

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»
Рязанский станкостроительный колледж РГРТУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по дисциплине

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Контрольная работа №1

Специальность	15.02.08 Технология машиностроения
Форма обучения	заочная

Рязань 2023

Рассмотрено и рекомендовано к утверждению на заседании цикловой комиссии общепрофессиональных дисциплин

Протокол №5 от 19.04.2023

Председатель комиссии Агарков В.А.

Разработчик: Васильев Н.Н., преподаватель РССК «РГРТУ»

1 Введение

1.1 Предисловие

Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Техническая механика», в соответствии с ФГОС СПО по специальности СПО 15.02.08 Технология машиностроения.

Методические указания предназначены для самостоятельного изучения дисциплины «Техническая механика» студентами колледжа.

«Техническая механика» состоит из трёх разделов:

- «Основы теоретической механики»;
- «Соппротивление материалов»;
- «Детали механизмов и машин».

Рабочей программой учебной дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация: во втором семестре (1 курс) – в форме дифференцированного зачёта, в третьем семестре (2 курс) – в форме экзамена.

Студенты заочной формы обучения должны выполнить по технической механике две контрольные работы:

- контрольная работа №1 (первый курс, второй семестр),
- контрольная работа №2 (второй курс, третий семестр).

К дифференцированному зачёту и к экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие домашние контрольные работы.

Вариант задания определяется по шифру (номеру зачётной книжки студента). Номер варианта – **двухзначное** число, равное сумме всех цифр шифра без учёта года поступления. Например, шифр **182–15**, где 15-год поступления в колледж. $1+8+2 = 11$, следовательно, **вариант №11**. Или, шифр **205–15**, $2+0+5=7$. Так как номер варианта – число **двухзначное**, то вариант **№07**.

Номера задач, которые студент должен решить в соответствии со своим вариантом, приведены в таблице 1.

1.2 Требования, предъявляемые к домашней контрольной работе:

1. Правильно, подробно и аккуратно переписать задание контрольной работы по своему варианту. Работы, выполненные по другому варианту, возвращаются без проверки.
2. Решения сопровождать пояснениями, указывать единицы величин.
3. Работу выполнять чернилами (пастой) разборчиво.
4. В тетради необходимо оставлять поля и место после решённой задачи для замечаний и заключения преподавателя.
5. Страницы пронумеровать.
6. В конце работы привести перечень литературы, проставить дату выполнения работы и подпись.

1.3 Разбивка по вариантам контрольных работ

Таблица 1

№ варианта	Номера задач									
	Контрольная работа 1					Контрольная работа 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
00	1	11	22	31	41	51	61	77	81	91
01	2	12	21	32	42	52	62	78	82	92
02	3	13	25	33	43	53	63	80	83	93
03	4	14	27	34	44	54	64	79	84	94
04	5	16	23	35	45	56	66	75	86	96
05	6	15	29	36	47	55	65	76	85	95
06	7	18	24	37	46	58	69	72	88	99
07	8	17	30	39	48	57	70	74	87	100
08	9	20	26	38	49	60	67	73	90	97
09	10	19	28	40	50	59	68	71	89	98
10	10	19	28	38	47	59	69	74	82	93
11	1	18	22	39	48	53	62	75	81	92
12	2	20	21	40	49	51	68	72	83	98
13	3	11	25	31	50	57	67	71	84	97
14	4	13	27	32	41	55	65	77	86	95
15	5	12	23	33	42	56	70	73	85	100
16	6	15	29	34	43	60	64	80	88	94
17	7	14	24	35	44	54	66	78	87	96
18	8	17	30	39	45	58	61	76	90	91
19	9	16	26	37	46	52	69	79	89	99
20	9	16	26	35	43	59	65	76	82	95
21	10	15	28	36	44	57	64	79	81	94
22	1	18	22	37	45	54	67	74	84	97
23	2	17	21	38	46	53	66	75	83	96
24	3	20	25	36	47	56	69	71	86	99
25	4	19	27	40	48	55	68	72	85	98
26	5	12	23	31	49	58	61	77	88	91
27	6	11	29	32	50	51	70	73	87	100
28	7	14	24	33	41	60	63	80	90	93
29	8	13	30	34	42	52	62	78	89	92
30	8	18	30	39	48	52	68	72	82	98
31	9	19	26	40	48	51	66	75	81	96
32	10	12	28	31	50	54	70	73	84	100
33	1	11	22	32	41	53	69	71	83	99
34	2	14	21	33	43	56	62	78	86	92

Продолжение табл.1

	Контрольная работа 1					Контрольная работа 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
35	3	13	25	34	42	55	61	77	85	91
36	4	16	27	35	44	58	64	79	88	94
37	5	15	23	36	45	57	63	80	87	93
38	6	17	29	37	46	59	65	76	89	95
39	7	20	24	38	47	52	67	74	82	97
40	6	14	29	31	41	60	66	75	90	96
41	7	11	24	32	42	54	69	71	84	99
42	8	12	30	34	43	53	68	72	83	98
43	9	16	26	35	47	56	61	77	86	91
44	10	15	28	36	44	55	70	73	85	100
45	1	18	22	37	45	58	63	80	88	93
46	2	17	21	38	46	57	62	78	87	92
47	3	20	25	39	49	60	65	76	90	95
48	4	19	27	40	48	59	64	79	89	94
49	5	13	23	32	50	51	67	74	81	97
50	1	15	22	33	44	59	66	75	89	96
51	2	12	21	34	45	60	65	76	90	95
52	3	14	25	33	46	57	68	72	87	98
53	4	13	27	35	47	58	67	74	88	97
54	5	16	23	37	48	55	70	73	85	100
55	6	17	29	36	49	56	79	71	86	99
56	7	18	24	39	50	53	62	78	83	92
57	8	19	30	38	41	54	61	77	84	91
58	9	11	26	31	42	51	64	79	81	94
59	10	20	28	40	43	52	63	80	82	93
60	5	15	23	36	44	54	62	78	84	92

2. ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Паспорт рабочей программы учебной дисциплины «Техническая механика».

2.1.1 Область применения программы

Рабочая программа учебной дисциплины является частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС СПО по специальности 15.02.08 Технология машиностроения.

2.1.2 Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки специалистов среднего звена:

Учебная дисциплина «Техническая механика» относится к профессиональному циклу.

Особое значение дисциплина имеет при формировании и развитии следующих общих компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность. ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Использовать конструкторскую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей.

ПК 1.2. Выбирать метод получения заготовок и схемы их базирования.

ПК 1.3. Составлять маршруты изготовления деталей и проектировать технологические операции.

ПК 1.4. Разрабатывать и внедрять управляющие программы обработки деталей.

ПК 1.5. Использовать системы автоматизированного проектирования технологических процессов обработки деталей.

ПК 2.1. Участвовать в планировании и организации работы структурного подразделения.

ПК 2.2. Участвовать в руководстве работой структурного подразделения.

ПК 2.3. Участвовать в анализе процесса и результатов деятельности подразделения

ПК 3.1. Участвовать в реализации технологического процесса по изготовлению деталей.

ПК 3.2. Проводить контроль соответствия качества деталей требованиям технической документации.

ПК 4.1 Проверять техническое состояние универсального токарно-винторезного станка или токарного станка с программным управлением, выбирать стандартную технологическую оснастку, подготавливать станок к работе, для станка с программным управлением - составлять управляющую программу.

ПК 4.2 Выполнять токарную обработку заготовок на универсальном токарно-винторезном станке или токарном станке с программным управлением с применением стандартного режущего инструмента и универсальных приспособлений.

2.1.3 Цели и задачи дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины:

В результате освоения дисциплины студент должен

уметь:

- производить расчёты механических передач и простейших сборочных единиц;
- читать кинематические схемы;
- определять напряжения в конструктивных элементах.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- основы технической механики;
- виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;
- методику расчёта элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружений;
- основы расчётов механических передач и простейших сборочных единиц общего назначения.

2.1.4. Количество часов на освоение программы учебной дисциплины:

максимальная учебная нагрузка обучающегося 240 часов, в том числе:
обязательная аудиторная нагрузка обучающегося 32 часа;
самостоятельная работа обучающегося 208 часов.

2.2. Содержание учебной дисциплины

техническая механика

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа	Объем часов	Источники (номер и страницы)	Номера задач
Раздел 1. Теоретическая механика		64		
Статика				
Тема 1.1 Основные понятия и аксиомы статики	<i>Содержание учебного материала:</i> Содержание теоретической механики. Основные понятия и аксиомы статики	2	[1] 5;7;	1÷10
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i> Определение опорных реакций балок	2	36	
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Плоская система сходящихся сил. Силовой многоугольник. Определение равнодействующей. Условия равновесия. Плоская система произвольно расположенных сил. Приведение системы к центру. Равновесие плоской системы произвольно расположенных сил. Определение опорных реакций балок. Связи с трением. Решение задач: Определение проекции силы на ось. Определение момента силы относительно точки. Определение реакций связи.	30	[1] 5;12; 15;21; 29;33 ÷36; 155	
Тема 1.2 Плоские системы сил				
Тема 1.3. Центр тяжести тела	<i>Содержание учебного материала:</i> Сила тяжести. Центр тяжести. Координаты центра тяжести твердого тела	2	[1] 42÷46	11÷20
	<i>Лабораторное занятие:</i> Определение координат центра тяжести плоских составных фигур.	2		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Решение задач: Определение координат центра тяжести плоских фигур, составленных из стандартных профилей проката.	4	[1] 42÷46	
Кинематика. Динамика.				
Тема 1.4. Основные понятия кинематики.	<i>Содержание учебного материала:</i> Основные понятия кинематики. Кинематика точки. Способы задания движения точки. Скорость и ускорения точки. Поступательное движение твердого тела. Вращательное движение. Угловая скорость, угловое ускорение. Частота вращения. Скорость и ускорения точек вращающегося тела. Виды вращательного движения.	2	[1] 128÷ 133; 136÷ 139	21÷30
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
Тема 1.5. Основные понятия и аксиомы динамики. Работа и мощность.	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Динамика точки. Основные понятия динамики. Аксиомы динамики. Масса материальной точки. Работа постоянной силы. Мощность. Коэффициент полезного действия	20	[1] 146÷ 151	

	Работа равнодействующей. Работа силы тяжести. Работа и мощность при вращательном движении. Решение задач: Скорость и ускорения материальной точки. Определение кинематических характеристик твёрдого тела при равномерном вращении. Выполнение контрольной работы.		[1] 152÷ 157 [1] 153	31÷40
Раздел 2. Сопротивление материалов		80		
Тема 2.1. Основные понятия Тема 2.2. Растяжение и сжатие	<i>Содержание учебного материала:</i> Задачи сопротивления материалов Метод сечений. Внутренние силовые факторы. Виды нагружений. Напряжения. Растяжение-сжатие. Продольная сила. Нормальные напряжения. Эпюры продольных сил и нормальных напряжений.	2	[1] 54÷ 57	41÷50
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Деформации упругие и пластические. Допущения и гипотезы. Классификация элементов конструкций и нагрузок. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука. Испытания материалов на растяжение и сжатие при статической нагрузке. Расчёты на прочность при растяжении и сжатии. Решение задач: Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений. Расчёты на прочность при растяжении-сжатии. Определение перемещений поперечных сечений. Выполнение контрольной работы.	27	[1] 54÷ 57 61÷ 72	
Тема 2.3. Геометрические характеристики поперечных сечений.	<i>Содержание учебного материала:</i> Осевые и полярные моменты инерции сечений	-		
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Осевые и полярные моменты инерции сечений. Решение задач: Определение осевых моментов инерции составных сечений, имеющих оси симметрии.	3	[1] 46÷ 48	
Тема 2.4. Кручение	<i>Содержание учебного материала:</i> Кручение. Крутящий момент. Кручение бруса круглого поперечного сечения. Допущения. Напряжение	2	[1] 81÷ 83	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала:	7		

