

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пономарева Светлана Викторовна  
Должность: Проректор по УР и НО  
Дата подписания: 22.09.2023 22:00:22  
Уникальный программный ключ:  
bb52f959411e64617366ef2977b97e87139b1a2d



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ДГТУ)**  
**АВИАЦИОННЫЙ КОЛЛЕДЖ**

**Методические указания по выполнению контрольной работы по**  
**дисциплине ОП. 03 Техническая механика**  
**для студентов заочной формы обучения по специальности**  
**Технология машиностроения**

Ростов-на-Дону  
2020г.

**Разработчик:**  
Преподаватель

\_\_\_\_\_ В.А.Пономарева  
подпись                      фамилия

«31» августа 2020 г

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии  
«Технология машиностроения»

Протокол № 1 от «31» августа 2020 г

Председатель цикловой комиссии

\_\_\_\_\_ Л.Н. Гончарова  
подпись                      фамилия

«31» августа 2020 г

Методические рекомендации предназначены для студентов заочной формы обучения по специальности: Технология машиностроения содержат задания и рекомендованную литературу.

Методические указания позволят студентам выполнить самостоятельно контрольную работу по дисциплине ОП. 03 Техническая механика.

Контрольные задания с краткими методическими указаниями для студентов-заочников составлены в соответствии с содержанием рабочей программы ОП. 03

Техническая механика для специальности 15.02.08 «Технология машиностроения» (заочной формы обучения).

ОП. 03 Техническая механика изучается в течение одного семестра.

Методические указания призваны помочь студентам правильно организовать самостоятельное выполнение контрольных заданий при овладении содержанием ОП. 03 Техническая механика, закреплении знаний и умений.

Контрольная работа направлена на освоение студентами следующих результатов обучения согласно ФГОС 3+ СПО специальности 15.02.08 «Технология машиностроения» и требованиям рабочей программы ОП. 03 Техническая механика:

обучающийся должен **уметь**:

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

**знать:**

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

## 1. Виды и формы самостоятельной работы

- систематическая проработка учебной и специальной технической литературы;
- ответы на вопросы (по методическим указаниям, составленным преподавателем);
- оформление практических работ и подготовка к их защите;
- подготовка к экзамену.

## **2. Методические рекомендации для студентов по видам самостоятельной работы:**

### ***2.1 Систематическая проработка конспектов занятий, учебной и специальной технической литературы***

1. Внимательно прочитайте материал по конспекту, составленному на учебном занятии.
2. Прочитайте тот же материал по учебнику, учебному пособию.
3. Постарайтесь разобраться с непонятным, в частности новыми терминами. Часто незнание терминологии мешает студентам воспринимать материал на теоретических и лабораторно-практических занятиях на должном уровне.
4. Ответьте на контрольные вопросы для самопроверки, имеющиеся в учебнике или предложенные в данных методических указаниях.
5. Кратко перескажите содержание изученного материала «своими словами».
6. Заучите название основные понятия и определения.
7. Освоив теоретический материал, приступайте к выполнению графических и расчетных заданий.

Показатели оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы:

- качество уровня освоения учебного материала;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач или ответе на практико-ориентированные вопросы;
- обоснованность и четкость изложения ответа.

### ***2.2 Оформление отчетов по практическим работам и подготовка их к защите***

Обратитесь к методическим указаниям по проведению лабораторных работ и оформите работу, согласно заданию своего варианта.

Повторите основные теоретические положения по теме практической работы, используя конспект лекций или методические указания.

Сформулируйте выводы по результатам работы, выполненной на учебном занятии. В случае необходимости закончите выполнение графической части.

Показатели оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы

- оформление практических и лабораторных работ в соответствии с методическими указаниями;
- качественное выполнение всех этапов работы;
- необходимый и достаточный уровень понимания цели и порядка выполнения работы;

### ***2.3 Ответы на вопросы и решение задач***

Прежде чем приступить к ответам на вопросы и решению задач, необходимо изучить соответствующий материал программы, так как без его усвоения невозможно правильно ответить на вопросы или решить задачу.

Номера вопросов и задач, подлежащих выполнению в качестве контрольных заданий, устанавливаются по таблицам вариантов в соответствии с порядковым номером студента в журнальном списке.

При выполнении контрольной работы ответы на вопросы должны быть четкими и ясными, по существу поставленных вопросов. Необходимо давать поясняющие суть ответов эскизы, схемы, чертежи. Допускается вклеивать сложные чертежи, схемы, эскизы, выполненные копированием.

Рекомендуется приводить практические примеры из практики работы студента-заочника.

Решение задач должно сопровождаться необходимыми расчетами, буквенные обозначения в формулах должны быть объяснены. Обязательно указывается литература, откуда взяты формулы и значения отдельных величин.

Контрольная работа выполняется на листах писчей бумаги формата А4 или в тетради в клетку четким разборчивым почерком ручкой черного или синего цвета. Не допускается выделение частей текста ручкой красного цвета. При выполнении контрольной работы в тетради на страницах отводятся поля. В конце работы приводится список использованной литературы с указанием автора, издательства и года издания, подпись студента, дата выполнения работы и оставляется чистая страница для рецензии.

Показатели оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы:

- качество уровня освоения учебного материала;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач или ответе на практико-ориентированные вопросы;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление работы в соответствии с методическими рекомендациями.

#### 2.4 Подготовка к экзамену

Анализ вопросов к экзамену и выявление пробелов в знаниях и умениях, их корректировка.

