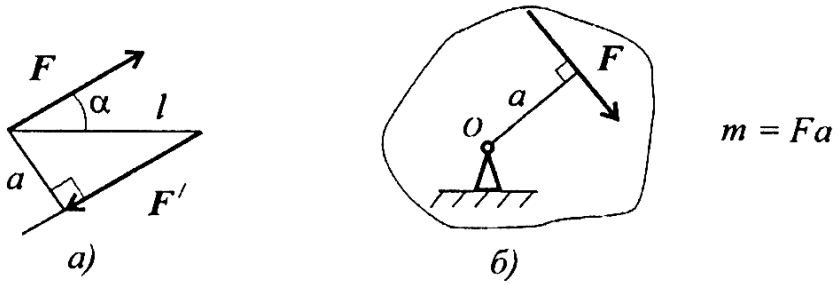


Рис. П2.2

Главный вектор

$$F_{\text{гл}} = \sqrt{\left(\sum_0^n F_{kx}\right)^2 + \left(\sum_0^n F_{ky}\right)^2}.$$

Главный момент

$$M_{\text{гл}O} = \sum_0^n m_{kO}.$$

Условия равновесия

1. $\sum\limits_0^n F_{kx} = 0; \quad \sum\limits_0^n F_{ky} = 0; \quad \sum\limits_0^n m(\boldsymbol{F}_k)_A = 0.$

Проверка: $\sum\limits_0^n m(\boldsymbol{F}_k)_B = 0.$

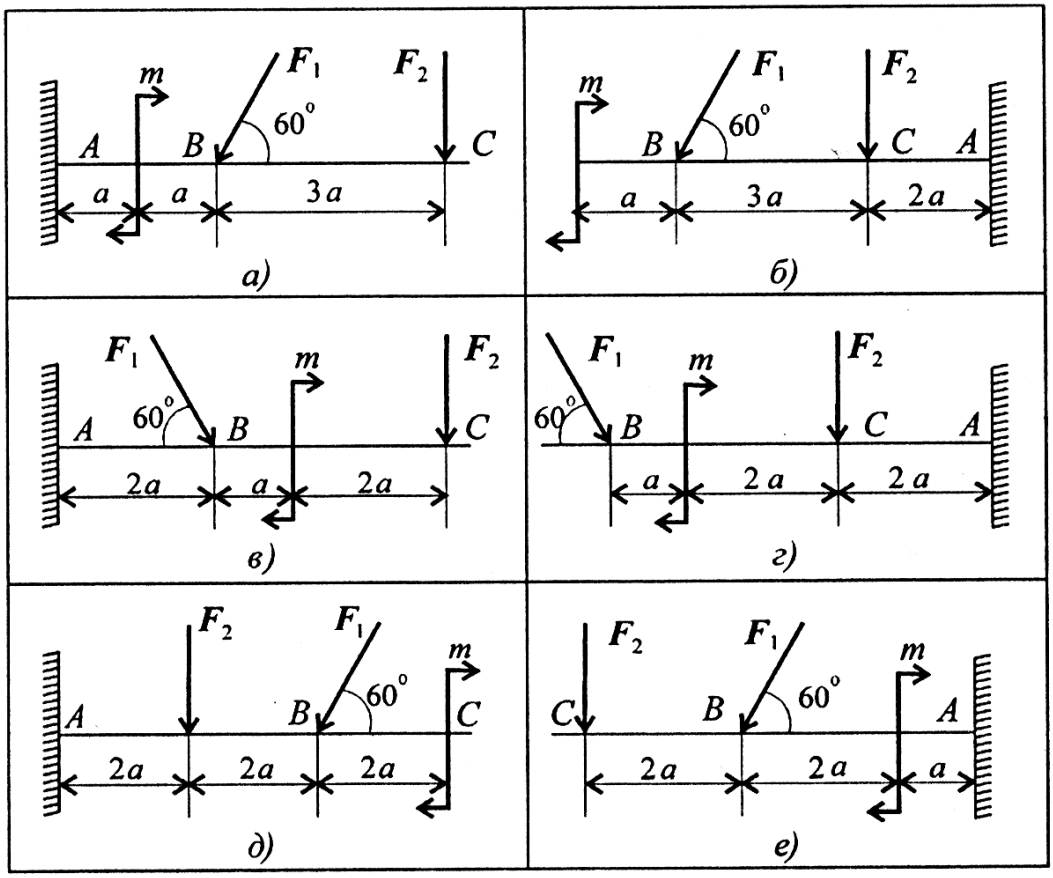
2. $\sum\limits_0^n F_{kx} = 0; \quad \sum\limits_0^n m(\boldsymbol{F}_k)_A = 0; \quad \sum\limits_0^n m(\boldsymbol{F}_k)_B = 0.$

Проверка: $\sum\limits_0^n F_{ky} = 0.$

Расчетно-графическая работа 1

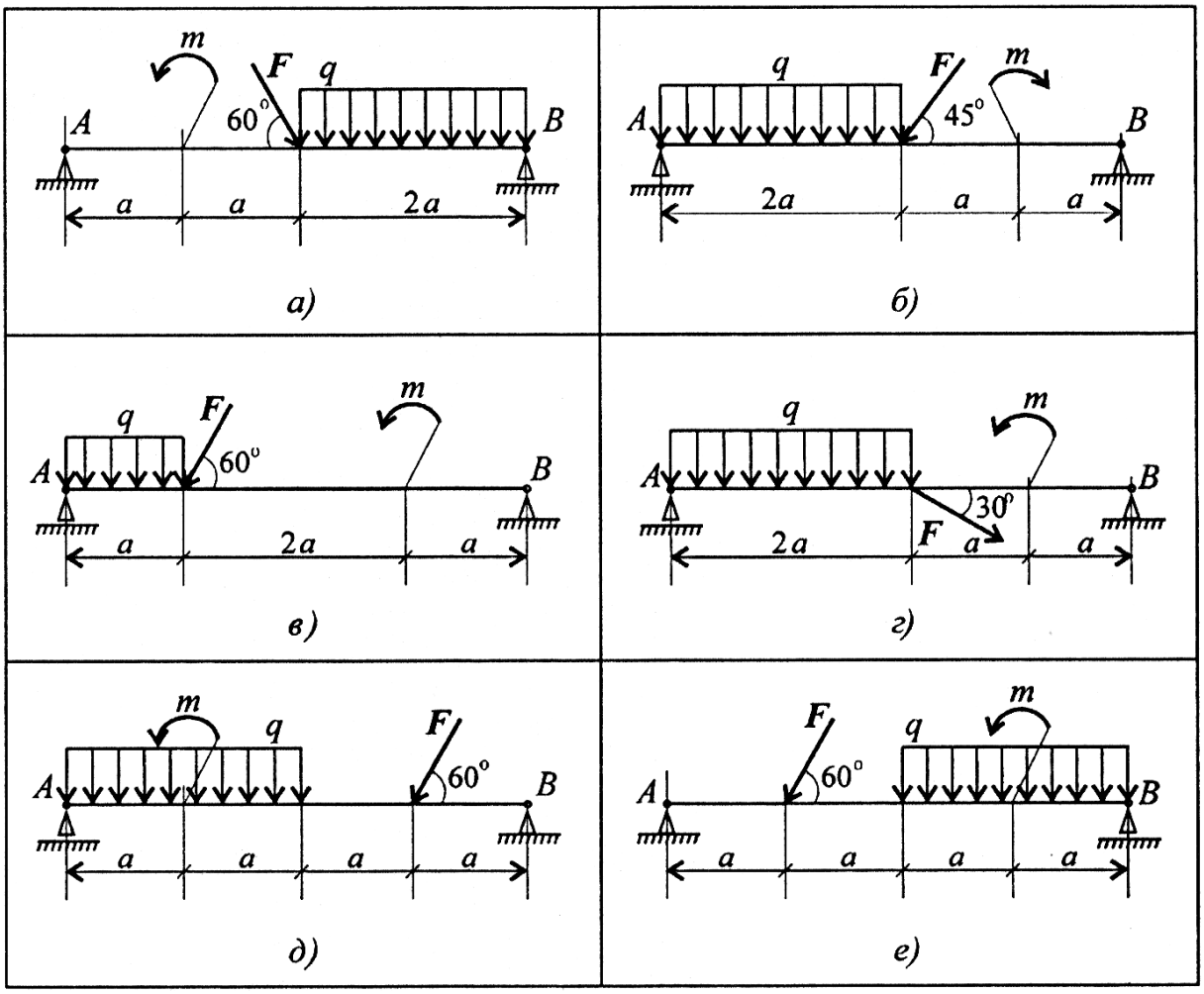
Определение реакций в опорах балочных систем под действием сосредоточенных сил и пар сил

Задание 1. Определить величины реакций в опоре защемленной балки. Провести проверку правильности решения.



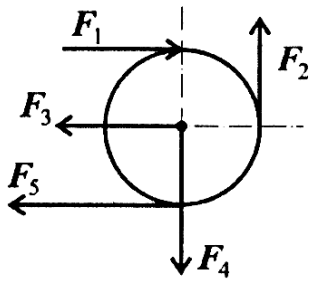
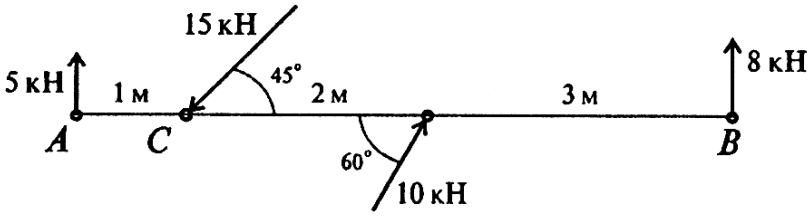
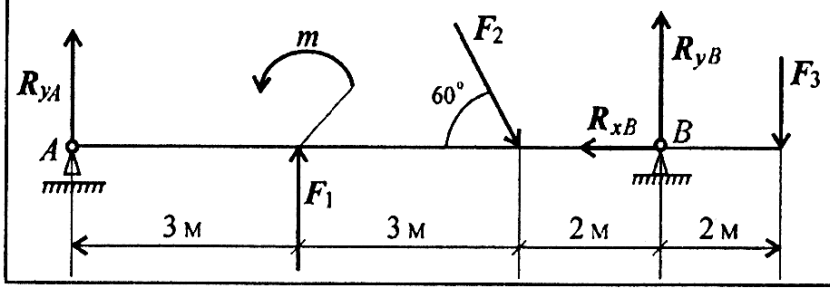
Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F_1, кН	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
F_2, кН	4,4	4,8	7,8	8,4	12	12,8	17	18	22,8	24
m, кН·м	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
a, м	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6

Задание 2. Определить величины реакций в шарнирных опорах балки. Провести проверку правильности решения.

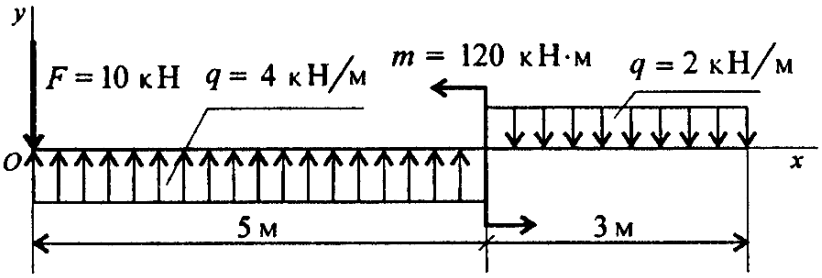
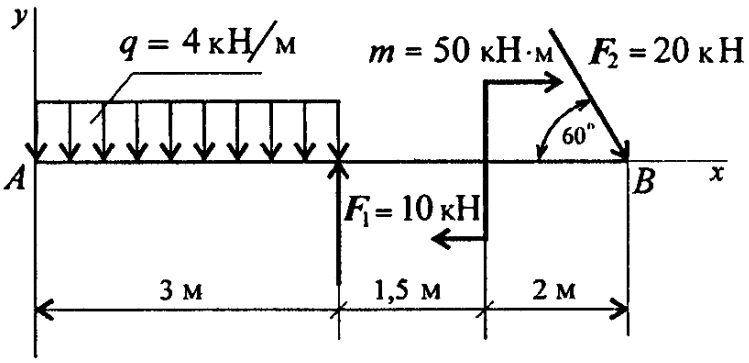


Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
q, кН/м	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4
m, кН·м	15	25	35	45	55	45	35	25	15	5
a, м	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

При защите работ ответить на вопросы карт с тестовыми заданиями.