	Угол закручивания. Расчёты на прочность и жёсткость при кручении. Решение задач: Построение эпюр крутящих моментов и максимальных касательных напряжений. Расчёт бруса круглого поперечного сечения на прочность и жёсткость. Выполнение контрольной работы.		84÷ 88	
Тема 2.5. Изгиб.	<i>Содержание учебного материала:</i> Основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе. Расчёты на прочность и жёсткость.	4	[1] 91÷ 94	51÷60
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i> Расчёты балок на прочность при изгибе с кручением.	2	113÷ 116	
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Понятие о касательных напряжениях при поперечном изгибе. Линейные перемещения поперечных сечений. Решение задач: Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при нагружении бруса: сосредоточенными силами, моментами, распределённой нагрузкой. Определение максимальных касательных напряжений.	23	106÷ 110	
Тема 2.6. Растяжение, сжатие и изгиб бруса большой жёсткости. Внецентренное растяжение и сжатие.	<i>Содержание учебного материала:</i> Изгиб с растяжением и сжатием. Определение напряжений. Опасные точки. Внецентренное растяжение и сжатие. Расчёты на прочность.	-		
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Изгиб с растяжением и сжатием. Определение напряжений. Опасные точки. Внецентренное растяжение и сжатие. Расчёты на прочность. Решение задач: Проверочный расчёт на прочность бруса при внецентренном растяжении (сжатии).	6		
Тема 2.7. Гипотезы прочности и их применение.	<i>Содержание учебного материала:</i> Напряжённое состояние в точке тела. Эквивалентное напряжение. Гипотезы прочности. Расчёт бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением	-	[1] 110	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Напряжённое состояние в точке тела. Экви-	4		

	валентное напряжение. Гипотезы прочности. Расчёт бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением Решение задач: Проверочный расчёт бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением. Выполнение контрольной работы.		[1] 113	61÷70
Раздел 3. Детали механизмов и машин.		96		
Тема 3.1. Основные положения. Тема 3.2. Общие сведения о механических передачах.	<i>Содержание учебного материала:</i> Задачи раздела. Машина, деталь, сборочная единица, механизм. Требования, предъявляемые к деталям и машинам. Назначение механических передач и их классификация. Передаточное число. Передаточное отношение. Основные кинематические и силовые соотношения.	2	[1] 166÷ 168	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Материалы, применяемые в машиностроении. Решение задач: Чтение кинематических схем. Расчёт кинематических и динамических характеристик механизмов. Выполнение контрольной работы	7	[1] 193	
Тема 3.3. Механические передачи.	<i>Содержание учебного материала:</i> Зубчатые передачи. Общие сведения, классификация, область применения. Материалы. Краткие сведения об изготовлении. Виды разрушений зубьев зубчатых колёс. Цилиндрические косозубые, прямозубые и шевронные передачи. Диаметральные параметры, силы в передачах. Червячные передачи. Общие сведения, классификация. Материалы. Передача с Архимедовым червяком. Геометрические соотношения, передаточное число. Силы в передаче.	4	[1] 199÷ 214 216÷ 218	
	<i>Лабораторные занятия:</i> Определение параметров зубчатых колёс по их замерам. Изучение конструкции зубчатого редуктора. Изучение конструкции червячного редуктора.	6		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
Механические передачи.	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Основы расчёта на контактную прочность и изгиб цилиндрических зубчатых передач. Конические зубчатые передачи. Общие сведения, основные геометрические соотношения. Силы в передачах. Основы расчёта на	45		71÷80

	<p>контактную прочность и изгиб.</p> <p>Передачи с зацеплением Новикова, общие сведения. Планетарные зубчатые передачи, принцип работы, устройство.</p> <p>Передачи винт-гайка скольжения Общие сведения, классификация.</p> <p>Виды разрушений, материалы. Основы расчёта передач.</p> <p>Основы расчёта червячной передачи на контактную прочность, изгиб и теплового расчёта.</p> <p>Ремённые передачи. Общие сведения, классификация. Основные геометрические соотношения. Передаточное число. Силы в передачах. Основы расчёта по тяговой способности.</p> <p>Цепные передачи. Общие сведения, классификация. Основные геометрические соотношения. Передаточное число. Силы в передачах. Основы проектного и проверочного расчётов.</p>		<p>[1]</p> <p>187÷189; 216</p> <p>[1]</p> <p>222</p> <p>[1]</p> <p>224</p>	
Тема 3.4. Валы и оси.	<p><i>Содержание учебного материала:</i></p> <p>Валы и оси. Назначение, классификация. Материалы валов и осей. Проектный и проверочный расчёты.</p>	-	[1] 235	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i></p> <p>Изучение теоретического материала: Валы и оси. Назначение, классификация. Материалы валов и осей. Проектный и проверочный расчёты.</p>	9	235÷242	
Тема 3.5. Подшипники.	<p><i>Содержание учебного материала:</i></p> <p>Общие сведения. Подшипники качения. Классификация, обозначения..</p>	1	[1] 247	81÷90
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i></p> <p>Изучение теоретического материала: Подшипники скольжения. Классификация, область применения. Материалы, смазка. Расчёты на износостойкость и теплостойкость Смазка и уплотнения подшипников. Решение задач: Подбор подшипников качения по динамической грузоподъёмности. Выполнение контрольной работы.</p>	8	[1] 247÷251	
Тема 3.6. Муфты.	<p><i>Содержание учебного материала:</i></p> <p>Назначение и классификация. Устройство основных типов муфт.</p> <p>Подбор стандартных муфт.</p>	-	[1] 256	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		

	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Назначение и классификация. Устройство основных типов муфт. Подбор стандартных муфт.	5	[1] 256÷ 258	
Тема 3.7. Соединения деталей машин.	<i>Содержание учебного материала:</i> Шпоночные соединения. Назначение, классификация. Проверочные расчёты ненапряжённых шпоночных соединений.	1	[1] 244	91÷ ÷100
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Шлицевые соединения. Классификация, достоинства, недостатки. Проверочные расчёты. Резьбовые соединения. Основные типы резьб. Стандартные крепёжные детали. Расчёт одиночного болта при постоянной нагрузке. Решение задач: Подбор шпонок. Проверочные расчёты ненапряжённых шпоночных соединений. Выполнение контрольной работы.	8	[1] 244÷ 247	
Итоговый контроль: экзамен.				
Всего		240		

3.Задания для контрольной работы №1

Задачи 1...10.

Определить реакции опор балки, нагруженной, как показано на рисунке 1. Данные для своего варианта выбрать из таблицы 2.

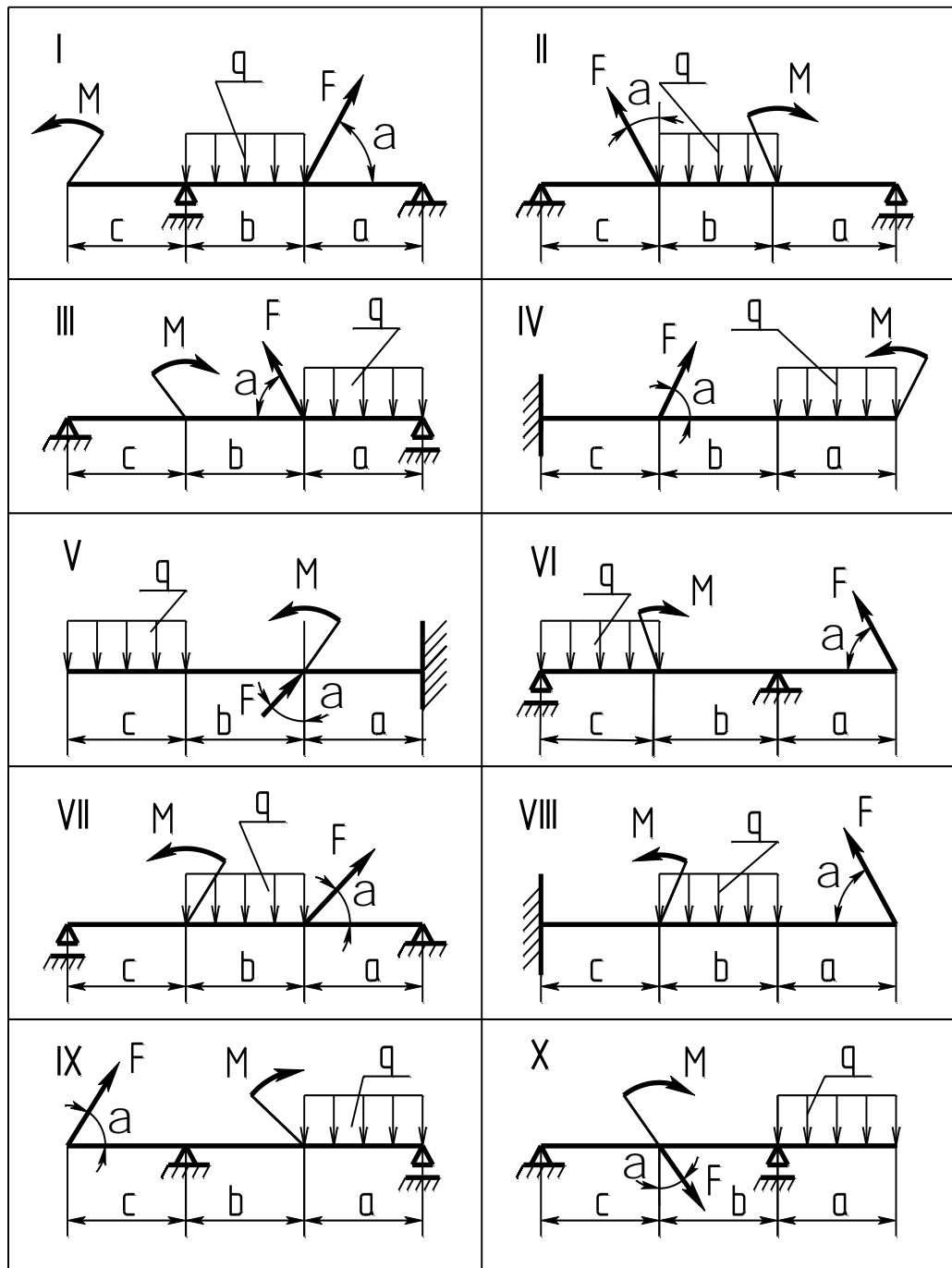


Рис 1

Таблица 2

№ задачи и схемы на рис.1	Вариант	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	α°	F	M	q
		м				кН	кНм	кН/м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1, I	00	2,2	1,8	1,2	30	10	12	4,0
	11	1,5	2,1	1,5	40	8,0	20	6,0
	22	1,4	1,2	2,2	45	20	15	8,0
	33	1,6	1,4	2,1	50	12	10	10
	45	2,1	1,2	2,1	55	8,0	24	6,0
	50	1,5	2,1	1,5	60	8,0	20	6,0
2, II	01	1,5	1,5	1,5	30	20	6,0	8,0
	12	1,2	2,0	1,8	32	40	8,0	6,0
	23	1,5	1,5	2,4	35	8,0	10	12
	34	0,8	2,2	2,5	40	10	12	10
	46	1,4	1,0	2,6	45	15	14	5,0
	51	1,2	2,0	1,8	50	40	8,0	6,0
3, III	02	2,4	2,4	0,5	70	1,2	6,0	6,0
	13	2,6	2,3	0,8	65	1,8	8,0	5,0
	24	2,4	2,5	1,8	60	12	8,0	5,0
	35	2,2	1,8	1,2	55	14	14	8,0
	47	2,3	2,2	1,0	50	15	18	10
	52	1,8	2,2	1,5	45	2,2	12	12
4, IV	03	2,0	0,5	1,1	60	1,2	15	4,0
	14	1,3	0,5	1,2	50	4	14	6,0
	25	0,5	1,1	2,5	40	6	15	8,0
	36	1,3	1,5	2,5	70	12	14	10
	48	1,2	2,5	1,5	60	2	15	10
	53	2,6	1,4	1,5	40	14	14	4,0
5, V	04	2,3	2,6	0,4	30	5,0	30	5,0
	15	2,4	2,5	0,5	35	6,0	24	10
	26	2,6	2,4	0,6	50	7,0	15	8,0
	37	1,6	15	2,0	30	10	16	6,0
	49	1,6	2,5	1,2	32	9,0	80	8,0
	54	1,7	2,6	2,0	35	4,0	18	10
	60	1,5	2,0	1,5	40	8,0	20	4,0