### 3. Порядок выполнения контрольной работы

- четко заполняется титульный лист или наклейка на обложке тетради, с указанием шифра студента, варианта контрольной работы;
- на первых строчках первой страницы указывается номер варианта, номера вопросов и задач, подлежащих выполнению;
- записывается номер и содержание вопроса или условие задачи;
- данные, взятые из таблиц, подставляются в условие задачи по смыслу;
- приводится ответ на вопрос или решение задачи, в необходимых местах приводятся схемы, эскизы;
- в конце работы приводится список использованной литературы.

### 4. Перечень рекомендуемой литературы

№ п/п	Автор	Название	Издательство.	Гриф издания	Год издания	Кол-во в библиотеке.	Наличие на электронных ресурсах	Электрон. учебные пособия
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.2.1. Основная литература								
3.2.1.1	Сафонова Г.Г., Артюховская Т.Ю., Ермаков Д.А.	Техническая механика	М.: ИНФРА-М		2017	-	ЭБС <a href="http://znaniium.com/catalog/product/891734">http://znaniium.com/catalog/product/891734</a>	
3.2.1.2	Кривошапко С. Н.	Сопротивление материалов	Москва: Изд.	Гриф УМО СПО	2016	-	ЭБС <a href="https://www.b">https://www.b</a>	

			Юрайт				iblio-online.ru/book/soprotivleni e-materialov-395186	
3.2.2. Дополнительная литература								
3.2.2.1	Мовнин М. С., Израелит А. Б., Рубашкин А. Г.	Основы технической механики	Санкт- Петербур г: Политех ника		2016	-	ЭБС IPRbooks	
3.2.3. Периодические издания								
3.2.3.1								
3.2.5. Практические (семинарские) и (или) лабораторные занятия.								
3.2.4.1	В.А. Пономарева	Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине ОП.03 Техническая механика для специальности 15.02.08 Технология машиностроения			2020			
3.2.5. Курсовая работа (проект).								
3.2.5.1								
3.2.6. Контрольные работы								
3.2.6.1	В.А. Пономарева	Методические указания по выполнению домашней контрольной работы по дисциплине ОП. 03 Техническая механика для специальности 15.02.08 Технология машиностроения			2020			
3.2.7. Программно-информационное обеспечение, Интернет-ресурсы								
3.2.7.1.		Научно-техническая библиотека ДГТУ					www.ntb- donstu.ru	

## 5. Задания к контрольной работе.

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

Задание 1.1. Определить недостающие из сил  $F_{AB}$ ,  $F_{BC}$ ,  $F$  в механической системе на рис. 1. Исходные данные приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Номер схемы на рис. 1										F, кН	$R_{AB}$ , кН	$R_{CB}$ , кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Вариант												
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0,5		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		0,4	
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			0,3
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	0,6		
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49		0,5	
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59			0,4
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	0,7		
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79		0,6	
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89			0,4
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0,8		

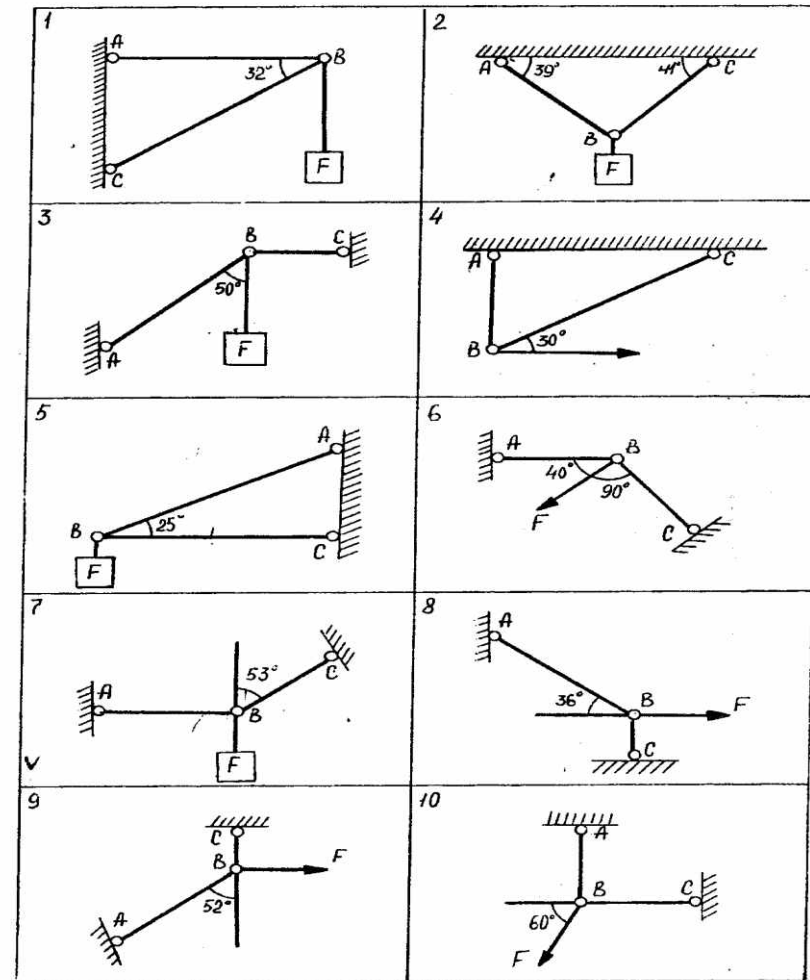


Рис. 1

0,5

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению задания 1.1.

К решению задачи следует приступать после изучения тем 1.1. «Основные понятия и аксиомы статики» и 1.2. «Система сходящихся сил» (см. «Содержание дисциплины»), уяснения приведенных ниже методических указаний и разбора примеров.