Вопросы	Ответы	Код
1. Найти главный вектор системы сил, если: $F_1 = 2$ кН, $F_2 = 3$ кН, $F_3 = 5$ кН, $F_4 = F_5 = 8$ кН; диаметр колеса 0,8 м. 	5 кН	1
	11 кН	2
	12 кН	3
	16 кН	4
2. Найдите главный момент системы. Центр приведения находится в точке C. 	49,14 кН·м	1
	52,32 кН·м	2
	54,14 кН·м	3
	64,14 кН·м	4
3. Приводится уравнение равновесия для определения реакции в опоре A. Определите, какого члена уравнения не хватает: $R_{yA} \cdot 8 + F_1 \cdot 5 - m + F_3 \cdot 1 + \cdots = 0.$ 	$F_2 \cos 60°$	1
	$F_2 \cos 30°$	2
	$-F_2 \sin 60°$	3
	$-F_2 \cdot 2 \sin 60°$	4

Продолжение

Вопросы	Ответы	Код
4. Найти главный вектор системы сил. 	2 кН	1
	4 кН	2
	6 кН	3
	8 кН	4
5. Определите алгебраическую сумму моментов относительно точки B. 	7 кН·м	1
	25 кН·м	2
	42,3 кН·м	3
	68,3 кН·м	4

Литература.

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19

2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

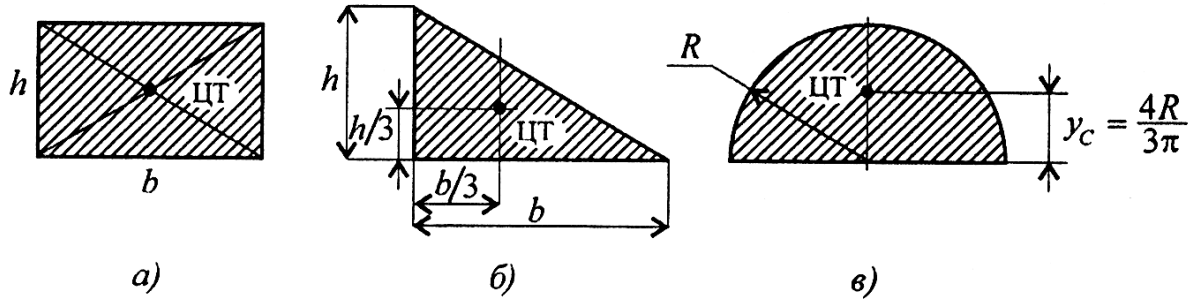
Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Практическая работа № 4
Тема: Определение положения центра тяжести составных сечений.
Цель работы: Научиться определять положение центра тяжести сложных геометрических фигур.

Основные формулы и предпосылки расчета

Центры тяжести простейших сечений (рис. П3.1)



а) *б)* *в)*

Рис. П3.1

Геометрические характеристики стандартных прокатных профилей в Приложении 2.

Методы расчета:

1) метод симметрии;
2) метод разделения на простые части;
3) метод отрицательных площадей.

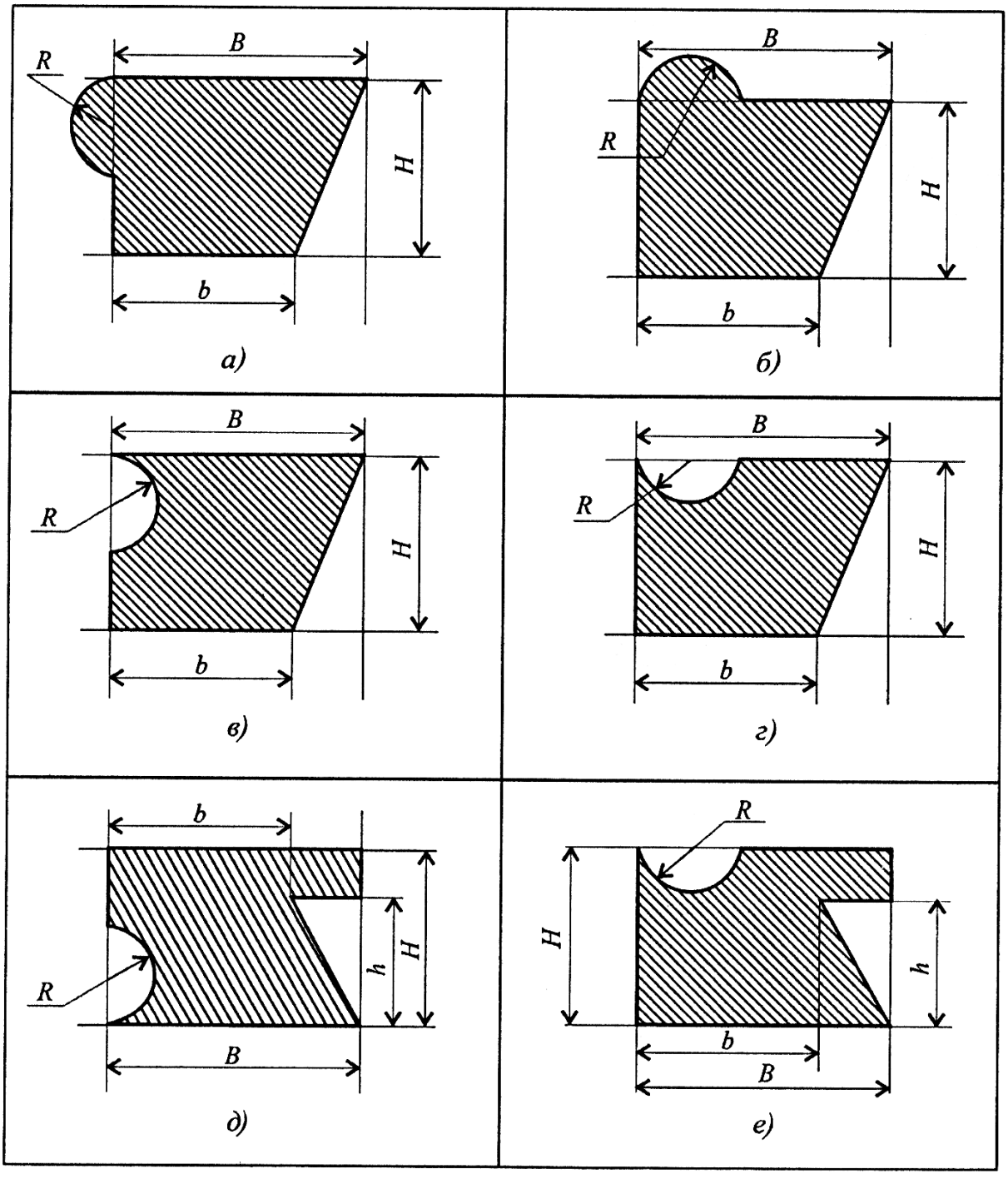
Координаты центров тяжести сложных и составных сечений:

$$x_C = \frac{\sum_0^n A_k x_k}{A}; \quad y_C = \frac{\sum_0^n A_k y_k}{A},$$

где A_k — площади частей сечения; x_k; y_k — координаты ЦТ частей сечения; A — суммарная площаль сечения, $A = \sum_0^n A_k$.

Расчетно-графическая работа

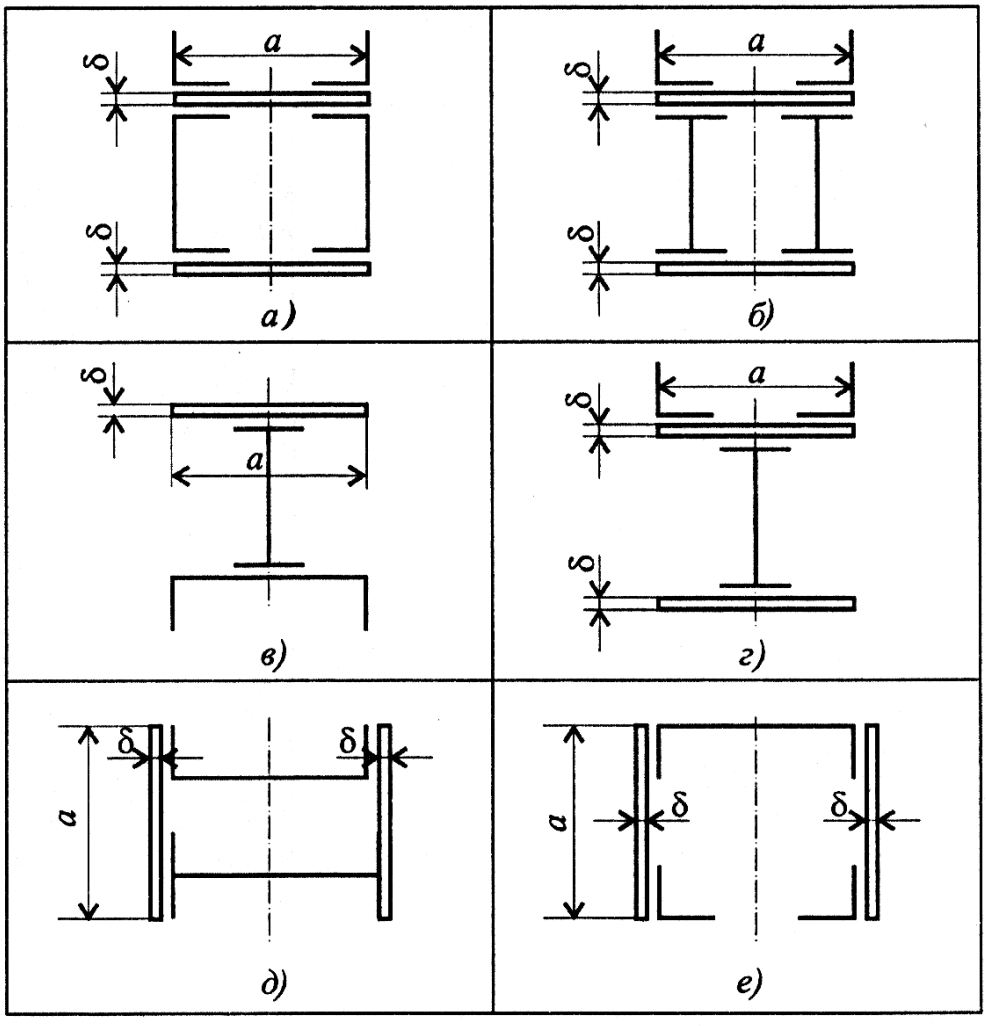
Задание 1. Определить координаты центра тяжести заданного сечения.



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B, мм	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
b, мм	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
H, мм	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
h, мм	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
R, мм	20	25	25	30	30	40	40	50	50	60

Задание 2. Определить координаты центра тяжести составного сечения. Сечения состоят из листов с поперечными размерами $a \times \delta$ и прокатных профилей по ГОСТ 8239–89, ГОСТ 8240–89 и ГОСТ 8509–86. Уголок выбирается наименьшей толщины.

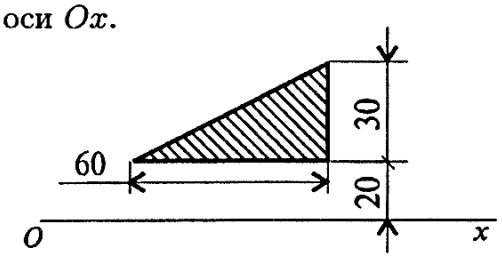
Размеры стандартных профилей в Приложении 1.