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6, VI	05	0,2	1,2	2,8	40	10	12	5,0
	16	1,3	2,2	1,6	30	12	10	6,0
	27	0,8	1,2	3,0	35	14	15	10
	38	1,6	2,5	1,5	50	20	8,0	8,0
	40	1,2	2,6	1,4	60	18	16	12
	55	1,6	2,5	0,9	35	8,0	6,0	10
7, VII	06	1,4	1,5	2,5	65	12	12	4,0
	17	1,8	1,4	2,5	60	10	13	2,0
	28	1,8	2,5	1,4	62	14	11	3,0
	39	2,0	1,5	1,2	64	20	10	5,0
	41	2,0	1,1	1,5	58	22	12	4,0
	56	1,2	2,5	1,5	55	18	13	3,0
8, VIII	07	0,8	1,5	0,8	25	10	14	2,0
	18	1,8	0,5	0,9	30	18	15	3,0
	29	1,8	0,6	0,5	32	20	16	4,0
	30	0,9	1,5	0,5	35	18	18	5,0
	42	0,8	0,5	1,5	38	16	10	2,0
	57	0,5	0,9	1,5	40	16	14	3,0
9, IX	08	1,6	2,5	1,3	48	12	10	2,0
	19	1,5	1,5	1,4	50	16	18	3,0
	20	1,1	0,8	1,5	52	17	14	4,0
	31	1,8	2,0	1,2	55	10	15	5,0
	43	2,3	1,5	1,5	60	14	16	3,0
	58	0,5	2,5	2,0	65	16	12	2,0
10, X	09	0,6	1,5	3,0	40	10	12	3,0
	10	1,8	2,5	1,5	48	12	18	2,0
	21	1,5	1,5	2,0	27	14	14	5,0
	32	1,1	1,5	2,5	38	16	15	4,0
	44	1,2	2,5	1,5	40	20	16	3,0
	59	1,3	1,4	2,0	21	30	10	3,0

Задачи 11...20.

Для заданного сечения, составленного из двух прокатных профилей (двутавров, швеллеров или равнополочных уголков) и полосы (рис.2), определить координаты центра тяжести. Данные для своего варианта выбрать из таблицы 3.

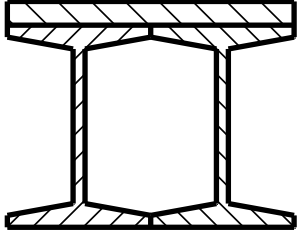
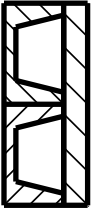
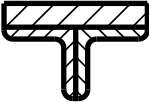
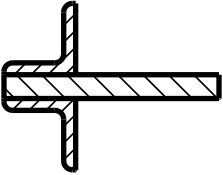
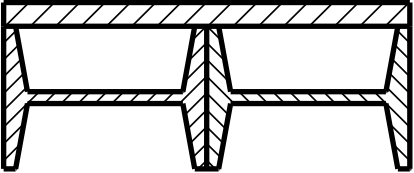
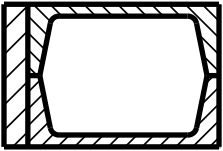
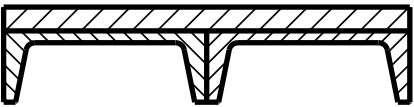
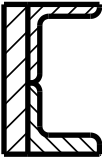
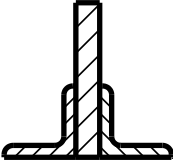
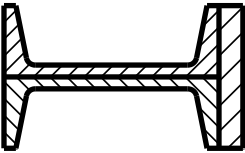
I		II	
III		IV	
V		VI	
VII		VIII	
IX		X	

Рис 2

Таблица 3

№ задачи и схемы на рис.2	Вариант	№ профиля	Сечение полосы мм	№ задачи и схемы на рис.2	Вариант	№ профиля	Сечение полосы мм
1	2	3	4	1	2	3	4
11, I	00	10	14x110	12, II	01	10	8x200
	13	18	14x180		15	12	8x240
	27	20	15x200		26	16	10x320
	33	22	15x220		32	20	10x400
	41	24	16x230		42	22	14x440
	58	27	16x250		51	24	14x480
13, III	02	4	4x80	14, IV	03	4	10x100
	14	5	4x100		17	5	10x140
	29	7	10x140		28	7	14x120
	35	8	10x160		34	8	14x160
	49	9	10x180		40	9	14x200
	53	10	14x200		52	10	16x180
15, V	05	10	19x200	16, VI	04	8	9x80
	16	12	10x240		19	10	9x92
	21	14	10x280		20	12	10x104
	37	16	14x320		36	14	10x116
	44	18	14x360		43	16	14x128
	50	20	14x400		54	18	14x140
	60	22	16x440		-	-	-
17, VII	07	10	10x200	18, VIII	06	4	6x80
	18	12	10x240		11	5	6x100
	23	16	10x320		22	7	10x140
	38	20	14x400		30	8	10x160
	46	22	14x440		45	9	10x180
	55	24	14x480		56	10	14x200
19, IX	09	4	9x80	20, X	08	8	6x80
	10	5	9x100		12	10	8x92
	25	7	10x150		24	12	10x104
	31	8	10x160		39	14	12x116
	48	9	14x180		47	16	14x128
	57	10	14x200		59	18	12x140

Задачи 21...30.

Задачи 21, 22.

Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение движения: $s = f(t)$, где s – в метрах, t – в секундах. Определить скорость и ускорение точки через t секунд после начала движения. Данные для своего варианта выбрать из таблицы 4.

Задачи 23, 24.

Материальная точка движется по окружности радиуса R 50 метров. Уравнение движения: $s = f(t)$, где s – в метрах, t – в секундах. Определить скорость и полное ускорение точки через t секунд после начала движения. Данные для своего варианта выбрать из таблицы 4.

Задачи 25, 26.

Тело вращается вокруг неподвижной оси. Уравнение движения: $\varphi = f(t)$, где φ – в радианах, t – в секундах. Определить угловую скорость и угловое ускорение тела, скорость и полное ускорение точки, находящейся от оси вращения на расстоянии R 0,5 метра.

Данные для своего варианта выбрать из таблицы 4.

Задачи 27, 28.

Материальная точка движется по окружности радиуса R 40 метров. В течение t секунд её скорость изменилась с v_0 до v . Считая движение равнопеременным, определить полное ускорение точки в конце указанного промежутка времени и пройденный путь. Данные для своего варианта выбрать из таблицы 5.

Задачи 29, 30.

Маховик радиуса R 0,5 метра вращается равнопеременно. В течение t секунд частота вращения маховика изменилась с n_0 до n . Определить угловое ускорение маховика, ускорение точек обода маховика в конце указанного промежутка времени и число оборотов маховика за t секунд. Данные для своего варианта выбрать из таблицы 6.

Таблица 4

№ задачи	Вариант	Уравнение движения	Время (с)	№ задачи	Вариант	Уравнение движения	Время (с)
1	2	3	4	1	2	3	4
21	01	$S = 10 \sin \frac{\pi}{12} t$	2	22	00	$S = 12 \cos \frac{\pi}{12} t$	2
	12		3		11		3
	23	$S = 10 + 6t + 2t^3$	4		22	$S = 20t + t^3$	4
	34		8		33		6

	46		2		45		1
	51		3		50		2
23	04	$S = 20t - t^2$	4	24	06	$S = 2 + t^2$	2
	15		5		17		3
	26		3		28		4
	37		1		39		2
	49	$S = 4t + t^3$	2		41	$S = 6 - 4t + t^2$	2
	54		4		56		3
	60		5		-		-
25	02	$\varphi = 2t^3$	1	26	08	$\varphi = 2 + t + t^3$	1
	13		2		19		2
	24		3		20		3
	35		2		31		4
	47	$\varphi = 4t + 2t^2$	3		43	$\varphi = t^3$	2
	52		4		58		3

Таблица 5

№ задачи	Вариант	v ₀ (м/с)	v (м/с)	t (с)	№ задачи	Вариант	v ₀ (м/с)	v (м/с)	t (с)
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
27	03	50	10	5	28	09	0	15	3
	14	10	40	3		10	48	0	6
	25	5	25	4		21	4	28	3
	36	15	5	5		32	40	10	10
	48	17	52	7		44	25	37	4
	53	13	49	6		59	37	8	6

Таблица 6

№ задачи	Вариант	n ₀ (об/мин)	n (об/мин)	t (с)	№ задачи	Вариант	n ₀ (об/мин)	n (об/мин)	t (с)
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
29	05	0	200	10	30	07	0	300	15
	16	200	480	14		18	350	50	15
	27	1500	100	50		29	100	600	20
	38	480	1000	25		30	600	750	8
	40	1000	1500	20		42	500	1000	10
	55	750	50	35		57	1000	400	20

Задачи 31...40.

Задача 31.

Груз массой 1200 кг поднимается с помощью троса, перекинутого через блок, с ускорением 2 м/с^2 . Определить натяжение троса, пренебрегая его массой.

Задача 32.

Шарик массой 0,3 кг привязан к нити длиной 1,2 метра и вращается вместе с ней в вертикальной плоскости. Определить натяжение нити в положении, указанном на рисунке 3. Скорость шарика равна 5 м/с.

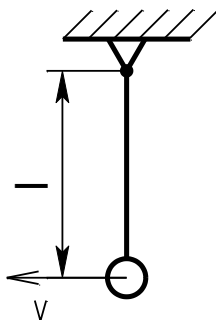


Рис.3

Задача 33.

Мощность на ведомом валу зубчатой передачи $P_2 = 2,4 \text{ кВт}$, делительный диаметр зубчатого колеса $d_2 = 84 \text{ мм}$, окружная сила в зацеплении $F_{t2} = 1,4 \text{ кН}$. Определить угловую скорость ω_2 ведомого вала.

Задача 34.

Диаметр детали, обрабатываемой на токарном станке, равен 200 мм. Частота вращения шпинделя (и, следовательно, обрабатываемой детали) равна 300 об/мин. Окружная сила резания равна 600 Н. Определить затрачиваемую электродвигателем мощность, если коэффициент полезного действия передач от электродвигателя к шпинделю равен 0,8.

Задача 35.

Тело массой 100 кг движется равномерно прямолинейно вверх по наклонной шероховатой поверхности под действием силы F (рис.4). Коэффициент трения скольжения $f = 0,3$. Определить работу силы F на пути 10 метров.

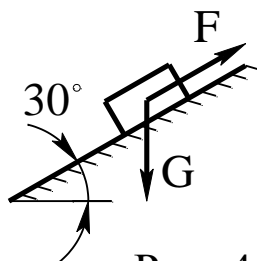


Рис. 4

Задача 36.

Тело массой 140 кг движется прямолинейно по шероховатой горизонтальной поверхности под действием силы 280 Н (рис.5). Сколько времени должна действовать сила, чтобы скорость тела изменилась с 5 м/с до 25 м/с? Коэффициент трения скольжения $f = 0,2$.