В предлагаемой задаче рассматривается тело (точка), находящееся в равновесии под действием плоской системы сходящихся сил. При аналитическом методе решения применяется система двух уравнений равновесия.

$$\sum F_x = 0; \sum F_y = 0,$$

(сумма проекций сил системы на каждую из координатных осей равна нулю).

Проекцией силы на ось называется отрезок оси, заключенный между перпендикулярами, опущенными на ось из начала и конца силы.

Обозначив проекцию силы  $F$  на ось  $X$  через  $F_x$ , а на ось  $Y$  – через  $F_y$ , будем иметь (рис.2):

$$F_x = F \cos \alpha; F_y = -F \sin \alpha, \text{ или } F_y = -F \cos(90 - \alpha)$$

$\alpha$  – угол, образованный силой  $F$  и осью  $X$ .

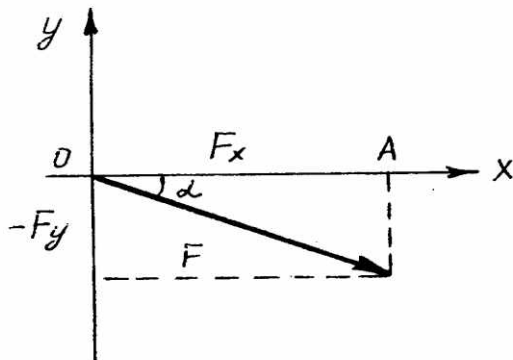


Рис. 2

Можно упростить решение задач путем рационального выбора направления координатных осей, то есть, выбираем ось так, чтобы одна из осей (ось  $X$  или ось  $Y$ ) совпадала с направлением какой-либо неизвестной силы.

Решив задачу аналитическим методом, следует затем проверить правильность решения с помощью графического или геометрического метода.

В международной системе единиц сила измеряется в ньютонах (Н), а также в кратных единицах – килоньютонах ( $1\text{кН}=10^3\text{Н}$ ) и меганьютонах ( $1\text{МН}=10^6\text{Н}$ ).

При решении задач на равновесие плоской системы сходящихся сил рекомендуется придерживаться общей для всех систем схемы:

1. Разделить все детали механизма на три группы – освобождаемое от связей тело, действующие тела и связи. Освобождаемым является тело, движение которого рассматривается в задаче, действующие – тела, вызывающие движение, связи – противодействующие движению освобожденного тела.

2. Мысленно отбросить действующие тела и связи.

3. Заменить их векторами активных сил и «реакций связей», приложенных к освобожденному телу.

4. Составить уравнения равновесия и найти неизвестные силы. Для этого предварительно векторы сил помещают в поле координатных осей так, чтобы векторы исходили из точки пересечения осей.

5. Проверить правильность решения с помощью графического способа.

**Пример 1.1.** Определить недостающие из сил:

реакцию стержня  $F_{CB}$  и силу груза  $F$ , если реакция стержня  $F_{AB}=6\text{кН}$ .

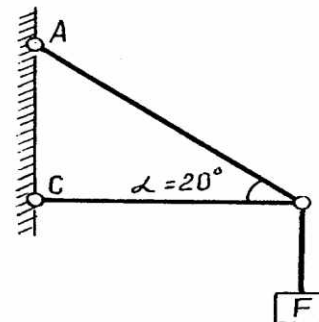


Рис. 3

#### Решение

1. Механизм (рис.3) состоит из стержней  $AB$ ,  $BC$ , соединенных шарниром  $B$ , который вертикальной тягой связан с грузом  $F$ .

Так как тяга груза  $F$ , стержни  $AB$  и  $CB$  связаны с одним телом – шарниром  $B$ , то освобождаем от связей шарнир  $B$ .

2. Отбрасываем тягу, стержни.



3. Из точки (шарнир В) направляем активную силу тяги  $F$  – вертикально вниз, реакцию стержня  $F_{CB}$  – горизонтально влево, реакцию стержня  $F_{AB}$  – под углом  $20^\circ$  к горизонту (как стержень BC) стрелкой влево – вверх (рис. 4а).

Направление реакций связей принимается произвольно. Правильность выбранного направления определяется знаком модуля реакции: при знаке « $\rightarrow$ » истинное направление реакции противоположно выбранному.

4. Точку В помещаем в начало осей координат, ось X проводим совпадающей с вектором  $F_{CB}$ , вторую Y – перпендикулярно (рис. 4а).

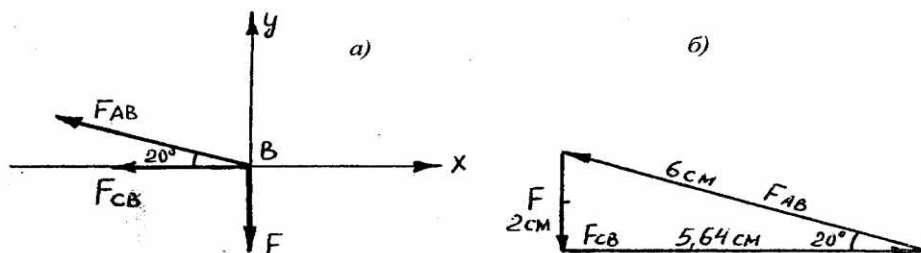


Рис. 4а, б

Составляем уравнение равновесия

$$\sum F_x = 0; \quad -F_{AB} \cdot \cos \alpha - F_{CB} = 0;$$

$$\sum F_y = 0; \quad F_{AB} \cdot \sin \alpha - F = 0.$$

Решаем уравнения

$$F_{CB} = -F_{AB} \cdot \cos \alpha = -6 \cdot \cos 20^\circ = -6 \cdot 0,94 = -5,64 \text{ кН.}$$

$$F = F_{AB} \cdot \sin \alpha = 6 \cdot \sin 20^\circ = 6 \cdot 0,34 = 2,04 \text{ кН.}$$

Данная система находится в состоянии равновесия, если соотношение параметров (сил) будет таково:  $F=2,04 \text{ кН}$ ,  $F_{AB}=6 \text{ кН}$ ,  $F_{CB}=5,64 \text{ кН}$ .