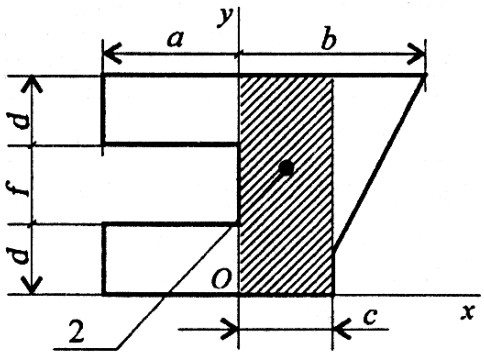
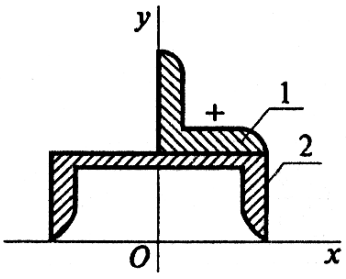
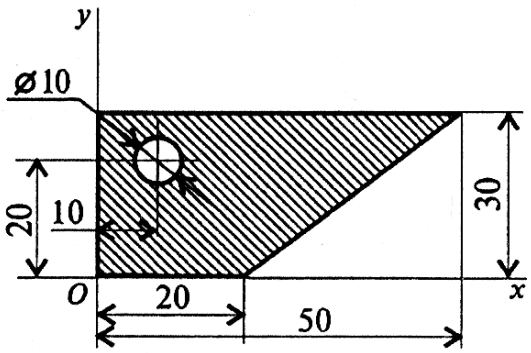
Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ швеллера	18	18а	20	20а	22	22а	24	24а	27	30
№ двутавра	18	18а	20	20а	22	22а	24	24а	27	30
№ уголка	8	8	9	9	10	10	11	11	12,5	14
a, мм	180	200	200	220	220	240	240	260	270	300
δ, мм	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6

При защите работ ответить на вопросы тестового задания.

Тема 1.6. Статика. Центр тяжести тела

Вопросы	Ответы	Код
1. Выбрать формулы для расчета координат центра тяжести тела, составленного из объемных частей.	$x_C = \frac{\sum G_k x_k}{\sum G_k}; y_C = \frac{\sum G_k y_k}{\sum G_k}$	1
	$x_C = \frac{\sum \ell_k x_k}{\sum \ell_k}; y_C = \frac{\sum \ell_k y_k}{\sum \ell_k}$	2
	$x_C = \frac{\sum A_k x_k}{\sum A_k}; y_C = \frac{\sum A_k y_k}{\sum A_k}$	3
	$x_C = \frac{\sum V_k x_k}{\sum V_k}; y_C = \frac{\sum V_k y_k}{\sum V_k}$	4
2. Вычислить статический момент данной плоской фигуры относительно оси Ox. 	$9 \cdot 10^3$ мм^3	1
	$27 \cdot 10^3$ мм^3	2
	$36 \cdot 10^3$ мм^3	3
	$42 \cdot 10^3$ мм^3	4

Продолжение

Вопросы	Ответы	Код
3. Определить координаты центра тяжести фигуры 2 относительно осей Ox и Oy; $a = 80$ мм; $b = 90$ мм; $c = 30$ мм; $d = f = 20$ мм. 	$x_C = 15$ мм, $y_C = 30$ мм	1
	$x_C = -40$ мм, $y_C = 35$ мм	2
	$x_C = 25$ мм, $y_C = 50$ мм	3
	$x_C = -25$ мм, $y_C = 30$ мм	4
4. Определить координату y_C центра тяжести фигуры 1 (уголок $70 \times 70 \times 5$) относительно оси Ox (фигура 2 — швеллер № 20). 	64 мм	1
	83 мм	2
	95 мм	3
	163,5 мм	4
5. Вычислить координату y_C центра тяжести составного сечения. 	19 мм	1
	21 мм	2
	17 мм	3
	25 мм	4

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19

2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Практическая работа № 5 (часть 1).

Тема: Определение параметров поступательного движения тела.

Цель работы: Научиться рассчитывать параметры поступательногодвижения тела.

Расчетные формулы для определения параметров поступательного движения тела

Все точки тела движутся одинаково.

Закон равномерного движения: $S = S_0 + vt$.

Закон равнопеременного движения: $S = S_0 + v_0 t + \frac{a_t t^2}{2}$.

Здесь S_0 — путь, пройденный до начала отсчета, м;

v_0 — начальная скорость движения, м/с;

a_t — постоянное касательное ускорение, м/с^2

Скорость: $v = S'$; $v = v_0 + a_t t$.

Ускорение: $a_t = v'$.

Закон неравномерного движения: $S = f(t^3)$.

Кинематические графики поступательного движения представлены на рис. П4.1.

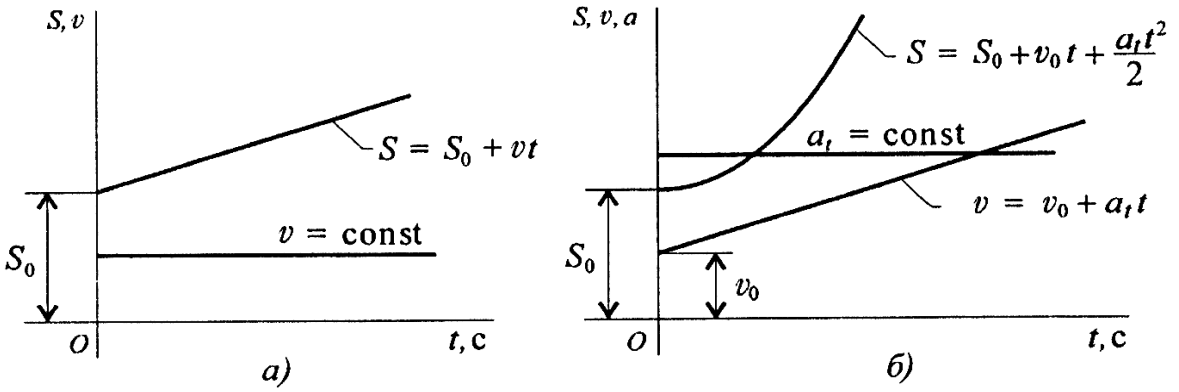


Рис. П4.1

Рекомендации для решения расчетно – графической работы

1. Подставив заданные коэффициенты в общее уравнение движения, определить вид движения.

2. Определить уравнение скорости и ускорения груза.

Задание 2. Движение груза A задано уравнением $y = at^2 + bt + c$, где $[y]$ = м, $[t]$ = с. Определить скорость и ускорение груза в моменты времени t_1 и t_2, а также скорость и ускорение точки B на ободе барабана лебедки (рис. П4.4).

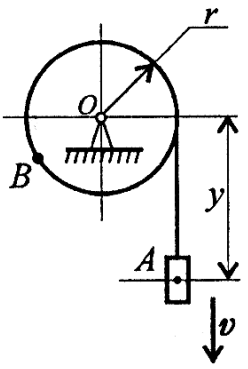


Рис. П4.4

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a, м/с^2	2	0	3	0	3	3	2	0	4	0
b, м/с	0	3	4	2	0	4	0	3	4	2
c, м	3	4	0	5	2	0	4	2	0	3
r, м	0,2	0,4	0,6	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,8	0,6
t_1, с	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
t_2, с	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4

Практическая работа № 5 (часть 2)

Тема: Определение параметров вращательного движения тела.

Цель работы: Научиться рассчитывать параметры вращательного движения тела.

Расчетные формулы для определения параметров вращательного движения

Точки тела движутся по окружностям вокруг неподвижной оси (оси вращения).

Закон равномерного вращательного движения: $\varphi = \varphi_0 + \omega t$.

Закон равнопеременного вращательного движения:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}.$$

Закон неравномерного вращательного движения: $\varphi = f(t^3)$.

Здесь φ — угол поворота тела за время t, рад;

ω — угловая скорость, рад/с;

φ_0 — угол поворота, на который развернулось тело до начала отсчета;

ω_0 — начальная угловая скорость;

ε — угловое ускорение, рад/с^2;

Угловая скорость: $\omega = \varphi'$; $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$;

Угловое ускорение: $\varepsilon = \omega'$.

Кинематические графики вращательного движения представлены на рис. П4.2.

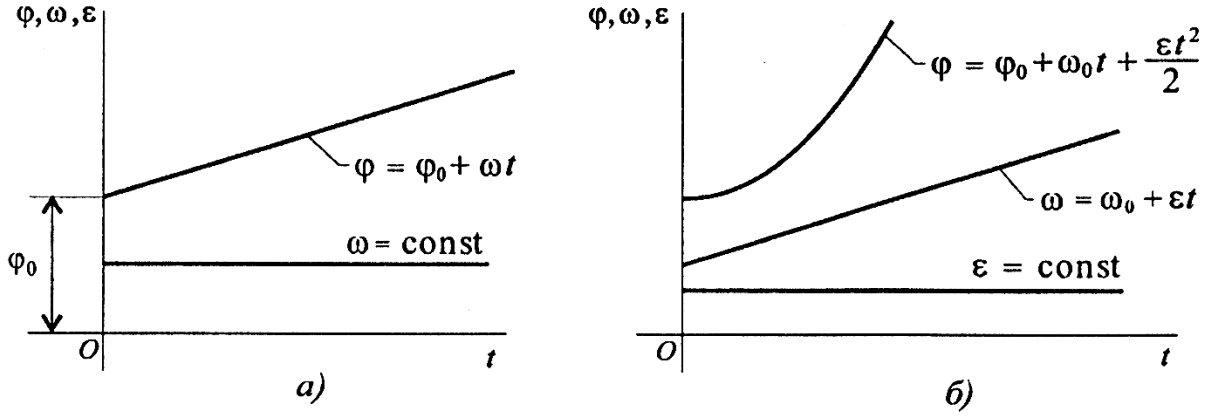


Рис. П4.2

Число оборотов вращения тела: $z = \varphi/(2\pi)$.

Угловая частота вращения: n, об/мин.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}.$$

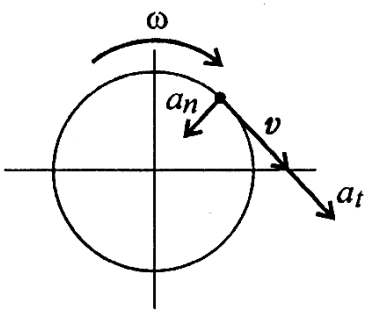


Рис П4.3

Параметры движения точки вращающегося тела (рис. П4.3):

v — линейная скорость точки A: $v = \omega r$, м/с;

a_t — касательное ускорение точки A: $a_t = \varepsilon r$, м/с^2;

a_n — нормальное ускорение точки A: $a_n = w^2 r$, м/с^2.

Рекомендации для решения задач расчетно-графической работы

Задание 1

1. Определить вид движения на каждом участке по приведенному кинематическому графику.

2. Записать законы движения шкива на каждом участке. Параметры движения в конце каждого участка являются начальными параметрами движения на каждом последующем.

3. Определить полный угол поворота шкива за время вращения. Использовать формулу для перехода от угловой частоты вращения к угловому ускорению.