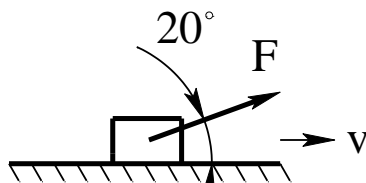


Рис.5

Задача 37.

Под действием силы тяжести тело скользит по гладкой наклонной поверхности (рис.6) из состояния покоя. Определить скорость тела через 6 секунд после начала движения.

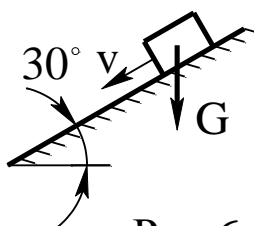


Рис.6

Задача 38.

Шарик подвешен на нити длиной 1,2 метра (рис.7). Вследствие толчка шарик получил горизонтальную скорость. Определить эту скорость, если при повороте нити на угол $\varphi = 90^\circ$ скорость шарика равна 10 м/с.

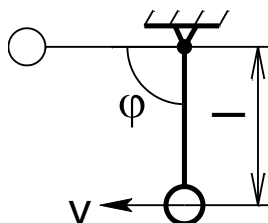


Рис.7

Задача 39.

Определить, какую силу надо приложить к телу массой 400 кг, движущемуся прямолинейно по гладкой горизонтальной поверхности, чтобы на пути 200 метров его скорость увеличилась с 15 м/с до 25 м/с (рис.8).

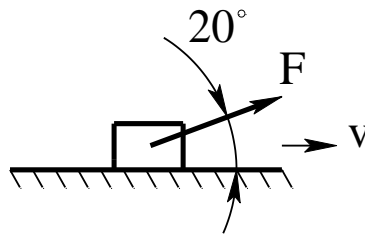


Рис.8

Задача 40.

Под действием силы тяжести тело скользит по гладкой наклонной плоскости из состояния покоя (рис.9). Путь, пройденный телом, равен 2,5 метрам. Определить скорость тела в конце пути.

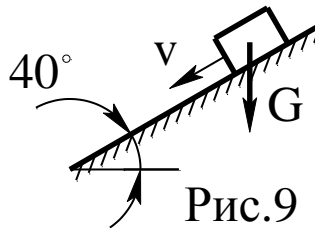


Рис.9

Задачи 41...50.

Двухступенчатый стальной брус, длины ступеней которого указаны на рисунке 10 (схемы I...X), нагружен силами F_1 и F_2 . Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. Определить удлинение (укорочение) бруса, приняв $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Данные для своего варианта выбрать из таблицы 7.

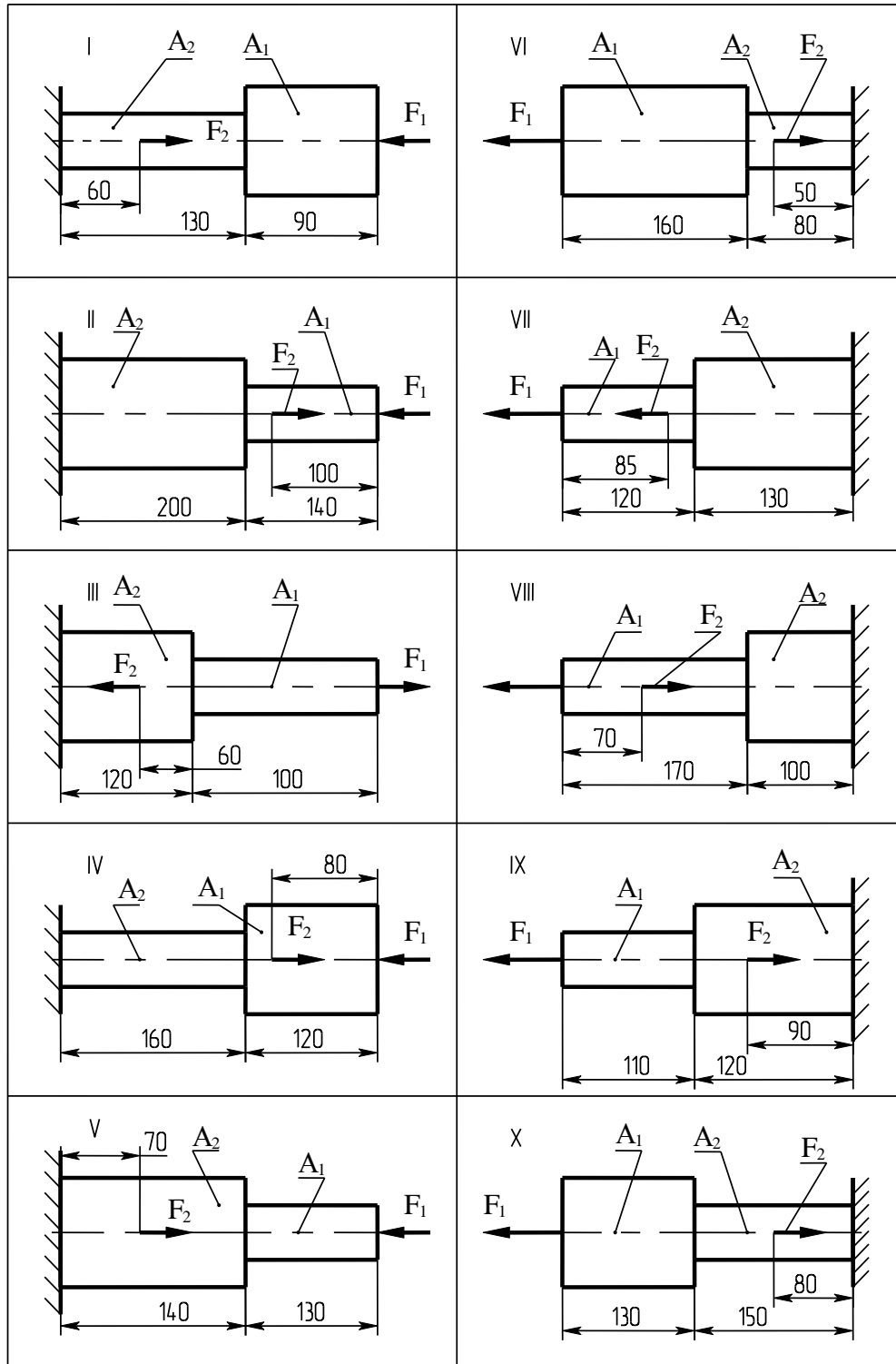


Рис.10

Таблица 7.

№ задачи и схемы на рис.10	Вариант	F ₁ (кН)	F ₂ (кН)	A ₁ (мм ²)	A ₂ (мм ²)	№ задачи и схемы на рис.10	Вариант	F ₁ (кН)	F ₂ (кН)	A ₁ (мм ²)	A ₂ (мм ²)
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
41, I	00	10	20	120	80	42,II	01	3,3	8,0	40	50
	14	12	10	120	80		15	4,0	9,7	50	60
	28	12	20	70	90		29	4,8	10	40	80
	33	21	40	240	220		35	5,6	9,5	50	100
	40	16	13	260	1602		41	7,2	15	60	150
	57	18	23	180	140		58	5,6	8,2	70	200
43, III	02	15	30	160	210	44, IV	03	10	29	200	180
	16	14	18	210	230		17	8,0	18	300	200
	20	20	32	220	250		21	76	20	320	280
	34	30	36	160	240		36	17	43	320	300
	42	26	15	130	200		44	9,9	22	350	320
	59	30	40	200	220		50	17	51	400	350
	-	-	-	-	-		60	23	40	420	380
45, V	04	3,5	12	180	250	46, VI	06	6,6	3	80	40
	18	27	27	200	280		19	3,8	6	90	50
	22	18	38	180	300		23	6,6	3	80	40
	37	1,8	20	150	260		38	9,3	16	120	80
	45	15	35	260	320		46	8,6	16	150	60
	51	12	28	160	290		52	8,9	15	140	70
47, VII	05	16	8,0	40	140	48, VIII	07	14	18	240	280
	10	8,0	30	80	150		11	16	12	110	300
	24	19	10	60	90		25	10	16	220	300
	39	8,0	8,0	140	200		30	6,0	17	300	320
	43	5,0	20	100	150		48	11	16	320	350
	53	8,0	15	100	180		54	12	27	350	400
49, IX	08	22	30	210	270	50, X	09	12	30	250	210
	12	10	28	240	280		13	14	40	220	200
	26	12	34	180	220		27	15	30	240	150
	31	11	24	160	200		32	25	37	280	100
	47	22	7,0	240	300		49	40	12	260	160
	55	18	35	260	300		56	30	13	280	150

4. Методические указания и примеры решения задач контрольной работы №1.

СТАТИКА

Основные понятия.

Статика изучает равновесие тел под действием приложенных сил. Под равновесием понимают состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. Систему сил, под действием которой тело находится в равновесии, называют уравновешенной. Деление материальных тел на абсолютно твёрдые тела и материальные точки является условным. В зависимости от конкретных условий одно и то же тело можно рассматривать как материальную точку в одних задачах и как абсолютно твёрдое тело в других.

Изучая связи и реакции связей, следует обратить внимание на особенности активных сил и реакций связей. Модуль и направление активной силы непосредственно не зависят от других действующих на тело сил. Величина реакции связи всегда зависит от величины и направления активных сил. Точка приложения реакции, как правило, известна. Направление же реакций известно лишь для некоторых видов связей. Например, для идеальной поверхности.

В общем случае реакция связи направлена в сторону, противоположную той, куда связь не даёт перемещаться телу. Если активную силу считать действием, то реакция является противодействием.

По третьему закону Ньютона «действие равно противодействию...», следовательно, если требуется определить, например, давление на опору, то можно определить равную по модулю, но противоположную по направлению реакцию опоры.

Плоская система сходящихся сил

Для определения равнодействующей и решения задач на равновесие можно пользоваться геометрическим и аналитическим методом.

Геометрическим методом удобнее пользоваться, когда общее число активных сил и реакций связей равно трём.

Аналитическим методом можно пользоваться при любом числе сил.

Преимущества аналитического метода особенно видны в задачах при действии на тело более трёх сходящихся сил.

Проекция силы на ось равна произведению модуля силы на косинус угла между силой и осью. Например, на рисунке 11

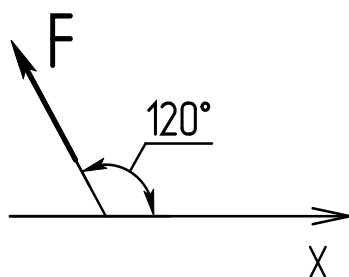


Рис.11

$$F_x = F \cdot \cos 120^\circ = F \cdot \cos (180^\circ - 60^\circ) = -F \cdot \cos 60^\circ.$$

Для определения проекции силы на ось, наряду с основным правилом, можно пользоваться следующими приёмами:

1. Определить знак проекции, затем модуль проекции. Проекция считается положительной, если направление перемещения от начала проекции (точка а) к её концу (точка b) совпадает с положительным направлением оси (рис.12).

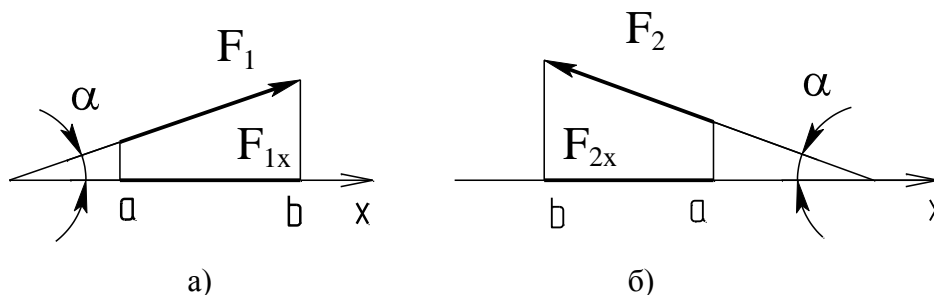


Рис.12

На рисунке 12а проекция имеет знак плюс, а на рисунке 12б – минус. Модуль проекции равен произведению силы на косинус острого угла между линией действия силы и прямой, совпадающей с осью.