Сила  $F_{CB}$  должна действовать в противоположном от заданного направления, так как ее значение получилось отрицательным.

5. Для проверки правильности решения применяем графический метод, в выбранном масштабе  $M 1 \text{ кН}:1 \text{ см}$ , строим замкнутый силовой треугольник (рис.4б).

Следует отметить, что векторный треугольник показывает действительное, а не предполагаемое направление искомых сил.

### Задание 1.2.

Определить реакции опор двухопорной балки. Данные взять из табл. 1.2., рис. 5.

Таблица 1.2.

Вариант	№ схемы на рис.5	q, Н/м	F, Н	M, Н·м	Вариант	№ схемы на рис.5	q, Н/м	F, Н	M, Н·м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
00	1	5	40	10	01	2	1	60	54
11		2	25	20	12		4,5	20	85
22		10	16	14	23		2	15	40
33		1,5	50	30	34		5	2,5	100
45		6	82	60	46		3,5	40	55
50		3	15	25	51		6	35	60
66		8	45	40	67		3	100	90
71		4,5	18	10	72		1,5	80	20
84		1	20	25	88		8	30	75
99		12	54	35	90		10	50	30
02	3	5	80	25	03	4	4	10	8
13		2,5	15	10	14		1	12	10
24		4	30	20	25		12	16	15
35		10	55	40	36		8	20	12
47		12	10	15	48		2	5	3
52		8	100	30	53		14	30	24
68		4,5	65	45	69		6	25	20
73		2	85	60	74		10	8	6
80		6	90	18	85		16	4	12
91		3,5	20	16	92		20	15	8
04	5	5	50	35	05	6	8	12	20
15		4,5	35	30	16		3,5	10	45
26		8	25	20	27		0,5	8	10
37		1,5	10	8	38		10	15	50
49		2,5	65	50	40		15	18	30
54		10	8	25	55		4,5	20	15
60		12	16	40	61		8	3	25
75		15	30	28	76		12	5	18
81		5,5	12	15	86		8,5	12	30
93		6	55	45	94		6	4	45

06	7	2	50	35	07	8	4	18	15
17		4	10	5	18		6,5	24	20
28		6	12	8	29		10	16	12
39		8	15	50	30		2,5	20	25
41		12	80	15	42		12	40	50
56		10	35	25	57		3	35	65
62		20	40	30	63		8	10	25
77		14	25	20	78		1,5	12	90
82		16	14	65	87		1	60	35
95		30	65	75	96		5	15	10
08	9	4	15	2	09	10	4	50	10
19		1,5	40	15	10		6	65	8
20		1	20	18	21		2	80	100
31		10	16	25	32		18	10	15
43		5	18	14	44		20	55	150
58		8	10	35	59		10	30	45
64		6	25	20	65		16	10	25
79		12	40	30	70		8	2	40
83		3	35	15	88		14	6	10
97		7	12	10	98		30	50	60

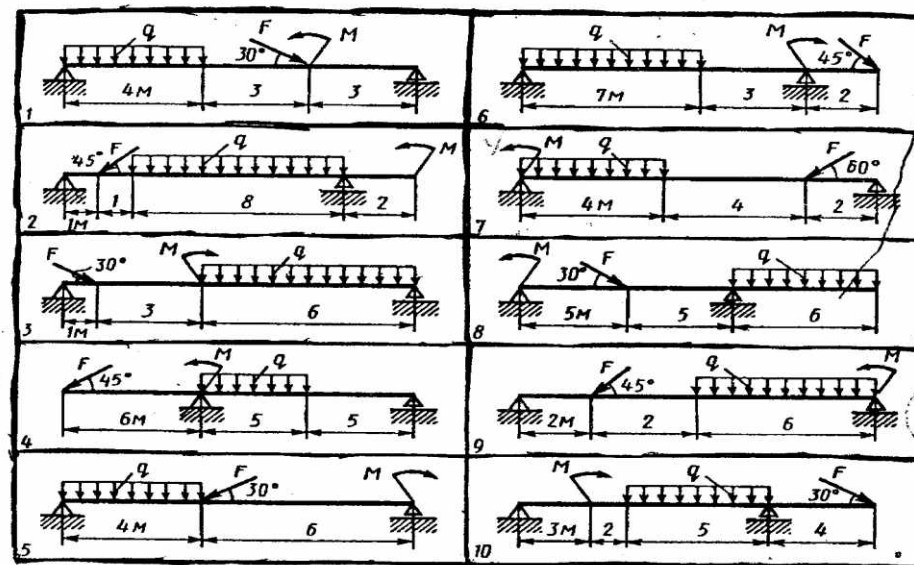


Рис. 5

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к решению задания 1.2

К решению этих задач следует приступать после изучения тем «Пара сил и момент силы», «Система сил, произвольно расположенных в плоскости» (см. «Содержание дисциплины»).

**Пара сил.** Две равные и параллельные силы, направленные в противоположные стороны и не лежащие на одной прямой, называются парой сил или просто парой (рис.6а). Кратчайшие расстояния между линиями действия сил, составляющих пару, называются плечом пары (рис.6б).