4. Определить полное число оборотов шкива, используя формулу

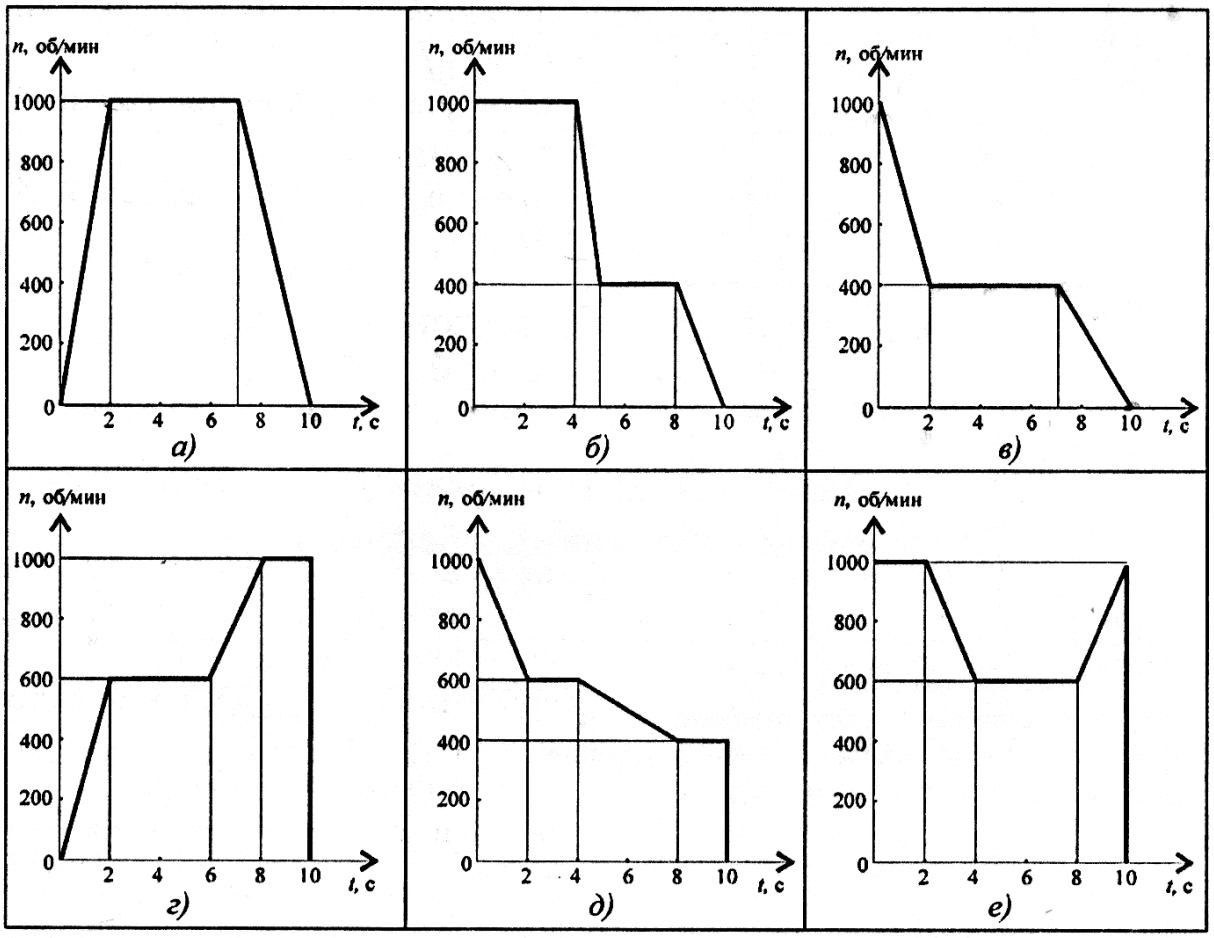
$$z = \frac{\varphi}{2\pi}.$$

5. Построить графики угловых перемещений и угловых ускорений.

6. Определить нормальное и касательное ускорения точки на ободе шкива в указанные моменты времени.

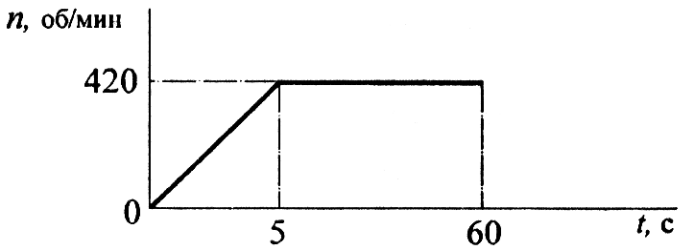
Расчетно-графическая работа

Задание 1. Частота вращения шкива диаметром d меняется согласно графику. Определить полное число оборотов шкива за время движения и среднюю угловую скорость за это же время. Построить график угловых перемещений и угловых ускорений шкива. Определить ускорения точек обода колеса в моменты времени t_1 и t_2.



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр шкива, м	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5	0,8	0,2	0,6	0,5	0,8
t_1, с	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
t_2, с	8	9	8	9	8	6	9	8	9	6

При защите работы ответить на вопросы тестового задания

Вопросы	Ответы	Код
1. По заданному закону вращения вала $\varphi = 0,25t^3 + 4t$ определить вид движения (φ — в радианах; t — в секундах).	Равномерное	1
	Равноускоренное	2
	Равнозамедленное	3
	Переменное	4
2. Закон вращательного движения колеса $\varphi = 4t - 0,25t^2$. Определить время до полной остановки.	6 с	1
	8 с	2
	10 с	3
	12 с	4
3. Определить число оборотов до полной остановки колеса. Движение описано в вопросе 2.	0	1
	1,25 оборотов	2
	2,55 оборотов	3
	3,65 оборотов	4
4. Колесо вращается с угловой скоростью 52 рад/с. Радиус колеса 45 мм. Определить полное ускорение точек на ободе колеса.	71,7 м/с^2	1
	101,6 м/с^2	2
	121,7 м/с^2	3
	173,7 м/с^2	4
5. Частота вращения вала меняется согласно графику. Определить полное число оборотов за время движения. 	2530 рад	1
	385,4	2
	402,9	3
	2420 рад	4

Литература.

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19

2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Практическая работа № 6
Тема: Определение потребной мощности электродвигателя.
Цель работы: Научиться рассчитывать мощность с учетом потерь на трение и сил инерции.

Расчетные формулы

Мощность при поступательном движении

$$P = Fv\cos\alpha,$$

где F — постоянная сила, Н; v — скорость движения, м/с; α — угол между направлениями силы и перемещения.

Мощность при вращении

$$P = M\omega,$$

где M — вращающий момент, Н·м; ω — угловая скорость, рад/с.

Коэффициент полезного действия

$$\text{КПД} = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{затр}}},$$

где $P_{\text{пол}}$ — полезная мощность, Вт; $P_{\text{затр}}$ — затраченная мощность, Вт.

Сила инерции

$$\boldsymbol{F}_{\text{ин}} = -m\boldsymbol{a},$$

где $\boldsymbol{a}$ — ускорение точки, м/с^2; m — масса, кг.

Основные уравнения динамики

Поступательное движение твердого тела: $\boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}$.

Вращательное движение твердого тела: $M_z = \mathcal{J}\varepsilon$,

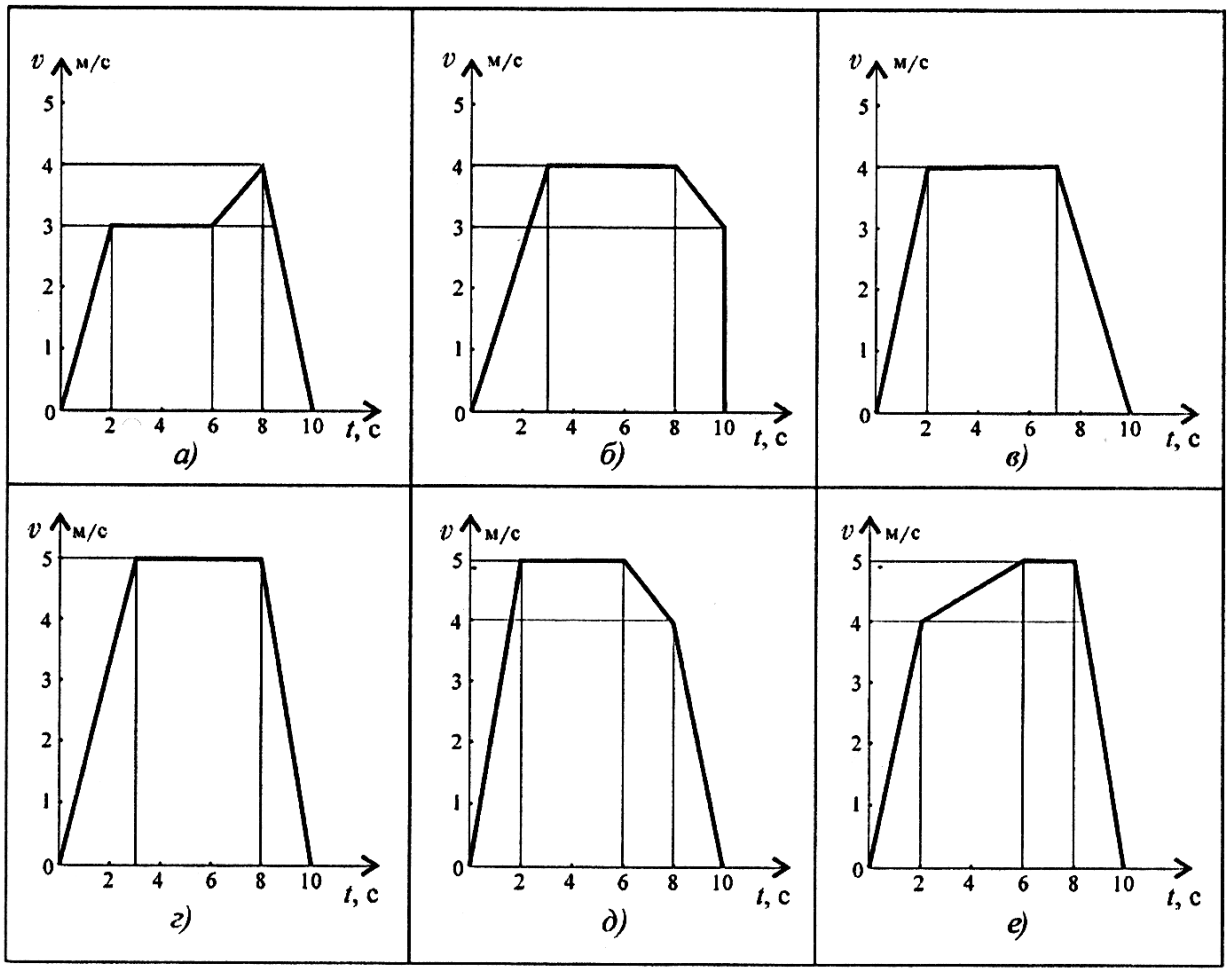
где M_z — суммарный момент внешних сил относительно оси вращения, Н·м; $\mathcal{J}$ — момент инерции относительно оси вращения, кг·м^2; ε — угловое ускорение, рад/с^2.

Р е к о м е н д а ц и и по выполнению задания.

1. Используя принцип Даламбера, определить натяжение каната кабины лифта на каждом участке движения (Лекция 14, пример 3).
2. Определить максимальное натяжение каната.
3. По максимальному натяжению каната определить максимальную потребную мощность для подъема груза.
4. По заданной величине КПД механизма определить максимальную мощность двигателя.

Расчетно-графическая работа

Задание 1. Скорость кабины лифта массой m изменяется согласно графикам. Определить величину натяжения каната, на котором подвешен лифт, при подъеме и опускании. По максимальной величине натяжения каната определить потребную мощность электродвигателя.



Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса m, кг	500	700	750	800	600	800	600	450	900	850
КПД механизма	0,8	0,75	0,8	0,75	0,8	0,75	0,8	0,75	0,8	0,75

При защите работы ответить на вопросы тестового задания.

Темы 1.14 и 1.15. Динамика. Работа и мощность. Общие теоремы динамики

Вопросы	Ответы	Код
1. Лебедкой поднимают груз массой 300 кг со скоростью 0,5 м/с. Мощность двигателя 2 кВт. Определить общий КПД механизма.	0,079	1
	0,935	2
	0,625	3
	0,736	4
2. Определить величину тормозной силы, если за 4 с его скорость упала с 12 м/с до 4 м/с. Сила тяжести — 104 Н.	5,2 Н	1
	15,9 Н	2
	10,6 Н	3
	21,2 Н	4
3. Чему равна работа сил, приложенных к прямолинейно движущемуся телу, если его скорость увеличилась с 15 м/с до 25 м/с. Масса тела 1000 кг.	11,25 кДж	1
	20 кДж	2
	75 кДж	3
	112,5 кДж	4
4. Сплошной однородный цилиндр массой m вращается относительно своей продольной оси. От чего зависит значение момента инерции цилиндра?	Только от r	1
	От m и r	2
	От l и m	3
	От l, m и r	4
5. Под действием вращающего момента $M = 200$ Н · м колесо вращается равноускоренно из состояния покоя и за 4 с его скорость достигла 320 об/мин. Определить момент инерции колеса.	23,8 кг · м^2	1
	48 кг · м^2	2
	96 кг · м^2	3
	108 кг · м^2	4

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19

2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Лабораторная работа №1

Тема: «Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона»
Цель работы. Экспериментальное определение модуля упругости**E**и коэффициента Пуассона **μ**и сравнение их с табличными значениями.
Оборудование: Стенд универсальный лабораторный по сопротивлению материалов СМ – 2: 1 – опорные стойки, 2 – корпус, 3 – ползун, 4 – штурвал, 5 – корпус, 6 – штифты,
7 – вилки, 8 – стержень, 9 – индикатор деформации прорезной пружины,
10 – тензорезисторы, 11 – разъем для подключения измерителя деформации (рис. 2), микрокалькуляторы.