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos\alpha; \quad F_{2x} = - F_2 \cdot \cos\alpha;$$

2. Разложить силу на две взаимно перпендикулярные составляющие, одна из которых перпендикулярна к оси (рис 13). По теореме о проекции суммы $F_x = F_{1x} + F_{2x}$; $F_{1x} = - F \cdot \cos\alpha$, т. к. сила F_1 имеет направление, противоположное положительному направлению оси. $F_{2x} = 0$, т.к. сила F_2 перпендикулярна к оси.

Следовательно, $F_x = - F \cdot \cos\alpha$.

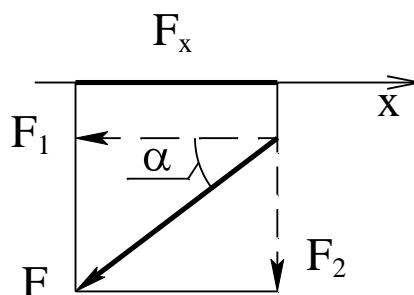


Рис.13

Плоская система произвольно расположенных сил.

Момент силы относительно точки равен произведению модуля силы на плечо. Плечом (h) называют кратчайшее расстояние от точки (А) до линии действия силы (F). (Рисунок 14).

Момент силы относительно точки считается положительным, если сила стремится повернуть тело относительно точки против хода часовой стрелки и отрицательным, если по ходу часовой стрелки. $m_A(F) = - F \cdot h$; $m_A(F_1) = F_1 \cdot h_1$; $m_A(F_2) = 0$, так как плечо равно нулю.

Таким образом, момент силы относительно точки равен нулю, если точка лежит на линии действия силы.

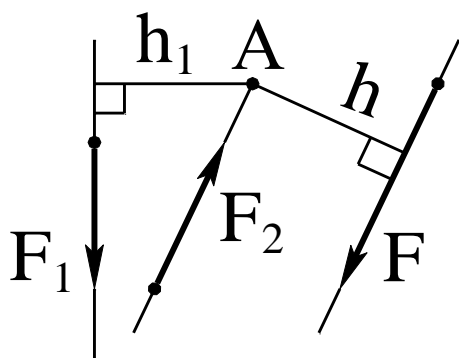


Рис. 14

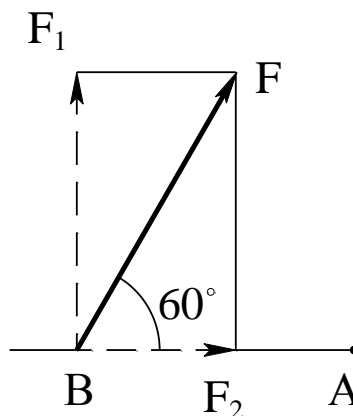


Рис.15

В некоторых случаях при определении момента силы относительно точки целесообразно применять теорему о моменте равнодействующей. Например, при определении момента силы F относительно точки A (рис.15) можно разложить силу F на две взаимно перпендикулярные составляющие силы, одна из которых перпендикулярна к отрезку AB .

Момент силы F относительно точки A равен сумме моментов сил F_1 и F_2 относительно точки A .

$m_A(F_1) = -F_1 \cdot AB = -F \cdot \cos 30^\circ \cdot AB$; $m_A(F_2) = 0$, т.к. точка A лежит на линии действия силы F_2 . Таким образом, $m_A(F) = -F \cdot \cos 30^\circ \cdot AB$.

Существуют три формы уравнений равновесия. Основная форма:

$$1. \sum F_{nx} = 0; \quad 2. \sum F_{ny} = 0; \quad 3. \sum m_A(F_n) = 0.$$

Если кроме системы сил в той же плоскости действуют пары сил (моменты), то в уравнения проекций (1 и 2 уравнения), пары сил не войдут, т.к. проекции сил пары на любую ось равны по модулю и противоположны по знаку, и их сумма равна нулю.

В уравнении моментов (3 уравнение) к моментам сил прибавляются моменты пар.

Первую задачу (задачи 1... 10) следует решать после изучения тем: **1.1;1.2.**

Задачи на равновесие твёрдого тела, к которому приложена плоская система произвольно расположенных сил, нужно решать в такой последовательности:

1. Выбрать тело, равновесие которого будет рассмотрено. Надо рассматривать равновесие того тела, к которому приложены заданные и искомые силы.
2. Освободить выбранное тело от связей, заменив действие связей реакциями.
3. Составить уравнения равновесия.

Для получения более простых уравнений следует:

- составляя уравнения проекций, проводить координатную ось перпендикулярно какой-нибудь неизвестной силе;
 - составляя уравнение моментов, брать центр моментов в точке, где пересекаются линии действия большего числа неизвестных сил.
4. Решив уравнения равновесия, определить искомые величины.
 5. Проверить правильность решения задачи.

Пример 1.

Определить реакции опор балки, нагруженной, как показано на рисунке 6. $F = 10\text{кН}$, $M = 4\text{кН}\cdot\text{м}$, $q = 8\text{кН/м}$, $a = 1,4\text{м}$; $b = 2\text{м}$; $c = 1,6\text{м}$.

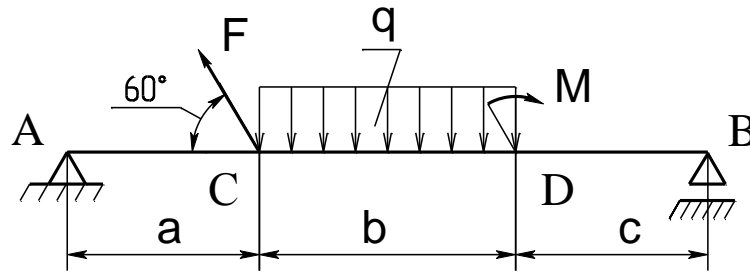


Рис. 16

Решение

1. Рассмотрим равновесие балки АВ. Равномерно распределённую нагрузку заменяем сосредоточенной силой, равной произведению интенсивности «q» на длину участка CD ($q \cdot CD$) и приложенной в середине CD. (рис.17).

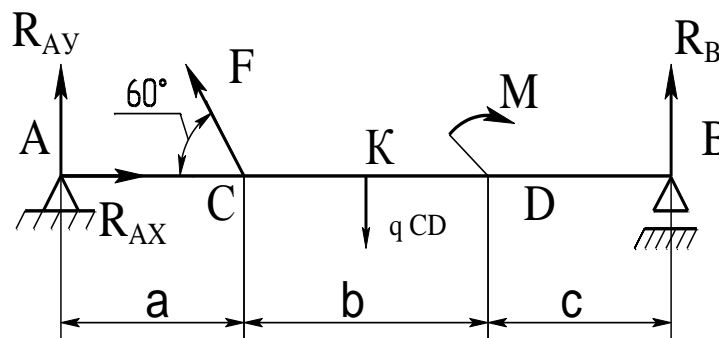


Рис.17

2. Освободим балку от связей, заменив действие связей реакциями.

Реакцию опоры А раскладываем на две взаимно перпендикулярные составляющие R_{AX} и R_{AY} . Реакция R_B опоры В направлена перпендикулярно к опорной поверхности.

Изобразим балку АВ как свободное тело с действующими на неё активными силами и реакциями связей.

3. Составим уравнения равновесия, выбрав основную форму условий равновесия:

1. $\sum F_{nx} = 0$;
2. $\sum F_{ny} = 0$;
3. $\sum m_A(F_n) = 0$;

Ось «х» направим по оси балки. За центр моментов принимаем точку А. При определении момента силы F применяем теорему Вариньона о моменте равнодействующей.

$$1. R_{AX} - F \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$2. R_{AY} + F \cos 30^\circ - q \cdot CD + R_B = 0$$

$$3. F \cos 30^\circ \cdot a - q \cdot CD \cdot \left(a + \frac{b}{2}\right) - M + R_B \cdot (a + b + c) = 0$$

$$R_B = \frac{-F \cos 30^\circ \cdot a + q \cdot CD \left(a + \frac{b}{2}\right) + M}{a + b + c}$$

Из 3-го уравнения:

$$R_B = \frac{-10 \cdot 0,86 \cdot 1,4 + 8 \cdot 2 \left(1,4 + \frac{2}{2}\right) + 4}{1,4 + 2 + 1,6} = 6,06 \text{ кН}$$

$$\text{Из 2-го уравнения: } R_{AY} = -F \cdot \cos 30^\circ + q \cdot CD - R_B$$

$$R_{AY} = -10 \cdot 0,866 + 8 \cdot 2 - 6,06 = 1,28 \text{ кН}$$

$$\text{Из 1-го уравнения: } R_{AX} = F \cdot \cos 60^\circ$$

$$R_{AX} = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ кН}$$

Ответ: $R_{AX} = 5 \text{ кН}$ $R_{AY} = 1,28 \text{ кН}$ $R_B = 6,06 \text{ кН}$

4. Проверяем правильность решения задачи. Составим уравнение моментов относительно точки С (или К, или D). За центр моментов не следует брать точки А и В, т.к. в уравнение моментов не войдут реакции связей.

$$\sum m_C(F_n) = 0. \quad -R_{AY} \cdot a - q \cdot CD \cdot \frac{b}{2} - M + R_B \cdot (b + c) = 0$$

$$-1,28 \cdot 1,4 - 8 \cdot 2 \cdot \frac{2}{2} - 4 + 6,06 \cdot (2 + 1,6) = 0$$

$$0 = 0.$$

Задача решена правильно.

Примечания:

1. Реакциями неподвижной защемляющей опоры (жёсткой заделки) являются две взаимно перпендикулярные силы R_{AX} и R_{AY} и момент M_A , как показано на рисунке 18.
2. Если реакция получится отрицательной, значит её фактическое направление противоположно указанному на рисунке. Никаких изменений в решение задачи вносить не нужно.

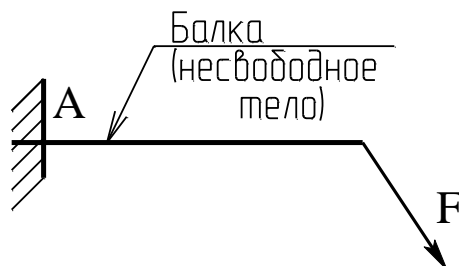


Рис. 18а

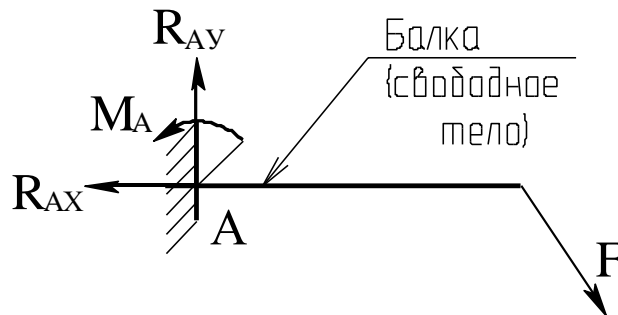


Рис. 18 б

Вторую задачу (*задачи 11... 20*) следует решать после изучения темы: **1.3.**

Задачи на определение координат центра тяжести плоских фигур нужно решать в такой последовательности:

1. Плоскую фигуру разбить на составные части, положение центра тяжести которых известно или легко определяется
2. Провести оси координат. Если составная фигура имеет ось симметрии, то одну из координатных осей совместить с осью симметрии.
3. Определить координаты центров тяжести и площади составных частей.
4. Определить координаты центра тяжести плоской фигуры.

Пример 2.

Для заданного сечения (рисунок 19), составленного из двух прокатных профилей и полосы, определить координаты центра тяжести.