Произведение одной из сил пары на плечо называется моментом пары и обозначается буквой  $M$ ;  $M = \pm F \cdot r$ .

Момент пары сил будем считать положительным, если пара стремится повернуть тело по часовой стрелке и отрицательным, если против часовой стрелки (рис.6). Размерность пары (Н·м, кН·м). Чтобы задать пару, достаточно задать ее момент, поэтому иногда слово «пара» заменяют словом «момент» и условно изображают его так, как показано на рис. 6в.

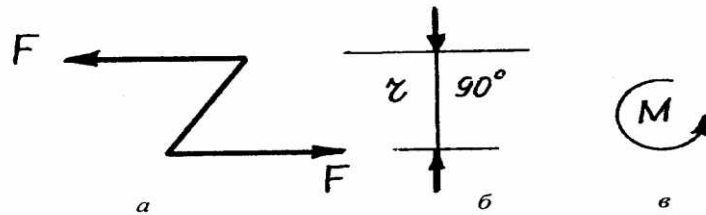


Рис. 6

**Момент силы относительно точки.** В некоторых механизмах выявить пару сил затруднительно, поэтому вращательное действие определяют с помощью момента силы относительно точки (центра) вращения. Момент силы относительно точки определяется как произведение вращающей силы на плечо. Плечом называют расстояние – перпендикуляр от точки – центра вращения до вектора вращающей силы.

При определении момента силы  $F_1$  относительно точки  $O$ , надо умножить вращающую силу  $F_1$  на плечо – перпендикуляр  $r_1$  (рис.7), то есть, с учетом направления вращения

$$M_{F_1, O} = -F_1 \cdot r_1.$$

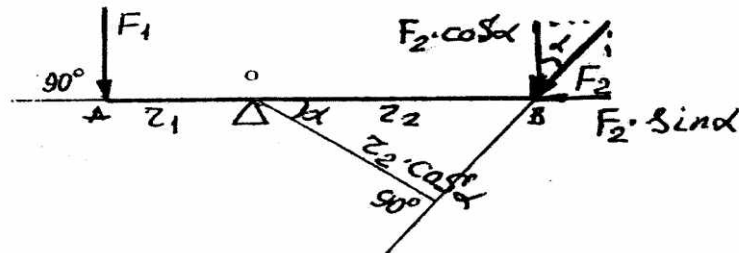


Рис. 7

При определении момента силы  $F_2$ , приложенной к рычагу  $AB$  под углом  $\alpha$ , следует взять произведение вращающей части силы  $F_2 \cdot \cos \alpha$  на плечо  $r_2$  (перпендикуляр к вращающей  $F_2 \cdot \cos \alpha$ ) или произведение силы  $F$  на плечо  $r \cdot \cos \alpha$  – перпендикуляр к вектору вращающей силы  $F$ , т.е.

$$M_{F_2, O} = +F_2 \cdot \cos \alpha \cdot r \text{ или } M_{F_2, O} = +F \cdot r \cdot \cos \alpha.$$

Очевидно, что для вращающихся тел-рычагов должно соблюдаться правило: рычаг в равновесии, если момент силы, поворачивающей по часовой стрелке, равен моменту силы, поворачивающей против часовой стрелки.

$$\downarrow M_{F_1, O} = M_{F_2, O} \downarrow$$

$$\text{или } M_{F_1, O} - M_{F_2, O} = 0, \text{ т.е. } \sum M_{F_i, O} = 0.$$

Для данного случая (рис.7)

$$F_1 \cdot r_1 - F_2 \cdot \cos \alpha \cdot r = 0$$

**Решение**

Пользуясь методом освобождения от связей:

1. Разделяем изображенную двухопорную балку на освобожденное тело, тела, вызывающие её движение, и тела, противодействующие движению.

Освобожденным телом будем считать балку  $AB$ , действующими – неопределенные тела с силами  $F, q, M$ , противодействующими – опоры  $A$  и  $B$ .

2. Отбрасываем связи: опоры  $A$  и  $B$ .

3. Заменяем их реакциями. Действующие, уже замененные силами, преобразуем:

а) раскладываем  $F$  на горизонтальную и вертикальную составляющие

$$F_x = F \cdot \cos 60^\circ \text{ и } F_y = F \cdot \sin 30^\circ \text{ (рис.9)}$$

б) равномерно распределенную (погонную) нагрузку  $q$  заменяем сосредоточенной  $Q$

$$Q = q \cdot l$$

Сила  $Q$ , очевидно, будет действовать вертикально вниз на расстоянии  $BD$ , равном  $2m$  (половина от  $4m$ ).

Противодействующие опоры  $A$  и  $B$  заменяем реакциями:

а) опора  $A$  –  $R_{ya}$  и  $R_{xa}$

б) опора  $B$  –  $R_{yb}$  (рис. 9)

**Пример 1.2.** Определить реакцию опор двухопорной балки, нагруженной силами (рис.8).

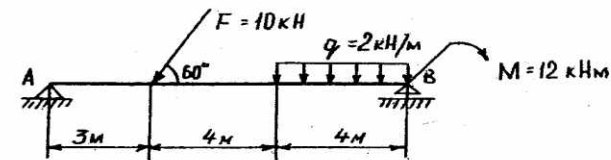


Рис. 8

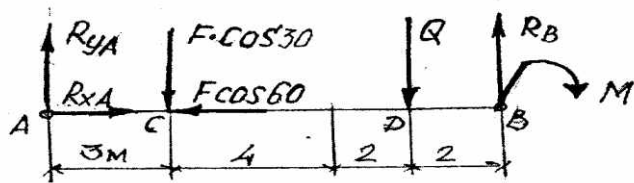


Рис. 9.