Теоретические положения.

Модуль упругости (**E**) характеризует жесткость материала, т.е. способность сопротивляться деформации, определяется отношением нормального напряжения **σ**к соответствующему относительному удлинению **ε** при растяжении прямого стержня и выражается формулой:

$$E=\sigma_x/\varepsilon_x \quad (1) \qquad \text{или} E=F/(A*\varepsilon_x)= (k1*n) / (A*\varepsilon_x) \quad (2)$$

Где **F** – усилие, растягивающее стержень, Н
εx - продольная деформация,
A – площадь поперечного сечения стержня, мм^2,
σx - нормальное напряжение, Н/мм^2,
k1 – коэффициент пропорциональности показаний индикатора, отражающий фактическую жесткость пружины, **k1=4,95** Н/мкм,
n– показание индикатора деформации прорезной пружины, мкм.
Коэффициентом Пуассона называется абсолютное значение отношения поперечной деформации к продольной при одноосном напряженном состоянии:

$$\mu = | \varepsilon_z / \varepsilon_x | \quad (3)$$

где: **εz**- поперечная деформация, **εx** - продольная деформация

Порядок выполнения работы.

1) Соберите наладку согласно рис.2 и произведите предварительное нагружение стержня для устранения зазоров в шарнирах нагрузкой 0,5 кН. Снимите показания с табло **И**змерителя **Д**еформации для каждого тензорезистора и занесите их в таблицу:

F, кН	1 тензорезистор	2 тензорезистор	3 тензорезистор	4 тензорезистор

	x	z	z	x
0,5	**X11=**	**Z21=**	**Z31=**	**X41=**
1,5	**X12=**	**Z22=**	**Z32=**	**X42=**
2,5	**X13=**	**Z23=**	**Z33=**	**X43=**
3,5	**X14=**	**Z24=**	**Z34=**	**X44=**

2) Нагружайте образец последовательно силой 1,5 кН, 2,5 кН , 3,5 кН, контролируя значение силы по показаниям индикатора деформации прорезной пружины на стойке. На каждом уровне силы снимайте показания **ИД** для каждого тензорезистора.

3) Подсчитайте среднюю разность показаний табло **ИД** (**Δnx, Δnz**) для ступени нагрузки ΔF= 1 кН. По формулам:

$$\Delta nx1 = ((X12 - X11) + (X13 - X12) + (X14 - X13)) / 3$$
$$\Delta nx2 = ((X42 - X41) + (X43 - X42) + (X44 - X43)) / 3$$

$$\Delta nx = (\Delta nx1 + \Delta nx2) / 2$$

$$\Delta nz1 = ((Z22 - Z21) + (Z23 - Z22) + (Z24 - Z23)) / 3$$
$$\Delta nz2 = ((Z32 - Z31) + (Z33 - Z32) + (Z34 - Z33)) / 3$$

$$\Delta nz = (\Delta nz1 + \Delta nz2) / 2$$

4) Определите приращение продольной и поперечной деформации **Δεx** , **Δεz** соответствующие приращению силы F=1кН по формулам:

$$\Delta\varepsilon x = Kgx * nx, \qquad \Delta\varepsilon z = Kgz * nz, \qquad (4)$$

где **Kg**- цена единицы дискретности ИД (Kgx = 0,00042 мм, Kgz = 0,0000731 мм)

5) Вычислите продольную и поперечную деформацию по формулам:

$$\varepsilon x = \Delta\varepsilon x / \ell, \qquad \varepsilon z = \Delta\varepsilon z / a, \qquad (5)$$

где ℓ = 150 мм – длина рабочей части стержня;
a = 30 мм – ширина стержня (поперечный размер).

6) Вычислите модуль упругости по формуле (2). (F=3,5 кН, A=75мм² - площадь поперечного сечения стержня)

7) Вычислите коэффициент Пуассона по формуле (3).

8) Сравните результаты с табличными данными. Сделайте вывод о результатах эксперимента.

Примечание 1. Результаты вычислений должны быть в пределах :
для материала сталь 45: **E**=(1,9…2,1) * 10^5 МПа, **μ** =0,25 … 0,3

Контрольные вопросы:

1.Что характеризует коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона)?
2.Сформулируйте закон Гука при растяжении и сжатии?
3.Что характеризует модуль упругости материала? Какова единица измерения модуля упругости?
4.Запишите формулы для определения абсолютного и относительного удлинений бруса?
5.Что характеризует произведение A*E?
6.Как определяется абсолютное удлинение ступенчатого бруса, нагруженного несколькими силами?

Литература.

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19
2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Лабораторная работа №2

Тема: «Проведение испытаний образца на срез»
Цель работы. Экспериментальное определение максимальной силы, достигнутой в момент среза стержня. Определение касательного напряжения.
Оборудование: Стенд универсальный лабораторный по сопротивлению материалов СМ – 2: 1 – опорная стойка, 2 – корпус, 3 – корпус, 4 – образец для испытаний, 5 – высокотвердые втулки, 6 – вилки, 7 – ползун, 8 – ось прорезной пружины, 9 – штифт, 10 – штурвал, 11 – индикатор деформации прорезной пружины (рис. 3), микрокалькуляторы.

Теоретические положения.

Срезом называется разрушение материала стержня под действием сил, перпендикулярных продольной оси стержня (поперечных сил). При этом в сечении среза стержня возникают касательные напряжения, величина которых определяется по формуле:

$$\tau ср.= \mathbf{F /S} (1)$$

$$\mathbf{F = k1 * n} (2)$$

где τср.- касательное напряжение при срезе.
F – поперечная сила, действующая на стержень.
S – площадь сечения, воспринимающая эту силу.
k1 – жесткость пружины (k1= 4950 Н/мм).

Порядок выполнения работы.

1) Соберите наладку согласно рис. 3.

Для выполнения работы используйте цилиндрический стержень (образец) для испытаний на срез (поз. 4 рис. 2).

2) Нагружайте стержень поперечной силой постепенно до тех пор, пока не произойдет срез стержня.

3) Зафиксируйте показания индикатора деформации прорезной пружины в момент среза –**n.**

4) Определите силу среза по формуле (2).

5) Определите касательное напряжение по формуле (1), где

$$S = (\pi d^2/4)*i$$; (**i** – количество площадей среза).

Контрольные вопросы:

1.Какие внутренние силовые факторы возникают при сдвиге и смятии?
2.Сформулируйте закон парности касательных напряжений.
3.Как обозначается деформация при сдвиге?
4.Запишите закон Гука при сдвиге.
5.Запишите условие прочности при сдвиге и смятии?
6.Чем отличается расчет на прочность при сдвиге односрезной заклепки от двухсрезной?
7.Запишите формулу для расчета на прочность сварного соединения?

Литература.

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19
2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Лабораторная работа №3

Тема: «Экспериментальное определение модуля сдвига»
Цель работы– экспериментальное определение модуля сдвига (модуля упругости второго рода) при чистом сдвиге.
Оборудование: Стенд универсальный лабораторный по сопротивлению материалов СМ – 2: 1,2 – опорные стойки, 3 – корпус, 4 – ступенчатый вал, 5 – болт, 6 – рукоятка, 7 – кронштейны, 8 – индикаторная головка, 9 – рычаг, 10 – подшипник, 11 – упор, 12 – винт, 13 – подвеска, 14 – гири (рис. 6).

Теоретические сведения.

В пределах упругих деформаций угол закручивания **φ** связан с крутящим моментом **Мк** следующий зависимостью:

$$\varphi = (M_к * \ell)/ (G * J_p) \qquad (1)$$

где ℓ – длина стержня, J_p- полярный момент инерции, G – модуль упругости второго рода (модуль сдвига).
Отсюда

$$G = (M_к * \ell)/ (\varphi * J_p) \qquad (2)$$

На практике модуль сдвига определяют по приращению взаимного угла поворота $\Delta\varphi$ на участке стержня длиной ℓ, от приращения момента кручения, которое равно:

$$\Delta M_к = \Delta F * a \qquad (3)$$

Здесь ΔF - ступень увеличения силы нагрузки, a – длина плеча рычага (a =300 мм).
Таким образом

$$G = (\Delta F * a * \ell)/ (\Delta\varphi * J_p) \qquad (4)$$

Порядок выполнения работы.

1) Соберите наладку согласно рис.6.
2) Нагружайте подвес на рычаге последовательно гирям 1,2,3,4 кг.
3) Снимайте на каждом уровне показания индикатора угломера. Данные занесите в таблицу:

№ п/п	Вес гири, кг.	Показания индикатора, мм.
1.	1	n1 =
2.	2	n2 =
3.	3	n3 =
4.	4	n4 =

4) Подсчитайте среднюю разность показаний индикатора угломера, соответствующее приращению силы ΔF= 10 Н по формуле:

$$\Delta\varphi = \Delta n / h \qquad (5)$$

$$\Delta n = ((n2 - n1) + (n3 - n2) + (n4 - n3))/ 3$$

где Δn - средняя разность показаний индикатора угломера, соответствующая приращению силы ΔF = 10 Н,
h– длина вылета кронштейна индикаторной головки (100 мм).
5) Вычислите по формуле (4) модуль сдвига G и сравните с табличными данными.
Для расчета используйте следующие данные: a =300 мм, ℓ = 100 мм.
Для проведения работы используйте стержень малого диаметра, кольцевого сечения, выполненный из стали. Для которого: $d_н$=20 мм, $d_в$=16 мм.

$$J_p = \pi/32 * (d_н^4 - d_в^4)$$

Примечание. Модуль сдвига **G**, полученный в результате эксперимента, должен быть в пределах **G** = (0,78…0,82)*10^5 МПа.

Контрольные вопросы:

1. Как называется напряженное состояние, возникающее при кручении круглого бруса?
2. Чему равен модуль упругости материала при кручении для стали?
3. Какая связь между углом сдвига и углом закручивания?
4. Как распределяется касательное напряжение при кручении? Чему равно напряжение в центре круглого поперечного сечения?
5. Запишите формулу для расчета напряжения в любой точке поперечного сечения.
6. Запишите формулу для расчета полярного момента инерции для круга.
7. В чем заключается расчет на прочность при кручении?
8. В чем заключается расчет на жесткость при кручении?

Литература:

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19
2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Лабораторная работа №4

Тема: «Проверка закона распределения нормальных напряжений в поперечном сечении прямого бруса при прямом изгибе»

Цель работы. Проверка закона Гука при изгибе; проверка линейного закона распределения нормальных напряжений в поперечном сечении балки при прямом изгибе.

Оборудование: Стенд универсальный лабораторный по сопротивлению материалов СМ – 2: 1 – винтовое нагружающее устройство, 2 – двутавровая балка, 3 – опоры, 4 – элемент упругий, 5 – индикатор деформации, 6 – штурвал, 7 – тензорезисторы, 8 – разъем для подключения измерителя деформации (рис. 4). Микрокалькуляторы.

Теоретические положения.

Для проведения испытаний используют балку, у которой поперечное сечение имеет форму двутавра. Если начало координат поместить в центре тяжести сечения, то оси OX и OУ, как оси симметрии, будут главными центральными осями. Продольная ось балки – OZ. При действии на балку сил, перпендикулярных оси OZи

лежащих в плоскости YOZ, которую принято называть главной плоскостью, балка будет изгибаться в этой плоскости. Такой изгиб называют плоским изгибом. Если в поперечном сечении балки возникает только изгибающий момент Mx (поперечная сила Qy = 0) – средний участок балки, то такой изгиб называют поперечным (крайние участки балки – рис. 4).