Решение

1. Разбиваем плоскую фигуру на три составные части.
2. Проводим оси координат, совмещая ось «у» с вертикальной осью симметрии. Координата « x_c » = 0, т.к. центр тяжести лежит на оси симметрии.
3. Определяем координаты «у» и площади каждой части.

$$A_1 = 30,6 \text{ см}^2 = 3060 \text{ мм}^2$$

$$y_1 = 10 + \frac{h_2}{2} = 10 + \frac{220}{2} = 120 \text{ мм}$$

$$A_2 = 23,4 \text{ см}^2 = 2340 \text{ мм}^2$$

$$y_2 = 10 + h_2 + S - Z_0 = 10 + 220 + 5,2 - 20,7 = 214,5 \text{ мм}^2$$

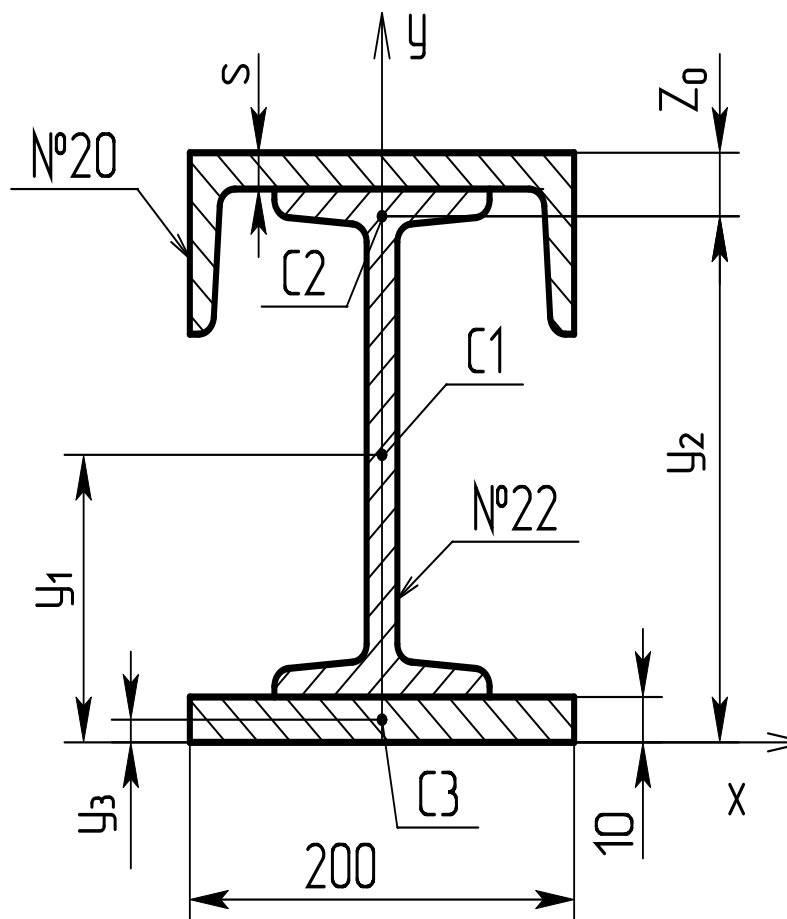


Рис.19

где,

S - толщина стенки швеллера;

Z_0 - размер, определяющий положение центра тяжести швеллера.

Данные для стандартных прокатных профилей определены по справочным таблицам (приложения П1...П3).

$$A_3 = 200 \cdot 10 = 2000 \text{ мм}^2; \quad y_3 = \frac{10}{2} = 5 \text{ мм}; \quad y_c = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$y_c = \frac{3060 \cdot 120 + 2340 \cdot 214,5 + 2000 \cdot 5}{3060 + 2340 + 2000} = 118,8 \text{ мм}$$

Ответ: $x_c = 0$; $y_c = 118,8 \text{ мм}$.

КИНЕМАТИКА

Кинематика точки. Вращательное движение твёрдого тела

Третью задачу (*задачи 21... 30*) следует решать после изучения темы: **1.4**.

В задачах 21...24 рассматривается движение точки при естественном способе задания движения.

В задачах 25, 26 - вращательное движение тела вокруг неподвижной оси при заданном уравнении движения.

В задачах 27, 28 рассматривается равнопеременное движение точки.

В задачах 29, 30 - равнопеременное вращение твердого тела.

Последовательность решения таких задач видна из приведенных примеров.

Пример 3.

Материальная точка движется по окружности радиуса $R = 0,5$ м.

Уравнение движения $s = \sin \frac{\pi}{9} t$, где s - в метрах, t - в секундах. Определить скорость и ускорение точки через 3 секунды после начала движения.

Решение:

1. Определяем скорость точки как первую производную расстояния:

$$v = s' = \left(\sin \frac{\pi}{9} t \right)' = \frac{\pi}{9} \cos \frac{\pi}{9} t; \quad \text{при } t = 3\text{с} \quad v = \frac{\pi}{9} \cos \frac{\pi}{9} \cdot 3 = 0,175 \text{ м/с}$$

2. Определяем касательное ускорение точки как первую производную скорости:

$$a_{\tau} = \left(\frac{\pi}{9} \cos \frac{\pi}{9} t \right)' = -\frac{\pi^2}{9^2} \sin \frac{\pi}{9} t,$$

$$\text{При } t = 3\text{с} \quad a_{\tau} = -\frac{\pi^2}{9^2} \sin \frac{\pi}{9} \cdot 3 = -0,105 \text{ м/с}^2.$$

3. Определим нормальное ускорение: $a_n = \frac{v^2}{R}$; $a_n = \frac{0,175^2}{0,5} = 0,066 \text{ м/с}^2$

4. Определяем полное ускорение точки:

$$a = \sqrt{a_{\tau}^2 + a_n^2}; \quad a = \sqrt{(-0,105)^2 + 0,066^2} = 0,124 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $v = 0,175 \text{ м/с}$; $a = 0,124 \text{ м/с}^2$

Примечание:

При прямолинейном движении точки нормальное ускорение $a_n = 0$, следовательно $a = a_{\tau}$

Пример 4.

Тело, вращается вокруг неподвижной оси. Уравнение движения:

$\varphi = 3t + t^3$, где φ - в радианах, t - в секундах.

Определить угловую скорость и угловое ускорение тела, а также полное ускорение точки, находящейся от оси вращения на расстоянии $R = 0,1$ м через 2 секунды после начала движения.

Решение:

1. Определяем угловую скорость как первую производную угла поворота:

$$\omega = \varphi' = (3t + t^3)' = 3 + 3t^2, \quad \text{при } t = 2 \text{ с} \quad \omega = 3 + 3 \cdot 2^2 = 15 \text{ рад/с}.$$

2. Определяем угловое ускорение как первую производную угловой скорости:

$$\varepsilon = \omega' = (3 + 3t^2)' = 6t, \quad \text{при } t = 2 \text{ с} \quad \varepsilon = 6 \cdot 2 = 12 \text{ рад/с}^2.$$

3. Определяем касательное ускорение точки:

$$a_\tau = R \cdot \varepsilon, \quad a_\tau = 0,1 \cdot 12 = 1,2 \text{ м/с}^2.$$

4. Определяем нормальное ускорение точки:

$$a_n = R \cdot \omega^2, \quad a_n = 0,1 \cdot 15^2 = 22,5 \text{ м/с}^2$$

5. Определяем полное ускорение точки:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}. \quad a = \sqrt{1,2^2 + 22,5^2} = 22,52 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $\omega = 15 \text{ рад/с}$; $\varepsilon = 12 \text{ рад/с}^2$; $a = 22,52 \text{ м/с}^2$.

Пример 5.

Материальная точка движется по окружности радиуса $R = 50$ метров. В течение 8 секунд ее скорость изменилась с 26 м/с до 10 м/с.

Считая движение равнопеременным, определить полное ускорение точки в конце восьмой секунды и пройденный путь.

Решение:

1. Определяем касательное ускорение: $a_\tau = \frac{v - v_0}{t}$; $a_\tau = \frac{10 - 26}{8} = -2 \text{ м/с}^2$.

2. Определяем нормальное ускорение: $a_n = \frac{V^2}{R}$; $a_n = \frac{10^2}{50} = 2 \text{ м/с}^2$.

3. Определяем полное ускорение: $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$; $a = \sqrt{(-2)^2 + 2^2} = 2,82 \text{ м/с}^2$

4. Определяем пройденный путь: $S = v_0 t + \frac{a_\tau t^2}{2}$

$$S = 26 \cdot 8 + \frac{-2 \cdot 8^2}{2} = 144 \text{ м}$$

Ответ: $a = 2,82 \text{ м/с}^2$; $S = 144 \text{ м}$.

Пример 6.

Маховик радиуса $R = 0,3$ м вращается равнопеременно. В течение 5 секунд частота вращения изменилась со 150 об/мин, до 300 об/мин. Определить угловое ускорение маховика, ускорение точек обода маховика в конце указанного промежутка времени и число оборотов маховика за это время.

Решение:

1. Предварительно определяем угловые скорости маховика:

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30}; \quad \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 150}{30} = 15,7 \text{ рад/с.}$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30}; \quad \omega = \frac{3,14 \cdot 300}{30} = 31,4 \text{ рад/с;}$$

2. Определяем угловое ускорение:

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t}; \quad \varepsilon = \frac{31,4 - 15,7}{5} = 3,14 \text{ рад/с}^2$$

3. Определяем касательное ускорение точек обода:

$$a_{\tau} = R \cdot \varepsilon, \quad a_{\tau} = 0,3 \cdot 3,14 = 0,942 \text{ м/с}^2$$

4. Определяем нормальное ускорение точек обода:

$$a_n = R \cdot \omega^2 \quad a_n = 0,3 \cdot 31,4^2 = 294 \text{ м/с}^2$$

5. Определяем полное ускорение точек обода:

$$a = \sqrt{a_{\tau}^2 + a_n^2}; \quad a = \sqrt{0,942^2 + 294^2} = 294,2 \text{ м/с}^2$$

6. Определяем число оборотов маховика за 5 секунд:

$$\varphi_{об} = \frac{\varphi}{2\pi} \quad \text{где } \varphi - \text{угол поворота маховика - в радианах.}$$

$$\varphi = \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}; \quad \varphi = 15,7 \cdot 5 + \frac{3,14 \cdot 5^2}{2} = 117,75 \text{ рад}$$

$$\varphi_{об} = \frac{117,75}{2 \cdot 3,14} = 18,75 \text{ об.}$$

Ответ: $\varepsilon = 3,14 \text{ рад/с}^2$; $a = 294,2 \text{ м/с}^2$; $\varphi_{об} = 18,75 \text{ об.}$

ДИНАМИКА

Четвёртую задачу (задачи 31...40) следует решать после изучения темы: 1.5.

При решении задач 31, 32 можно использовать метод кинестатики.

Рекомендуемая последовательность решения задач:

1. Выбрать точку, движение которой будем рассматривать.
2. Освободить выбранную точку от связей, заменив действие связей реакциями.
3. К активным силам и реакциям связей добавить силу инерции, направив её противоположно ускорению. При неравномерном криволинейном движении добавляем касательную и нормальную силы инерции, направляя их противоположно соответствующим ускорениям.
4. Провести координатные оси и составить уравнения равновесия. Если линии действия всех сил лежат на одной прямой, то составляют одно уравнение.
5. Решив уравнения, определить искомые величины.

Пример 7.

Шарик, масса которого равна 0,2 кг, привязан к нити длиной 0,8 метра и вращается вместе с ней в вертикальной плоскости (рисунок 20). В положении, изображённом на рисунке, скорость шарика равна 6 м/с. Определить натяжение нити.