Опора А ограничивает движение в двух взаимно перпендикулярных направлениях (Х и У). Её реакции  $R_{yA}$ ,  $R_{xA}$ .

Опора В – в одном (У) – реакция  $R_B$ .

4. Пользуясь уравнениями равновесия рычага относительно точек – центров вращения (опор А и В), получим

$$\sum M_A = 0.$$

$$R_B \cdot AB - M - Q \cdot AD - F \cdot \cos 30^\circ \cdot AC = 0$$

$$R_B = \frac{M + Q \cdot AD + F \cdot \cos 30^\circ \cdot AC}{AB} = \frac{12 + 8 \cdot 9 + 10 \cdot 0,86 \cdot 3}{11} = 9,98 \text{ кН} \quad \sum M_B = 0$$

$$R_{ya} \cdot AB - F \cdot \cos 30^\circ \cdot CB - Q \cdot DB + M = 0$$

$$R_{ya} = \frac{F \cdot \cos 30^\circ \cdot CB + Q \cdot DB - M}{AB} = \frac{10 \cdot 0,86 \cdot 8 + 8 \cdot 2 - 12}{11} = 6,62 \text{ кН}$$

Проверяем правильность определения вертикальных реакций по условию

$$\sum F_y = 0 \quad (\text{см. рис.9}).$$

$$R_{ya} - F \cdot \cos 30^\circ - Q + R_B = 0.$$

$$6,62 - 10 \cdot 0,86 - 8 + 9,98 = 0$$

$$0 = 0$$

Определяем горизонтальную реакцию  $R_{xA}$  опоры А по уравнению

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{xA} - F \cdot \cos 60^\circ = 0$$

$$R_{xA} = F \cdot \cos 60^\circ = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ кН}.$$

**Задание 1.3.** Определить движущую силу  $F_{дв}$  и мощность  $P_{дв}$  трактора, если масса трактора  $m_t$ , прицепа  $m_n$ , коэффициент сопротивления качению

трактора и прицепа  $f_k$ , уклон  $i$ , ускорение  $a$ , конечная скорость  $V$ . Данные взять из таблицы 1.3.1.

Таблица 1.3.1.

$a, \text{ м/с}^2$	$i$	$V, \text{ м/с}$	$a, \text{ м/с}^2$	$i$	$V, \text{ м/с}$	$a, \text{ м/с}^2$	$i$	$V, \text{ м/с}$	$a, \text{ м/с}^2$	$i$	$V, \text{ м/с}$	$m_t, \text{ кг}$	$m_n, \text{ кг}$	фон
+0,5	+0,17	3	-0,5	-0,17	5	-0,3	+0,1	+2,3	+0,6	-0,2	3			
Варианты														
00			01			02			03			3000	400	целина
04			05			06			07			4000	500	
08			09			10			11			2300	1000	
12			13			14			15			1700	600	
16			17			18			19			1600	500	
20			21			22			23			3100	1000	стерня
24			25			26			27			3200	1000	
28			29			30			31			2400	900	
32			33			34			35			1800	600	
36			37			38			39			1600	500	пахота
40			41			42			43			1700	1000	
44			45			46			47			1800	900	
48			49			50			51			2300	800	
52			53			54			55			4000	850	
56			57			58			59			3100	680	асфальт
60			61			62			63			3000	400	
64			64			66			67			4000	500	
68			69			70			71			4000	1000	
72			73			74			75			3100	1000	
76			77			78			79			2400	900	песок сухой
80			81			82			83			1700	1200	
84			85			86			87			3100	2000	
88			89			90			91			1800	1080	
92			93			94			95			2000	600	
96			97			98			99					

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к решению задания 1.3.

К выполнению этого задания студент может приступить после изучения тем 1.9. «Основные понятия и аксиомы динамики», 1.10. «Метод кинестатистики», 1.11. «Трение. Мощность».

Движение трактора определяется параметрами движения: скоростью, ускорением; параметрами действия – силами: движущей  $F_{дв}$ , сопротивления качению  $F_k$ , сопротивления прицепа  $F_n$ , сопротивления тяжести на подъеме  $F_i$ , собственному сопротивлению – силе инерции  $F_n$ .

Приняв трактор за точку  $T$ , изобразим векторы сил (рис.10а).

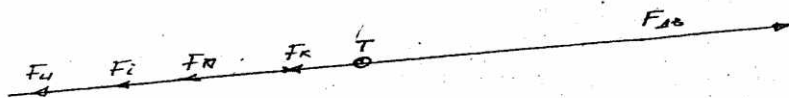


Рис. 10а

Соотношение между силами определяется уравнением равновесия сил:  $\sum F = 0$ , то есть

$$F_{дв} - F_k - F_n \pm F_i \pm F_n = 0.$$

Силы  $F_i$ ,  $F_n$ ,  $F_n$  могут быть со знаком «+», если они помогают  $F_{дв}$  (направлены с ней), или со знаком «-», если они противодействуют  $F_{дв}$ .

Потребная движущая сила находится из уравнения равновесия сил после определения остальных по формулам:

Сила сопротивления качению на горизонтальном участке при

$$F_k = f_k \cdot G_T,$$

где  $f_k$  – коэффициент сопротивления качению, зависящий от фона (основания, по которому движется трактор), его состояния (табл.1.3.2.), состояния колес.

$G_T$  – вес (сила тяжести) трактора, Н.

Сила сопротивления прицепа (крюковая сила)

$$F_n = f_k \cdot G_n,$$

здесь  $G_n$  – вес прицепа, Н.