При чистом изгибе в поперечном сечении балки возникают только нормальные напряжения **σz**. В любой точке поперечного сечения они могут быть определены по формуле:

$$\sigma z = (Mx/Jx)*y \quad (1)$$

$$Mx = (F*a)/2=(k2*n*a)/2 \quad (1a)$$

где **Mx** – изгибающий момент в рассматриваемом сечении,
Jx – момент инерции поперечного сечения относительно нейтральной оси OX,
y – расстояние от нейтральной оси до точки сечения, в которой вычисляют напряжение.
k2 – коэффициент пропорциональности показаний индикатора, отражающий действительную жесткость упругого элемента, **k2**= 2,849 Н/мкм,
n – показание индикатора деформации упругого элемента, мкм.
a= 200 мм. – расстояние от опоры балки до опоры упругого элемента,

При выводе формулы (1) приняты гипотезы:

а) плоских сечений

б) о не надавливании продольных волокон (**σy** = 0).

Предполагается, что материал балки при изгибе следует закону Гука.

Из формулы (1) видно, что нормальные напряжения по высоте сечения балки изменяются по линейному закону.

Для экспериментальной проверки линейного закона изменения нормальных напряжений по высоте балки в зоне чистого изгиба в пяти точках сечения наклеены пять тензорезисторов (рис. 4), с помощью которых определяют деформации **εz** на разных расстояниях от оси **Z**, а затем находят нормальные напряжения:

$$\sigma z = E*\varepsilon z \quad (2)$$

Где**E= 71 ГПа** – модуль упругости материала балки,
εz - относительная продольная деформация рассматриваемого волокна.

Порядок выполнения работы.

1) Соберите наладку согласно рис. 4.

2)Нагрузите балку предварительной силой F= 0,5 кН.

3)Снимите показания всех тензорезисторов, наклеенных в зоне чистого изгиба и занесите их в таблицу №1. Значение силы контролируйте по индикатору деформации (ИД) упругого элемента.

4) Нагружайте балку последовательно силой 1,5 кН и 2,5 кН. На каждой ступени нагружения снимайте показания ИД и заносите их в таблицу №1.

Таблица №1.

F, кН	1 тензорезистор	2 тензорезистор	3 тензорезистор	4 тензорезистор	5тензорезистор
	z	z	z	z	z
0,5	Z 11=	Z21=	Z31=	Z 41=	Z51=
1,5	Z 12=	Z22=	Z32=	Z 42=	Z52=
2,5	Z 13=	Z23=	Z33=	Z 43=	Z53=

5) Снимите нагрузку.

6) Определите среднюю разность показаний ИД **Δni**для каждого тензорезистора для ступени нагрузки ΔF= 1 кН по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta n1 &= ((Z12 - Z11) + (Z13 - Z12)) / 2 \\ \Delta n2 &= ((Z22 - Z21) + (Z23 - Z22)) / 2 \\ \Delta n3 &= ((Z32 - Z31) + (Z33 - Z32)) / 2 \\ \Delta n4 &= ((Z42 - Z41) + (Z43 - Z42)) / 2 \\ \Delta n5 &= ((Z52 - Z51) + (Z53 - Z52)) / 2 \end{aligned} \quad (3)$$

7) Определите относительную деформацию для каждого тензорезистора по формуле:

$$\varepsilon zi = Kg * \Delta ni \quad (4)$$

где **Kg = 0,011 мм.**– цена единицы дискретности ИД.

8) Вычислите нормальное напряжение для точек чистого изгиба по формуле (2).

9) Вычислите максимальные теоретические значения растягивающего и сжимающего напряжений в зоне чистого изгиба:

$$\sigma max = \pm Mx / Wx \quad (5)$$

где **Wx=2776 мм³** - осевой момент сопротивления.

10) Постройте эпюру теоретических напряжений в сечении зоны чистого изгиба. Отметьте на ней точками значения экспериментальных напряжений в точке наклейки тензорезисторов.

11) Сравните теоретические и экспериментальные значения напряжений и сделайте заключение о справедливости закона распределения нормальных напряжений по поперечному сечению изгибаемого стержня.

Контрольные вопросы:

1.Какую плоскость называют силовой?
2.Какой изгиб называют прямым? Что такое косой изгиб?
3.Какие силовые факторы возникают в сечении балки при чистом изгибе?
4.По какому правилу определяется числовое значение и знак изгибающего момента?
5.Какие напряжения возникают при изгибе?
6.Какой формулой определяется напряжение при изгибе в любой точке поперечного сечения?

7.Напишите формулы для определения момента инерции и момента сопротивления для прямоугольника, для стандартных сечений?

Литература.

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19
2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:
1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Лабораторная работа №5

Тема: «Исследование влияния режимов работы привода на КПД цилиндрического редуктора»

Цель работы: Экспериментально исследовать закономерность изменения коэффициента полезного действия (КПД) редуктора при разных режимах работы привода.

Оборудование: Лабораторная установка «Исследование передач в замкнутом контуре»:
1 – электродвигатель; 2, 4, 6, 8, 10 – торсионные валы; 3 – червячный редуктор;
5 – конический редуктор; 7 – цилиндрический двухступенчатый соосный редуктор;
9 – ременная передача; 11 – нагружающее устройство; 12 – плита (рис. 1).

В результате выполнения работы студент
должен знать:
- основные составляющие потерь мощности в редукторе, их зависимость от передаваемой нагрузки и частот вращения валов;
- устройства лабораторной установки и методику проведения исследований;
должен уметь:
- экспериментально определять и теоретически рассчитывать вращающие моменты на валах редуктора и по ним определять КПД на различных режимах нагружения;
- обоснованно выбирать режимы эксплуатации редуктора, обеспечивающие минимальные потери, как в приводе, так и в редукторе.

Теоретические положения.

Анализ потерь мощности в редукторе.

1. Коэффициент полезного действия (КПД) редуктора есть отношение полезной мощности к затраченной:

$$\eta = P2/P1 = (T2*\acute{\omega}2)/(T1*\acute{\omega}1) = (T2*n2)/(T1*n1) = T2/(T1*i),$$

где **P1, P2** – мощности на ведущем (затраченная) и на ведомом (полезная) валах редуктора, Вт;

T1, T2 - вращающие моменты на ведущем и ведомом валах редуктора, Н * м;
ώ1, ώ2 – угловые скорости вращения ведущего и ведомого валов редуктора, рад/с;
n1, n2 – частоты вращения ведущего и ведомого валов редуктора, об/мин
i – передаточное отношение исследуемого редуктора.

2. В свою очередь мощность потерь в редукторе, Вт:

$$P_\psi = P1 - P2 = P1*(1 - \eta) = P1*\psi,$$

где **ψ** – коэффициент относительных потерь в редукторе,

$$\psi = 1 - \eta = \psi_з + \psi_п + \psi_{пм} + \psi_в;$$

ψз - коэффициент относительных потерь в зацеплении;
ψп - коэффициент относительных потерь в подшипниках;
ψпм - коэффициент относительных потерь на перемешивание масла;
ψв - коэффициент относительных потерь на привод вентилятора у редукторов с искусственным воздушным охлаждением.

Потери в зацеплении являются следствием чрезвычайно сложного для исследования процесса взаимодействия контактирующих поверхностей зубьев. В общем случае силы трения между зубьями зависят от шероховатости их рабочих поверхностей, режима и вида смазки, соотношения скоростей качения и скольжения в контакте и величины передаваемой полезной нагрузки.

Для зубчатых передач, нарезанных без модификации зацепления, величину коэффициента потерь в зацеплении можно приближенно определить с использованием зависимости

$$\Psi_з = 2{,}3 * f * (1/z1 \pm 1/z2),$$

где ***f*** – коэффициент трения скольжения в контакте сопряженных зубьев;
z1,z2 – числа зубьев шестерни и колеса.
В формуле знак «+» - для внешнего зацепления, знак «-» - для внутреннего зацепления.

Формула показывает, что потери сильно увеличивается с уменьшением чисел зубьев, особенно числа зубьев шестерни.

В режиме полужидкостной смазки силы трения увеличиваются при уменьшении вязкости масла и скорости в зацеплении. При высоких скоростях за счет повышения несущей способности масляного клина между зубьями вступают в силу зависимости, характерные для гидродинамического режима смазки.

Потери на трение в зацеплении обычно принимают пропорциональными полезной нагрузке и относят к так называемым нагрузочным потерям.

Валы современных редукторов обычно устанавливают на подшипниках качения, для которых характерны малые *потери на трение:*

$$\psi_п = 0{,}005 \ldots 0{,}010.$$

Потери на перемешивание масла растут с увеличением окружной скорости, вязкости масла, ширины зубчатых колес и глубины их погружения в масляную ванну.

Коэффициент относительных потерь на привод вентилятора **ψв** существенно зависит от частоты вращения валов.

Раздельное измерение составляющих потерь мощности связано с большими трудностями. Поэтому обычно опытным путем определяют суммарные потери мощности, которые характеризуют общий КПД редуктора.

Средние значения КПД зубчатых передач на подшипниках качения при номинальной нагрузке и жидкой смазке находятся в пределах **η** = 0,97…0,98, для открытых передач с пластичной смазкой **η** = 0,95… 0,96.

При передаче неполной мощности КПД значительно ниже вследствие влияния постоянных потерь, т.е. потерь, не зависящих от передаваемой мощности.

Порядок выполнения работы.

Последовательность выполнения лабораторной работы в диалоговом режиме с элементами автоматизированной системы научных исследований (АСНИ)

Лабораторную работу выполняют с применением компьютера в диалоговом режиме. Каждый этап работы оформлен на дисплее в виде экранной заставки. Переход к очередному этапу работы возможен только после выполнения рекомендаций и требований, приведенных на заставке. Необходимый пункт в пределах одной заставки выбирают установкой полосы, выделенной другим цветом, на нужную строку с помощью клавиш перемещения курсора – *стрелка вниз*, *стрелка вверх*, клавиши – *ввод*. Для получения более полной и подробной информации при выполнении этапа следует нажать функциональную клавишу F1– *помощь*.

По окончании экспериментальной части работы на дисплей выводятся результаты эксперимента – графики. Первый график - «Зависимости КПД редуктора от нагрузки на ведомом валу» отображает зависимость КПД редуктора от момента на ведомом валу (желтая кривая) и зависимость частоты вращения ведущего вала от момента на ведомом валу (зеленая кривая). Второй график - «Зависимости мощностей от момента на ведомом валу» отображает зависимость мощности на ведущем валу от момента на ведомом валу (желтая кривая) и зависимость мощности на ведомом валу от момента на ведомом валу (зеленая кривая).

Отчет по лабораторной работедолжен содержать:

Кинематическую схему «Лабораторной установки», описание узлов «Лабораторной установки», краткие теоретические сведения о потерях мощности в редукторе, а также графики «Зависимости КПД редуктора от нагрузки на ведомом валу» и «Зависимости мощностей от момента на ведомом валу».

Контрольные вопросы:

1. Приведите формулы, по которым можно определить КПД редуктора.
2. Назовите основные причины потери мощности в редукторе.
3. Как изменяется КПД редуктора с увеличением числа его ступеней?
4. Как будет изменяться КПД редуктора при уменьшении нагрузки **T2**?
5. Чему равно значение КПД редуктора при нагрузки **T2** = 0? Почему?

Литература.

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324

с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19
2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:
1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Лабораторная работа №6

Тема: «Исследование влияния режимов работы привода на КПД червячного редуктора».

Цель работы: Экспериментально исследовать закономерность изменения коэффициента полезного действия (КПД) редуктора при разных режимах работы привода.

Оборудование: Лабораторная установка «Исследование передач в замкнутом контуре»:
1 – электродвигатель; 2, 4, 6, 8, 10 – торсионные валы; 3 – червячный редуктор; 5 – конический редуктор; 7 – цилиндрический двухступенчатый соосный редуктор; 9 – ременная передача; 11 – нагружающее устройство; 12 – плита (рис. 1).

В результате выполнения работы студент
должен знать:
- основные составляющие потерь мощности в редукторе, их зависимость от передаваемой нагрузки и частот вращения валов
- устройство лабораторной установки и методику проведения исследований;

должен уметь:
- экспериментально определять и теоретически рассчитывать вращающие моменты на валах редуктора и по ним определять КПД на различных режимах нагружения;
- обоснованно выбирать режимы эксплуатации редуктора, обеспечивающие минимальные потери, как в приводе, так и в редукторе.

Теоретические положения.

Анализ потерь мощности в редукторе.