Решение

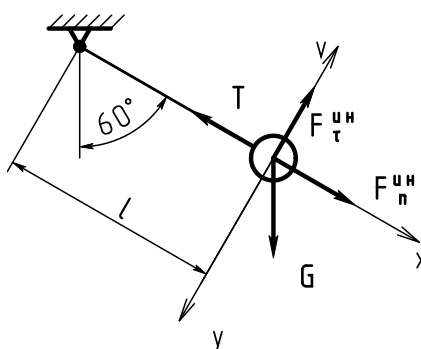


Рис. 20

1. Будем рассматривать движение шарика, считая его материальной точкой.
2. Реакция нити направлена по нити к точке подвеса.
3. Условно добавляем силы инерции: нормальную силу инерции $F_n^{\text{ин}}$, направленную по нормали к траектории (по радиусу) от центра и касательную силу инерции $F_t^{\text{ин}}$, направленную по скорости, предполагая, что движение замедленное.
4. Проводим ось «x» по нити.
5. Составляем уравнения равновесия. На шарик действует условно уравновешенная система сходящихся сил. Так как требуется определить только натяжение нити, то составим только одно уравнение равновесия.

$$\sum F_{nx} = 0. \quad -T + F_n^{\text{ин}} + G \cdot \cos 60^\circ = 0. \quad \text{Из этого уравнения } T = F_n^{\text{ин}} + G \cdot \cos 60^\circ.$$
$$F_n^{\text{ин}} = m \frac{v^2}{R}, \quad \text{где } R = l, \quad G = m \cdot g. \quad T = 0,2 \cdot \frac{6^2}{0,8} + 0,2 \cdot 9,8 \cdot 0,5 = 10 \text{ Н}.$$

Искомое натяжение нити равно по модулю реакции нити, но направлено в противоположную сторону.

Ответ: 10Н.

Пример 8.

Мощность на выходном валу двухступенчатой зубчатой передачи $P_3 = 6$ кВт. Окружная сила $F_{t4} = 1400$ Н, делительный диаметр зубчатого колеса $d_4 = 120$ мм. Определить мощность P_1 на входном (первом) валу передачи, если общий к.п.д. передач равен 0,8. Определить угловую скорость выходного вала ω_3 .

Решение

1. Определяю мощность на первом валу:

$$\eta = \frac{P_3}{P_1}, \text{ следовательно } P_1 = \frac{P_3}{\eta} \quad P_1 = \frac{6}{0,8} = 7,5 \text{ кВт}$$

2. Определяю вращающий момент на выходном валу

$$M_3 = \frac{F_{t4} \cdot d_4}{2}, \quad d_4 = 120 \text{ мм} = 0,12 \text{ м.}$$

$$M_3 = \frac{1400 \cdot 0,12}{2} = 84 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3. Определяю угловую скорость выходного вала.

$$\omega_3 = \frac{P_3}{M_3}, \quad \omega_3 = \frac{6 \cdot 10^3}{84} = 71,4 \text{ рад/с};$$

Ответ: $P_1 = 7,5$ кВт; $\omega_3 = 71,4$ рад/с.

Примечания:

1. В некоторых задачах требуется определить работу силы, величина которой неизвестна. В этом случае надо воспользоваться теоремой о работе равнодействующей, т.е. предварительно определить силу, составив уравнения равновесия статики, если движение тела равномерное или использовать метод кинетостатики, если движение неравномерное.

2. Работа постоянной силы при прямолинейном равномерном движении

$$A = \mathbf{F} \cdot \mathbf{S} \cdot \cos \alpha, \text{ где } \alpha - \text{угол между силой и скоростью.}$$

3. Работа силы трения $A = - \mathbf{F}_f \cdot \mathbf{S}$, т.к. угол $\alpha = 180^\circ$ и $\cos 180^\circ = -1$.

4. Работа силы тяжести $A = \mathbf{G} \cdot (\mathbf{h}_1 - \mathbf{h}_2)$, где h_1 - начальная высота центра тяжести, h_2 - конечная высота центра тяжести.

Работа силы тяжести отрицательна, если тело движется вверх.

Работа силы тяжести положительна, если тело движется вниз.

Работа силы тяжести равна нулю, если тело движется горизонтально.

Работа силы тяжести не зависит от вида траектории.

Задачи 36, 37 решаются с использованием теоремы об изменении количества движения материальной точки.

Рекомендуемая последовательность решения задач:

1. Изобразить материальную точку в произвольном промежуточном положении.
2. Показать все силы, приложенные к точке, т. е. активные силы и реакции связей.
3. Показать направление движения (скорость).
4. Выбрать систему координат.
5. Записать теорему об изменении количества движения материальной точки в проекциях на эти оси.
6. Решив уравнения, определить искомые величины.

Пример 9.

Тело массой 60кг движется по горизонтальной шероховатой поверхности под действием силы $F = 300\text{Н}$ (рисунок 21). Сколько времени должна действовать сила, чтобы скорость тела изменилась с 8м/с до 23м/с? Коэффициент трения скольжения $f = 0,3$.

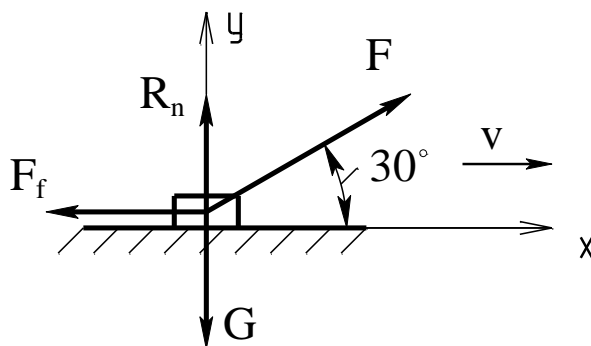


Рис. 21

Решение

1. Так как поверхность шероховатая, то кроме нормальной реакции R_n изображаем силу трения F_f , направляя её противоположно скорости.
2. Оси координат направляем так, чтобы возможно большее число сил было параллельно или перпендикулярно к осям.
3. Запишем теорему об изменении количества движения в проекциях на оси координат.

$$1). (-F_f + F \cdot \cos 30^\circ) \cdot \Delta t = mv_2 - mv_1.$$

$$2). (R_n - G + F \cdot \cos 60^\circ) \cdot \Delta t = 0;$$

$$\text{Из 1}^{\text{го}} \text{ уравнения } \Delta t = \frac{mv_2 - mv_1}{-F_f + F \cdot \cos 30^\circ}; \quad F_f = R_n \cdot f.$$

Нормальную реакцию R_n определим из 2^{го} уравнения:

$$R_n - G + F \cdot \cos 60^\circ = 0, \text{ (т.к. } \Delta t \neq 0).$$

$$R_n = G - F \cdot \cos 60^\circ. \quad G = m \cdot g.$$

$$R_n = 60 \cdot 9,8 - 300 \cdot 0,5 = 438\text{Н}. \quad \text{Тогда сила трения } F_f = 438 \cdot 0,3 = 131,4\text{Н}.$$

$$\Delta t = \frac{60 \cdot 23 - 60 \cdot 8}{-131,4 + 300 \cdot 0,866} = 7\text{с}.$$

Ответ: $\Delta t = 7\text{ с}.$

Задачи 38, 39, 40 решаются с использованием теоремы об изменении кинетической энергии материальной точки.

Рекомендуемая последовательность решения задач:

- 1 Изобразить точку в промежуточном положении (иногда в начальном и конечном положениях).
- 2 Показать активные силы и реакции связей.
- 3 Указать направление движения (скорость).
- 4 Вычислить сумму работ всех сил, приложенных к материальной точке, на её перемещении.
- 5 Вычислить кинетическую энергию материальной точки в её начальном и конечном положениях.
- 6 Применив теорему об изменении кинетической энергии материальной точки, определить искомую величину.

Пример 10.

Шарик подвешен на нити длиной 1,3 метра (рисунок 22). Вследствие толчка шарик получил горизонтальную скорость 7 м/с. Определить скорость шарика при повороте нити на 60° .

Решение

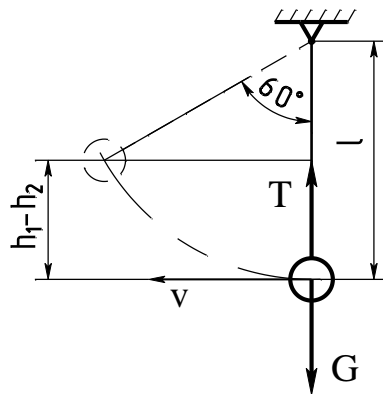


Рис. 22

1. Работа силы тяжести $A = G \cdot (h_1 - h_2)$. Начальная высота центра тяжести шарика меньше конечной высоты, т. е. $h_1 - h_2 < 0$

Из рисунка $|h_1 - h_2| = l - l \cdot \cos 60^\circ = l/2$. Тогда работа силы тяжести $A = -G \cdot l/2$.

Работа реакции связи T равна нулю ($A_T = 0$), т.к. реакция T перпендикулярна скорости v .

2. Кинетическая энергия в начальном положении $E_{1K} = \frac{m \cdot v_1^2}{2}$, в конечном положении

$$E_{2K} = \frac{m \cdot v_2^2}{2}.$$

3. По теореме об изменении кинетической энергии $\frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2} = -G \cdot \frac{l}{2}$;

Сила тяжести $G = m \cdot g$, тогда $v_2 = \sqrt{v_1^2 - g \cdot l}$, $v_2 = \sqrt{7^2 - 9,8 \cdot 1,3} = 6 \text{ м/с}$.

Ответ: $v_2 = 6 \text{ м/с}$.

Пример 11.

Для двухступенчатого бруса, нагруженного силами $F_1 = 40$ кН и $F_2 = 60$ кН, (рисунок 23) построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений. Определить удлинение (укорочение) бруса. Модуль продольной упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Площади поперечных сечений бруса: $A_1 = 350 \text{ мм}^2$, $A_2 = 1200 \text{ мм}^2$.

Решение.

1. Разделим брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяется площадь поперечного сечения или приложены внешние силы.

Продольная сила, возникающая в сечении, равна алгебраической сумме внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения.

Внешнюю силу записывают со знаком плюс, если она направлена от сечения и со знаком минус, если к сечению.

Рассечём брус в пределах первого участка и отбросим левую часть бруса:

$$N_{Z1} = F_1 = 40 \text{ кН} = 40 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Аналогично, в пределах второго участка отбросим левую часть, тогда

$$N_{Z2} = F_1 = 40 \text{ кН} = 40 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Продольная сила на третьем участке

$$N_{Z3} = F_1 - F_2 = 40 - 60 = -20 \text{ кН} = -20 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

2. Построим эпюру продольных сил. Для этого параллельно оси бруса проводим нулевую линию. Выше неё откладываем положительные значения продольной силы, а ниже – отрицательные. В сечении, где приложена внешняя сосредоточенная сила, имеет место скачок на величину этой силы.

3. Определяем нормальные напряжения в точках поперечных сечений бруса и строим эпюру напряжений.