Если прицепом является с.-х. орудие, типа плуг, культиватор, то его сопротивление определяется иначе, по формулам дисциплины «Сельскохозяйственные машины».

Сила тяжести на склоне

$$F_i = \pm i \cdot G,$$

где  $i$  – синус угла наклона дороги.

Сила тяжести на склоне положительна при спуске (+  $i$ ) и отрицательна при подъеме (-  $i$ ).

Сила инерции прямолинейного движения

$$F_n = \pm m \cdot a,$$

где  $m$  – масса трактора, прицепа;

$$m = \frac{G}{g},$$

$g = 9,8$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ .

Ускорение положительно (+ $a$ ) при разгоне трактора и отрицательно (- $a$ ) при торможении.

Решение задачи состоит из этапов:

1. Построение линии векторов сил с учетом знаков уклона  $i$  и ускорения  $a$ .
2. Запись уравнения равновесия в соответствии со знаками сил  $F_i$  и  $F_n$ .
3. Подстановка вместо сил  $F_k$ ,  $F_n$  и т.д. их выражений.
4. Выражение неизвестной  $F_{дв}$  из полученной формы уравнения.
5. Постановка численных значений в соответствии с табл. 1.3.1. и 1.3.2.

Таблица 1.3.2.

Фон	Значение коэффициента $f_k$
Целина	0,05 ÷ 0,07
Стерня	0,08 ÷ 0,10
Пахота	0,13 ÷ 0,17
Асфальт	0,02 ÷ 0,03
Песок сухой	0,2 ÷ 0,4

**Пример 1.3.** Определить движущую силу  $F_{дв}$  и мощность трактора  $P_{дв}$ , если масса трактора  $m_T = 4000$ кг, масса прицепа  $m_n = 2000$ кг, коэффициент сопротивления качению трактора и прицепа  $f_k = 0,06$  на целине, уклон на подъеме  $i = +0,17$ , ускорение при разгоне  $a = + 0,5 \frac{m}{c^2}$ , конечная скорость  $V = 3$ м/с.

#### Решение

1. Строим схему векторов сил (рис.10б).

Силы  $F_k$  и  $F_n$  – силы, противодействующие  $F_{дв}$ , поэтому они направлены против вектора  $F_{дв}$ .

Сила  $F_i$  на подъеме – тоже против  $F_{дв}$ ,  $i$  со знаком «+».

Сила  $F_n$  при разгоне (ускорение со знаком «+») против  $F_{дв}$ .

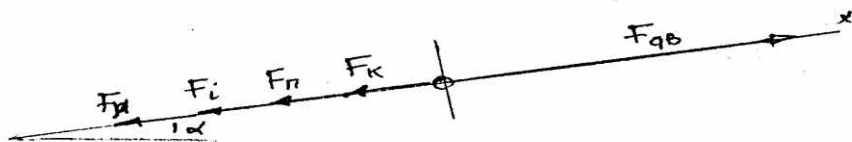


Рис.106.

2. Записываем уравнение равновесия. На трактор действуют силы:  $F_{дв}$ , сила сопротивления качению  $F_k$ , сила сопротивления прицепа  $F_n$ , сила преодоления подъема  $F_i$ , сила инерции  $F_{ин}$ .

В соответствии с положением векторов на направлении X, условие равновесия трактора запишется уравнениями:

$$F_{дв} - F_k - F_n - F_i - F_{ин} = 0$$

$$F_{дв} = F_k + F_n + F_i + F_{ин}$$

Сила сопротивления качению трактора

$$F_k = f \cdot G_T = f m_T \cdot g,$$

где  $m_T$  – масса трактора, кг

Сила сопротивления прицепа

$$F_n = f \cdot m_n \cdot q$$

Сила инерции

$$F_{ин} = ma,$$

где  $m = m_T + m_n$ .

Сила сопротивления подъему

$$F_i = mqi$$

Движущая сила

$$\begin{aligned} F_{дв} &= f_k \cdot m_T \cdot q + f_k \cdot m_n \cdot q + ma + mqi = \\ &= 0,06 \cdot 4000 \cdot 9,8 + 0,06 \cdot 2000 \cdot 9,8 + 6000 \cdot 0,5 + 6000 \cdot 9,8 \cdot 0,17 = \\ &= 16524 \text{ Н} = 16,524 \text{ кН} = 1,65 \text{ т.} \end{aligned}$$

Мощность трактора  $P_{дв} = F_{дв} \cdot V = 16524 \cdot 3 = 49572$  Вт,

где  $V = 3$  м/с – скорость.

**Задание 1.4.** Определить параметры привода: угловые скорости, вращающие моменты, мощности на валах, передаточные отношения, КПД. Описать назначение, принцип работы, устройство привода. Данные взять из таблицы 1.4.

Таблица 1.4.