1.Коэффициент полезного действия (КПД) редуктора есть отношение полезной мощности к затраченной:

$$\eta = P2/P1 = (T2*\acute{\omega}2)/(T1*\acute{\omega}1) = (T2*n2)/(T1*n1) = T2/(T1*i),$$

где **P1, P2** – мощности на ведущем (затраченная) и на ведомом (полезная) валах редуктора, Вт;
T1, T2 - вращающие моменты на ведущем и ведомом валах редуктора, Н * м;
ώ1, ώ2 – угловые скорости вращения ведущего и ведомого валов редуктора, рад/с;
n1, n2 – частоты вращения ведущего и ведомого валов редуктора, об/мин
i – передаточное отношение исследуемого редуктора.

2. В свою очередь мощность потерь в редукторе, Вт:

$$P\psi = P1 - P2 = P1*(1 - \eta) = P1*\psi,$$

Где **ψ** – коэффициент относительных потерь в редукторе,

$$\psi = 1 - \eta = \psi з + \psi п + \psi пм + \psi в;$$

ψз - коэффициент относительных потерь в зацеплении;
ψп - коэффициент относительных потерь в подшипниках;
ψпм - коэффициент относительных потерь на перемешивание масла;
ψв - коэффициент относительных потерь на привод вентилятора у редукторов с искусственным воздушным охлаждением.

Потери в зацеплении являются следствием чрезвычайно сложного для исследования процесса взаимодействия контактирующих поверхностей зубьев. В общем случае силы трения между зубьями зависят от шероховатости их рабочих поверхностей, режима и вида смазки, соотношения скоростей качения и скольжения в контакте и величины передаваемой полезной нагрузки

В червячной передаче потери в зацеплении составляют основную часть потерь мощности в связи с наличием относительного скольжения витков червяка по зубьям червячного колеса.

В режиме полужидкостной смазки силы трения увеличиваются при уменьшении вязкости масла и скорости зацеплении. При высоких скоростях за счет повышения несущей способности масляного клина между зубьями вступают в силу зависимости, характерные для гидродинамического режима смазки.

Потери на трение в зацеплении обычно принимают пропорциональными полезной нагрузке и относят к так называемым нагрузочным потерям.

Валы современных редукторов обычно устанавливают на подшипниках качения, для которых характерны малые потери на трение:

$$\psi п = 0{,}005 \ldots 0{,}010.$$

Потери на перемешивание масла растут с увеличением окружной скорости, вязкости масла, ширины зубчатых колес и глубины их погружения в масляную ванну.

Коэффициент относительных потерь на привод вентилятора**ψв** существенно зависит от частоты вращения валов.

Раздельное измерение составляющих потерь мощности связано с большими трудностями. Поэтому обычно опытным путем определяют суммарные потери мощности, которые характеризуют общий КПД редуктора.

Средние значения КПД червячных передач с жидкой смазкой при разных числах заходов червяка представлены в табл. 1.

Таблица 1.

КПД червячных передач с жидкой смазкой.

Z1	1	2	4
i	32….63	16…..32	8….16
η	0,65….0,80	0,75….0,85	0,80….0,90

При передаче неполной мощности КПД значительно ниже вследствие влияния постоянных потерь, т.е. потерь, не зависящих от передаваемой мощности.

Порядок выполнения работы.

Последовательность выполнения лабораторной работы в диалоговом режиме с элементами автоматизированной системы научных исследований (АСНИ)

Лабораторную работу выполняют с применением компьютера в диалоговом режиме. Каждый этап работы оформлен на дисплее в виде экранной заставки. Переход к очередному этапу работы возможен только после выполнения рекомендаций и требований, приведенных на заставке. Необходимый пункт в пределах одной заставки выбирают установкой полосы, выделенной другим цветом, на нужную строку с помощью клавиш перемещения курсора – *стрелка вниз*, *стрелка вверх*, клавиши – *ввод*. Для получения более полной и подробной информации при выполнении этапа следует нажать функциональную клавишу F1– *помощь*.

По окончании экспериментальной части работы на дисплей выводятся результаты эксперимента – графики. Первый график - «Зависимости КПД редуктора от нагрузки на ведомом валу» отображает зависимость КПД редуктора от момента на ведомом валу (желтая кривая) и зависимость частоты вращения ведущего вала от момента на ведомом валу (зеленая кривая). Второй график - «Зависимости мощностей от момента на ведомом валу» отображает зависимость мощности на ведущем валу от момента на ведомом валу (желтая кривая) и зависимость мощности на ведомом валу от момента на ведомом валу (зеленая кривая).

Отчет по лабораторной работедолжен содержать:

Кинематическую схему «Лабораторной установки», описание узлов «Лабораторной установки», краткие теоретические сведения о потерях мощности в редукторе, а также графики «Зависимости КПД редуктора от нагрузки на ведомом валу» и «Зависимости мощностей от момента на ведомом валу».

Контрольные вопросы:

1. Назовите область применения червячных передач.
2. Какие различают виды червяков?
3. Укажите основные геометрические параметры червячной передачи?
4. Каковы достоинства и недостатки червячных передач?
5. Каковы материалы и виды термообработки для деталей червячных передач?
6. Из каких соображений выбирают число витков червяка?
7. Из каких соображений ограничивают число зубьев червячного колеса? Каково минимальное число зубьев колеса?
8. Какие силы действуют на червяк и червячное колесо, как они направлены в как вычисляют их значения?
9. Каковы основные виды разрушений червячной передачи?
10. Как вычисляют КПД червячной передачи? Назовите основные факторы, влияющие на КПД.
11. Что вызывает нагрев червячной передачи?
12. Почему КПД червячной передачи меньше, чем у зубчатой? Способы его повышения?

Литература.

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324

с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19
2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено 80% работы и более;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено менее 80% работы.

Тестовые задания

При проведении тестирования используется сборник тестовых заданий «Техническая механика», предназначенный дляконтроля знаний по разделам «Теоретическая механика» и «Сопротивление материалов».

По основным темам дисциплин предлагается по пять вариантов заданий, оформленных ввиде таблиц. Каждый вариант содержит пять вопросов (как теоретических, так и расчетных), расположенныхпо мере возрастания сложности задания, и каждому вопросу соответствуют четыреответа, один из которых-правильный. Списки правильных ответов приведеныв конце сборникав виде таблиц.

Поскольку при изучении курса технической механики наибольшую трудность представляетрешение задач, большинство заданий сформулировано именно в виде задач, причем наиболеесложные из них разделены на несколько логических этапов, не требующих для решения сложныхрасчетов. Такой подход к подаче материала позволяет привить учащимся навыки самостоятельногоанализа задач и активизирует мышление.Форма вопросов дает возможность применять тестовые задания не только для контроля знанийв аудитории, но будет полезна и для самостоятельной подготовки, а также рекомендуетсястудентам-заочникам.

Ориентировочное время, необходимое для выполнения заданий по одному варианту -30-35 минут. В основу оценки результатов работы, исходя из пятибалльной системы, лежатследующие принципы:

• за ответ на вопрос, не требующий расчетов ..... 0,5 баллов;

• за выполнение задания, требующего одной математической операции .... 1 балл;

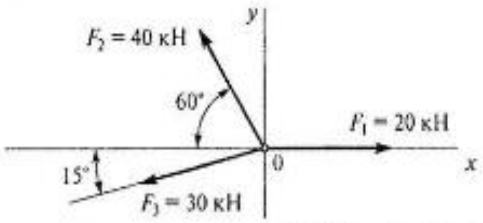
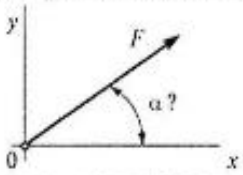
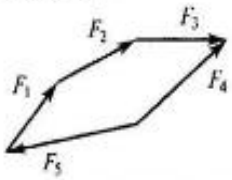
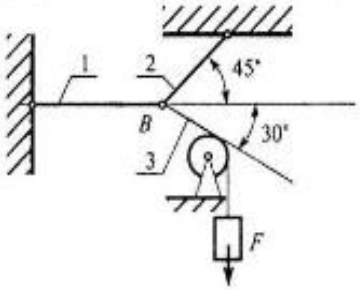
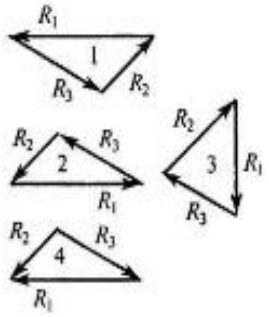
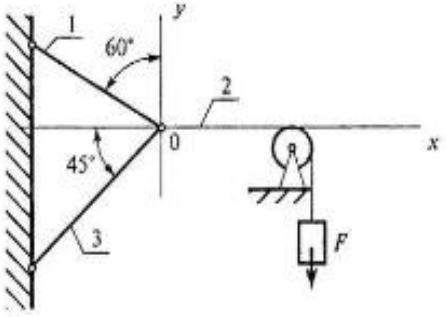
• за выполнение задания, требующего несколькихматематических операций ..1,5 балла.

Работаможет выполняется письменно.

Примеры тестовых заданий.

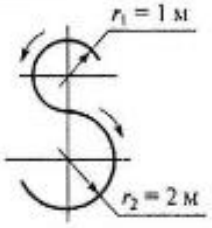
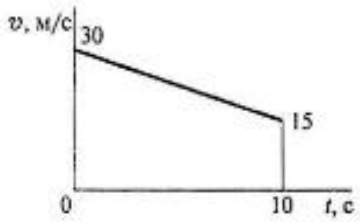
ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
СТАТИКА

Плоская система сходящихся сил **Темы 1.1; 1.2** **Вариант 2**

Вопросы	Ответы	Код
1. Определить величину равнодействующей силы. 	39,5 кН	1
	44,4 кН	2
	19,5 кН	3
	Верный ответ не приведен	4
2. По известным проекциям на оси координат x и y определить угол наклона равнодействующей к оси 0x. $F_{\Sigma x} = 15$ кН; $F_{\Sigma y} = 8{,}66$ кН. 	30°	1
	20°	2
	60°	3
	75°	4
3. Какой вектор силового многоугольника является равнодействующей силой? 	F_2	1
	F_4	2
	F_5	3
	F_1	4
4. Груз F находится в равновесии. Указать, какой из силовых треугольников для шарнира B построен верно 		1 2 3 4
5. Груз F находится в равновесии. Указать, какая система уравнений равновесия верна в этом случае. 	$\sum F_{kx} = R_2 - R_1\cos60° - R_3\cos45° = 0$ $\sum F_{ky} = R_1\cos60° - R_3\cos45° = 0$	1
	$\sum F_{kx} = R_2 - R_1\cos30° - R_3\cos45° = 0$ $\sum F_{ky} = R_1\cos60° - R_3\cos45° = 0$	2
	$\sum F_{kx} = R_1\cos60° - R_3\cos45° + R_2 = 0$ $\sum F_{ky} = R_3\cos45° - R_1\cos60° = 0$	3
	Верный ответ не приведен	4

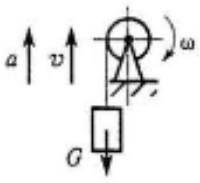
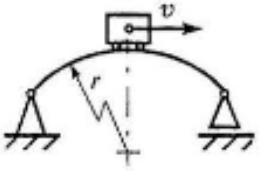
ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
КИНЕМАТИКА