На эпюре нормальных напряжений имеется скачок не только там, где приложена внешняя сила, но и в сечениях, площадь которых изменяется скачком.

$$\sigma_1 = \frac{N_{Z1}}{A_1}; \quad \sigma_1 = \frac{40 \cdot 10^3}{350} = 114,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{N_{Z2}}{A_2}; \quad \sigma_2 = \frac{40 \cdot 10^3}{1200} = 33,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 = \frac{N_{Z3}}{A_3}; \quad \sigma_3 = \frac{-20 \cdot 10^3}{1200} = -16,7 \text{ МПа}.$$

4. Определяем удлинения участков бруса.

$$\Delta l_1 = \frac{N_{Z1} \cdot l_1}{A_1 \cdot E}; \quad \Delta l_1 = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 70}{350 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,04 \text{ мм}$$

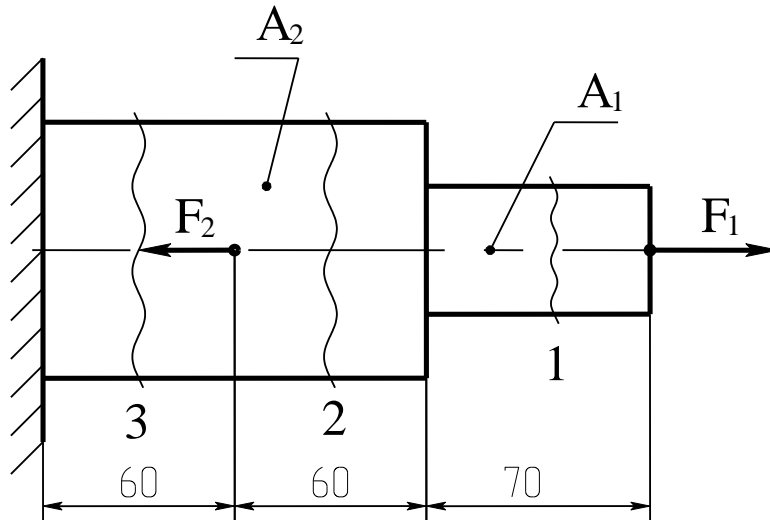
$$\Delta l_2 = \frac{N_{Z2} \cdot l_2}{A_2 \cdot E}; \quad \Delta l_2 = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 60}{1200 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,01 \text{ мм}$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_{Z3} \cdot l_3}{A_3 \cdot E}; \quad \Delta l_3 = \frac{-20 \cdot 10^3 \cdot 60}{1200 \cdot 2 \cdot 10^5} = -0,005 \text{ мм.}$$

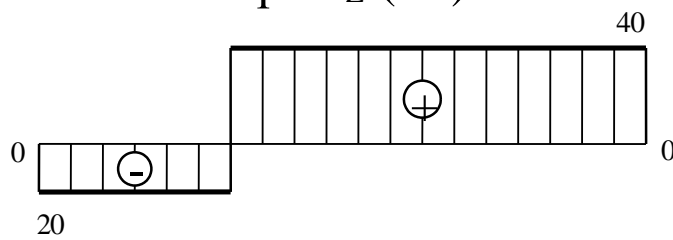
5. Определяем общее удлинение бруса.

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3;$$

$$\Delta l = 0,04 + 0,01 - 0,005 = 0,045 \text{ мм.}$$



Эпюра N_z (кН)



Эпюра σ (МПа)

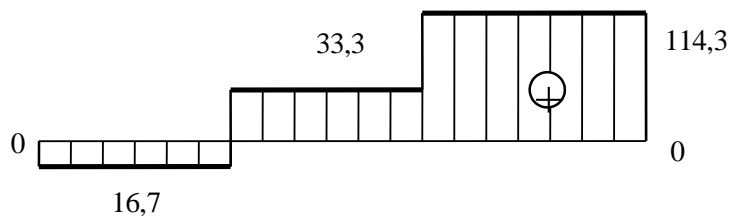


Рис. 23

5. Вопросы к дифференцированному зачёту

По статике:

1. Сформулировать основные понятия и аксиомы статики.
2. Описать метод разложения силы на две взаимно перпендикулярные составляющие
3. Сформулировать правило определения равнодействующей
4. Перечислить основные виды связей и их реакции.
5. Сформулировать аксиому связей.
6. Перечислить условия равновесия и уравнения равновесия плоских систем сил.
7. В каком случае проекция силы на ось равна нулю?
8. В каком случае момент силы относительно точки равен нулю?
9. Почему пару сил (момент) не проецируют на оси?
10. Описать аналитический метод определения координат центра тяжести.

По кинематике:

1. Сформулировать основные понятия кинематики.
2. Сформулировать правила вычисления скорости и ускорений точки при задании движения точки естественным способом.
3. Сформулировать правила вычисления угловой скорости и углового ускорения тела при вращательном движении твёрдого тела.
4. Назвать зависимость между угловой скоростью и частотой вращения.
5. Сформулировать правила вычисления скорости и ускорений точек вращающегося тела.

По динамике:

1. Сформулировать основное уравнение динамики материальной точки.
2. Описать формулу работы постоянной силы
3. Описать формулу работы при вращательном движении.
4. Описать формулу мощности при вращательном движении.

По основным понятиям «сопротивления материалов».

1. Перечислить и дать определения видов нагрузений.
2. Сформулировать понятия: прочность, жёсткость и устойчивость.
3. Перечислить внутренние силовые факторы.
4. Перечислить виды нагрузений.

По растяжению-сжатию:

1. Сформулировать, какой вид нагружения называется растяжением-сжатием
2. Сформулировать правило определения продольной силы.
3. По какой формуле определяется нормальное напряжение в произвольной точке поперечного сечения при растяжении-сжатии.
4. При каком виде нагружения продольная сила отрицательна?
5. В каком поперечном сечении расположен скачок на эпюре продольных сил?
6. В каком поперечном сечении расположен скачок на эпюре нормальных напряжений?

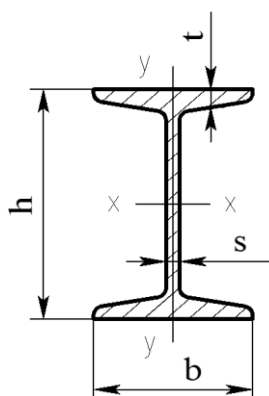
ПРИЛОЖЕНИЯ:

Приложение 1

Сталь горячекатаная. Балки двутавровые.

Сортамент ГОСТ 8239-72*(извлечение)

Обозначения: h - высота балки; b - ширина полки; s - толщина стенки; t - средняя толщина полки; I - момент инерции; W - момент сопротивления.



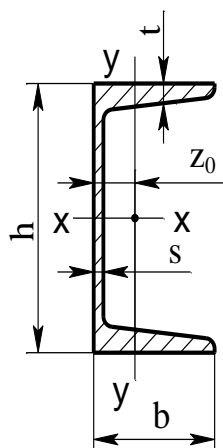
№ двутавра	Размер, мм				Площадь сечения см ²	Справочные величины для осей			
	h	b	s	t		I_x , см ⁴	W_x , см ³	I_y , см ⁴	W_y , см ³
10	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	17,9	6,49
12	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	27,9	8,72
14	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	41,9	11,50
16	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109,0	58,6	14,50
18	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143,1	82,6	18,40
20	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184,0	115,0	23,40
22	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232,0	157,0	28,60
24	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289,0	198,0	34,60
27	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371,0	260,0	41,50
30	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472,0	337,0	49,90
33	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597,0	419,0	59,90
36	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743,0	516,0	71,10
40	400	155	8,3	13,0	72,6	19062	953,0	667,0	86,10
45	450	160	9,0	14,2	84,7	27696	1231,0	808,0	101,00
50	500	170	11,0	15,2	100,0	39727	1589,0	1043,0	123,00
55	550	180	11,0	16,5	118,0	55962	2035,0	1356,0	151,00
60	600	190	12,0	17,8	138,0	76806	2560,0	1725,0	182,00

Приложение 2

Сталь горячекатаная, швеллеры с уклоном внутренних граней полок.

Сортамент ГОСТ 8240-72*(извлечение)

Обозначения: h - высота; b - ширина полки; s - толщина стенки;
 t - средняя толщина полки; I - момент инерции,
 W - момент сопротивления; Z_0 - расстояние от оси y - y до наружной
 грани стенки.

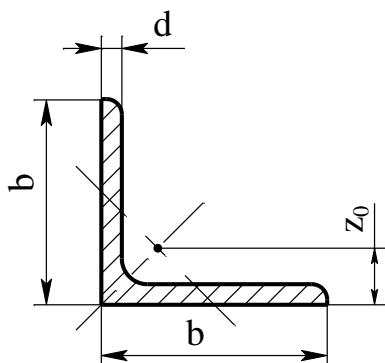


№ швеллера	Размер, мм				Площадь сечения, см ²	Справочные величины для осей				Z ₀ , см
	h	b	s	t		I _x , см ⁴	W _x , см ³	I _y , см ⁴	W _y , см ³	
5	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,1	5,61	2,75	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	5,51	48,6	15,0	8,70	3,63	1,24
8	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	12,80	4,75	1,31
10	100	46	4,5	7,6	10,90	174	34,8	20,40	6,46	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,30	394,4	50,6	31,20	8,52	1,54
14	140	58	4,9	8,1	15,60	491,0	70,2	45,40	11,0	1,67
16	160	64	5,0	8,4	18,10	747,0	93,4	63,30	13,80	1,80
18	180	70	5,1	8,7	20,70	1090,0	121,0	86,00	17,00	1,94
20	200	76	5,2	9,0	23,40	1520,0	152,0	113,0	20,50	2,07
22	220	82	5,4	9,5	26,70	2110,0	192,0	151,0	25,10	2,21
24	240	90	5,6	10,0	30,60	2990,0	242,0	208,0	31,60	2,42
27	270	95	6,0	10,5	35,20	4160,0	308,0	262,0	37,30	2,47
30	300	100	6,5	11,0	40,50	5810,0	387,0	327,0	43,60	2,52
33	330	105	7,0	11,7	46,50	7980,0	484,0	410,0	51,80	2,59
36	360	110	7,5	12,6	53,40	10820,0	601,0	513,0	61,70	2,68
40	400	115	8,0	13,5	61,50	15220,0	761,0	642,0	73,40	2,75

Приложение 3

Сталь прокатная, угловая, равнополочная. Сортамент ГОСТ 8509-72*(извлечение)

Обозначения: b - ширина полки; d - толщина полки; I - момент инерции; z_0 - расстояние от центра тяжести до наружной грани стенки.



№ профиля	Размеры, мм		Площадь сечения, см ²	Масса 1м, кг	I _x , см ⁴	Z ₀ , см
	b	d				
2	20	4	1,46	1,15	0,50	0,64
2,5	25	4	1,86	1,46	1,03	0,76
2,8	28	4	1,62	1,27	1,16	0,80
3,2	32	4	2,43	1,91	2,26	0,94
3,6	36	4	2,75	2,16	3,29	1,04
4	40	4	3,08	2,42	4,58	1,13
4,5	45	4	3,48	2,73	6,63	1,26
5	50	4	3,89	3,05	9,21	1,38
5,6	56	4	4,38	3,44	13,10	1,52
6,3	63	4	4,96	3,90	18,90	1,69
7	70	5	6,86	5,38	31,90	1,90
7,5	75	6	8,78	6,89	46,60	2,06
8	80	6	9,38	7,36	57,00	2,19
9	90	7	12,30	9,64	94,30	2,47
10	100	8	15,60	12,20	147,00	2,75
11	110	8	17,20	13,30	198,00	3,00
12,5	125	9	22,00	17,30	327,00	3,40
14	140	9	24,70	19,40	466,00	3,78
16	160	10	31,40	24,70	744,00	4,30
18	180	11	38,80	30,50	1216,00	4,85
20	200	12	47,10	37,00	1823,00	5,37

Список используемых источников

Основные источники

1. Мовнин М.С. Основы технической механики [Электронный ресурс]: учебник / М.С. Мовнин, А.Б. Израелит, А.Г. Рубашкин. — Электрон.текстовые данные. — СПб. : Политехника, 2016. — 289 с. — 978-5-7325-1087-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58853.html>

Дополнительные источники

1. Завистовский В.Э. Техническая механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Э. Завистовский, Л.С. Турищев. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2015. — 368 с. — 978-985-503-444-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67748.html>
2. Беляева О.А. Педагогические технологии в профессиональной школе [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О.А. Беляева. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2016. — 60с. — 978-985-503-564-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67712/html>
3. Вестник машиностроения [Текст] / Учредитель ООО «Издательство «Инновационное машиностроение». — М.: ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», 2016 – 2018