Кинематика точки **Темы 1.7; 1.8** **Вариант 1**

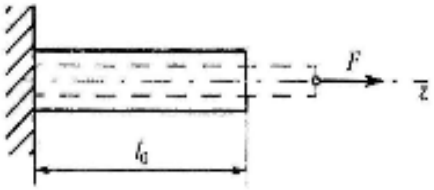
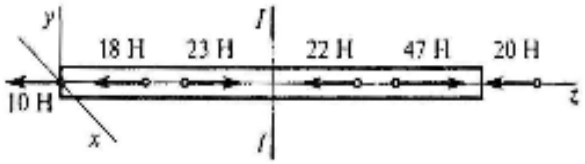
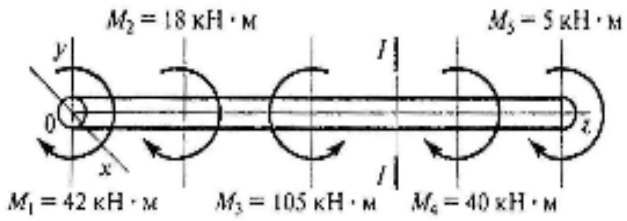
Вопросы	Ответы	Код
1. Точка движется по траектории, имеющей вид восьмерки, согласно уравнению $S = f(t)$. Как изменится a_n в момент перехода с верхней окружности на нижнюю? 	a_n увеличится в 2 раза	1
	a_n уменьшится в 2 раза	2
	a_n увеличится в 4 раза	3
	a_n уменьшится в 4 раза	4
2. Точка движется согласно уравнению $S = 2 + 0{,}1t^3$. Определить вид движения точки.	Равномерное	1
	Равноускоренное	2
	Равнозамедленное	3
	Неравномерное	4
3. Точка движется по дуге AB согласно уравнению $S = 0{,}1t^3 + 0{,}3t$. Определить начальную скорость и полное ускорение через 2 с движения, если радиус дуги 0,45 м.	$v_0 = 0{,}1$ м/с; $a = 5{,}14$ м/с^2	1
	$v_0 = 3$ м/с; $a = 1{,}2$ м/с^2	2
	$v_0 = 0{,}3$ м/с; $a = 5{,}14$ м/с^2	3
	$v_0 = 0{,}3$ м/с; $a = 5$ м/с^2	4
4. По графику скоростей точки определить путь, пройденный за время движения. 	$s = 75$ м	1
	$s = 125$ м	2
	$s = 175$ м	3
	$s = 225$ м	4
5. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя 10 с, достигло скорости 50 м/с. Определить путь, пройденный телом за это время.	$s = 200$ м	1
	$s = 250$ м	2
	$s = 285$ м	3
	$s = 315$ м	4

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
ДИНАМИКА

Движение материальной точки. Метод кинетостатики **Тема 1.13** **Вариант 1**

Вопросы	Ответы	Код
1. К двум материальным точкам $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 8$ кг приложены одинаковые силы. Сравнить величины ускорений, с которыми будут двигаться эти точки.	$a_1 = \frac{1}{2}a_2$	1
	$a_1 = a_2$	2
	$a_1 = 2a_2$	3
	$a_1 = 4a_2$	4
2. Свободная материальная точка, масса которой равна 8 кг, движется прямолинейно согласно уравнению $S = 2{,}5t^2$. Определить действующую на нее силу.	$F = 16$ Н	1
	$F = 20$ Н	2
	$F = 40$ Н	3
	$F = 80$ Н	4
3. Точка M движется криволинейно и неравномерно. Выбрать формулу для расчета нормальной составляющей силы инерции. 	ma	1
	$m\varepsilon r$	2
	$m\frac{v^2}{r}$	3
	$m\sqrt{(\varepsilon r)^2 + (v^2/r)^2}$	4
4. Определить силу натяжения троса барабанной лебедки, перемещающего вверх груз массой 100 кг с ускорением $a = 4$ м/с^2. 	400 Н	1
	981 Н	2
	1381 Н	3
	1621 Н	4
5. Чему равна сила давления автомобиля на мост при скорости $v = 20$ м/с, когда он находится на середине моста, если вес автомобиля $G = 35$ кН, а радиус кривизны моста $r = 800$ м? 	27,25 кН	1
	33,22 кН	2
	35 кН	3
	36,75 кН	4

Основные положения, метод сечений, напряжения **Тема 2.1** **Вариант 2**

Вопросы	Ответы	Код
1. Прямой брус нагружен силой F. Какую деформацию получил брус, если после снятия нагрузки форма бруса восстановилась до исходного состояния? 	Незначительную	1
	Пластическую	2
	Упругую	3
	Остаточную	4
2. В каком случае материал считается однородным? *А.* Свойства материала не зависят от размера. *Б.* Материал заполняет весь объем. *В.* Физико-механические свойства материала одинаковы во всех направлениях. *Г.* Температура материала одинакова во всем объеме.	*А*	1
	Б	2
	В	3
	Г	4
3. Установить вид нагружения в сечении I–I. 	Брус сжат	1
	Брус растянут	2
	Брус скручен	3
	Брус изогнут	4
4. На брус действуют моменты пар сил в плоскости $y0x$. Определить величину внутреннего силового фактора в сечении I–I. 	40 кН · м	1
	45 кН · м	2
	105 кН · м	3
	165 кН · м	4
5. Какие внутренние силовые факторы вызывают возникновение нормальных напряжений в сечении бруса?	N	1
	Q_x	2
	Q_y	3
	M_k	4

ПЕРЕЧЕНЬ

вопросов к зачету

по дисциплине ОП.03Техническая механика.

К разделу «Статика».

1.Основные понятия и определения «Статики».
2.Аксиомы «Статики».
3.Связи и их реакции.
4.Геометрический метод сложения сил.
5.Проекции силы и векторной суммы сил на ось.
6.Аналитический метод определения значения и направления равнодействующей плоской системы сходящихся сил. Условие равновесия.
7.Пара сил. Эквивалентность пар. Сложение и равновесие пар сил на плоскости.
8.Момент силы относительно точки и оси.
9.Приведение силы к данной точке.
10.Приведение плоской системы сил к данной точке.
11.Уравнения равновесия плоской системы произвольно расположенных сил.
12.Опорные устройства балочных систем.
13.Центр тяжести простых геометрических фигур. Центр тяжести стандартных прокатных профилей.

К разделу «Сопротивление материалов».

1.Понятие о деформации в упругом теле. (Основные термины «Сопротивления материалов»).
2.Основные допущения о свойствах материалов и о характере деформации.
3.Метод сечений. Виды нагружений.
4.Напряжения.
5.Продольные силы при напряжении и сжатии. Построение эпюр продольных сил.
6.Напряжения в сечениях при растяжении и сжатии.
7.Закон Гука. Продольная деформация.
8.Поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.
9.Расчеты на прочность при растяжении и сжатии.
10.Понятие о срезе и смятии.
11.Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге.
12.Кручение. Эпюры крутящих моментов.
13.Напряжение и деформации при кручении.
14.Расчеты на прочность при кручении.
15.Расчеты на жесткость при кручении.
16.Изгиб. Основные понятия.
17.Поперечные силы и изгибающие моменты в сечениях балки.
18.Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.
19.Нормальные напряжения при изгибе.
20.Расчеты на прочность при изгибе.

21. Линейные и угловые перемещения при изгибе. Расчеты на жесткость.
22.Понятие о сложном деформированном состоянии тела.
23.Понятие о теориях прочности.
24.Расчет вала при совместном действии изгиба и кручения.
25.Устойчивость сжатых стержней.
26.Сопротивление усталости. Усталостное разрушение.
27.Прочность при динамических нагрузках.

К разделу «Кинематика».

1.Основные понятия «Кинематики».
2.Уравнения движения точки.
3.Скорость точки.
4.Ускорение точки.
5.Виды движения точки в зависимости от ускорения.
6.Поступательное движение тела.
7.Вращательное движение тела.
8.Связь между линейными и угловыми параметрами точек вращающегося тела.
9.Кинематические графики.
10.Мгновенный центр скоростей. Абсолютная скорость.

К разделу «Динамика».

1.Основные понятия и аксиомы «Динамики».
2.Сила инерции. Метод кинетостатики.
3.Работа и мощность силы при поступательном движении.
4.Работа и мощность при вращательном движении.
5.Трение скольжения. Коэффициент трения скольжения.
6.Трение качения. Коэффициент трения качения.
7.Механический коэффициент полезного действия.
8.Потенциальная и кинетическая энергия.
9.Закон изменения количества движения.
10.Закон изменения кинетической энергии.
11.Уравнение динамики для вращательного движения твердого тела.

К разделу «Детали машин и механизмы».

1.Классификация машин.
2.Основные требования к машинам и деталям.
3.Неразъемные соединения. Заклепочные и сварные соединения деталей.
4.Клеевые соединения. Соединения пайкой, запрессовкой и заформовкой.
5.Резьбовые соединения. Классификация резьб.
6.Назначение и классификация передач вращательного движения.
7.Кинематические и силовые соотношения в передаточных механизмах.
8.Фрикционные передачи. Их назначение и особенности. Кинематические соотношения.
9.Принцип работы, классификация, особенности и область применения зубчатых передач.

10.Геометрия эвольвентного зубчатого зацепления. Определение основных параметров.
11.Краткие сведения о методах изготовления зубчатых колес.
12.Виды разрушения зубьев зубчатых колес.
13.Конические зубчатые передачи. Основные геометрические соотношения.
14.Цепные передачи. Особенности и область применения.
15.Ременные передачи. Особенности и область применения.
16.Червячная передача. Особенности и область применения.
17.Назначение, конструкция и материалы осей и валов.
18.Шпоночные и шлицевые соединения.
19.Подшипники скольжения, подшипники качения. Особенности устройства. Область применения.
20.Назначение и классификация муфт.
21.Редукторы. Конструкция.
22.Механизмы возвратно-поступательного и колебательного движений.
23.Механизмы прерывистого и одностороннего движения.

Перечень литературы для подготовки к зачету

Основная литература:

1.Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19
2. Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903

Дополнительные источники:

1. А.М. Лукьянов, М.А. Лукьянов. Техническая механика. ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 г.

Критерии оценки:

«5» (отлично) - студент знает не только принципы учебной дисциплины, но и их частные применения, может самостоятельно добывать знания по учебной дисциплине, имеет необходимые практические умения и навыки.

«4» (хорошо) - студент знает принципы учебной дисциплины, но их применения не все; может самостоятельно добывать знания, пользуясь литературой; имеет развитые практические умения, но необязательно навыки.

«3» (удовлетворительно) - студент знает только основные принципы, может самостоятельно добывать знания; частично сформированы умения и навыки.

«2» (неудовлетворительно) - студент не знает принципов учебной дисциплины; частично сформированы умения и навыки, если студент показал полное незнание вопроса, отказался отвечать или не приступил к выполнению заданий.

Задания для самостоятельной работы

Наименование разделов и тем	Виды самостоятельной работы обучающихся
1	2
Тема 1.3. Статика сооружений. Основные сведения. Исследование геометрической неизменяемости плоских стержневых систем.	Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903 Раздел 3. Глава 17. конспект
Статически определимые и статически неопределимые плоские системы. Метод вырезания узлов, метод сквозных сечений.	Техническая механика.учебник / Сербин Е.П. — Москва : КноРус, 2023. — 399 с. — (СПО). :https://book.ru/book/931903 Раздел 3. конспект
Тема 1.4. Пространственная система сил. Параллелепипед сил. Равнодействующая пространственной сходящейся системы сил. Условия и уравнения равновесия	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 1. Глава 5, конспект
Момент силы относительно оси. Уравнения равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 1. Глава 5, конспект
Тема 2.3. Срез и смятие. Срез, основные расчетные предпосылки, расчетные формулы. Смятие. Расчеты на срез и смятие, соединений болтами, штифтами, заклепками.	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 4. Глава 4 конспект
Тема 3.1. Основные понятия и определения. Соединения деталей машин. Назначение соединений деталей машин. Неразъемные и разъемные соединения. Заклёпочные и сварные соединения. Клеевые, резьбовые соединения. Контроль качества текущего содержания пути, ремонтных и строительных работ.	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 5. Глава 1 конспект

Тема 3.2. Механические передачи. Детали и сборочные единицы передач. Фрикционные передачи. Достоинства и недостатки, область применения. Расчет.	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 6. Глава 1 конспект
Червячные передачи. Основные параметры передач, область применения, достоинства и недостатки.	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 6. Глава 4, конспект,
Ременные и цепные передачи. Основные параметры передач, область применения, достоинства и недостатки.	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 6. Глава 6 конспект,
Валы и оси, их назначение и конструкция.	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 7. Глава 1, конспект,
Опоры скольжения и качения. Муфты.	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 7. Глава 2,3,4, конспект,
Редукторы. Простые грузоподъемные машины.	Техническая механика: учебник / Л. Н. Гудимова, Ю. А. Епифанцев, Э. Я. Живаго, А. В. Макаров; под редакцией Э. Я. Живаго. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 324 с. — ISBN 978-5-507-45644-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — https://reader.lanbook.com/book/277055#19 Раздел 6. Глава 5,конспект,