№ варианта	№ схемы по рис.11	Мощность эл. дв. $P_1$ , кВт	Частота вращ. электродв.л, об/мин	Перед. число ред. $u_p$	№ варианта	№ схемы по рис.11	Мощность эл. дв. $P_1$ , кВт	Частота вращ. электродв., об/мин	Перед. число ред. $u_p$
00	1	8,5	950	2,0	50	4	3,0	720	1,6
01	2	3,2	960	3,15	51	10	7,2	710	1,25
02	3	4,0	970	2,5	52	9	8,3	980	4
03	4	3,5	750	3,15	53	6	9,6	950	2,5
04	5	3,6	955	2	54	7	2,2	1440	25
05	6	1,9	1440	12,5	55	8	3,5	1000	31
06	7	2,8	1460	16	56	5	3,8	1340	20
07	8	2,6	1420	20	57	4	8,0	710	2
08	9	3,3	750	3,15	58	3	5,1	980	2,5
09	10	3,0	970	4	59	2	3,0	980	4
10	8	4,7	960	12	60	1	4,6	95,5	1,25
11	7	3,6	1440	20	61	1	6,9	720	2,5
12	5	2,0	980	25	62	2	5,3	710	3,15
13	10	6,4	720	1,6	63	3	4,7	955	4
14	1	8,5	710	4	64	4	8,9	980	2
15	2	9,8	935	1,25	65	5	3,2	1440	28
16	3	4,4	970	1,6	66	6	5,6	980	2,5
17	8	8,6	989	32	67	7	6,1	1000	32
18	4	3,7	970	4	68	8	7,6	1440	22
19	6	3,2	980	2,5	69	9	8,8	950	2,8
20	1	2,6	980	1,25	70	10	6,6	955	3,15
21	2	2,1	970	2	71	10	5,0	1000	4
22	3	2,9	1140	1,6	72	3	4,5	960	2
23	4	2,4	955	3,15	73	4	2,6	720	1,6
24	6	5,5	720	4	74	8	2,8	1440	2,4
25	9	4,2	720	2,5	75	5	4,6	1440	26
26	10	3,8	710	2	76	9	4,0	955	3,15
27	3	3,2	980	31,5	77	6	2,3	950	2
28	8	4,6	980	25	78	10	4,8	1000	2,5



29	7	6,2	1000	20	79	7	3,5	1000	29
30	10	5,6	710	1,6	80	1	2,4	710	3,15
31	9	4,6	720	2	81	10	8,5	750	2
32	6	2,6	980	2,5	82	4	8,0	950	2
33	4	2,7	970	3,15	83	2	3,4	970	2,5
34	1	3,2	970	1,25	84	8	4,9	140	30
35	2	4,8	750	2,0	85	1	3,9	970	2
36	3	2,8	955	2,8	86	9	2,5	970	4
37	1	2,5	710	2	87	3	6,0	980	2,5
38	2	2,8	720	3,15	88	7	3,6	1440	23
39	3	4,4	780	4	89	6	5,4	710	4
40	4	5,8	970	1,25	90	5	3,3	980	29
41	6	6,3	980	1,6	91	1	4,5	710	3,15
42	10	2,0	970	2,5	92	3	4,4	720	2,5
43	9	5,0	955	4	93	10	3,6	980	3,15
44	5	3,4	1440	27	94	2	3,4	955	2
45	7	2,8	980	16	95	4	3,0	970	2,5
46	8	4,9	1200	20	96	7	4,0	980	34
47	1	3,5	980	2,8	97	5	8,4	1450	36
48	2	5,6	970	2,5	98	3	3,9	1460	2,4
49	3	3,7	970	3,15	99	7	2,4	960	2,8

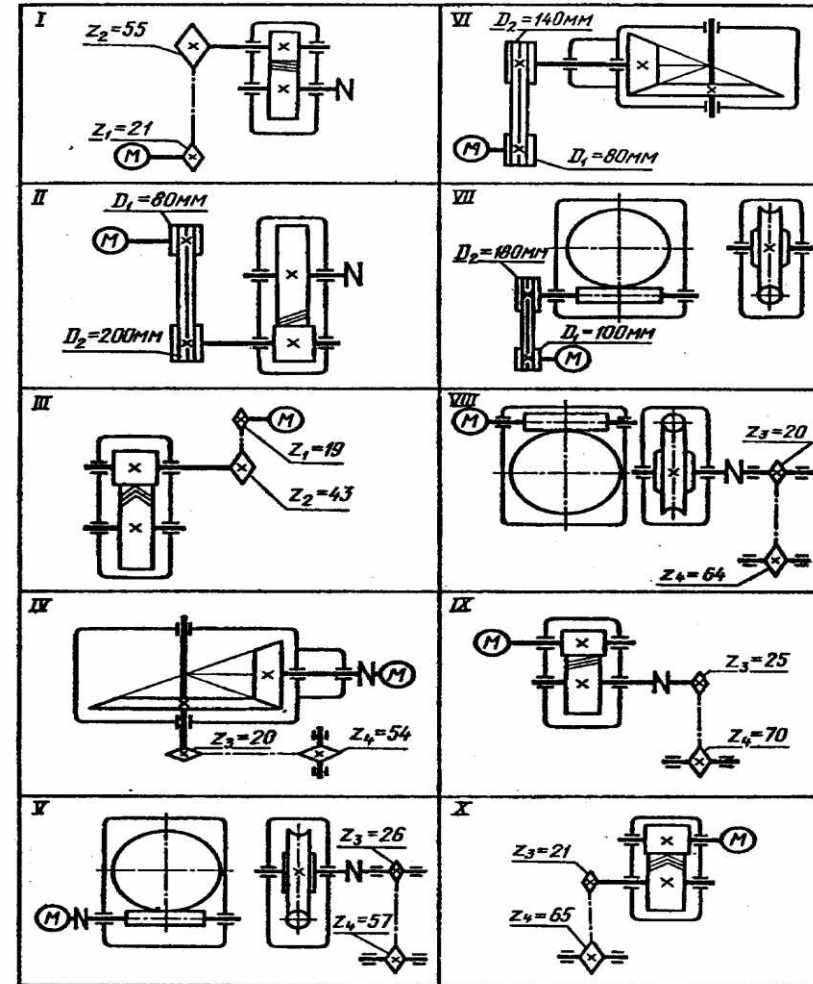


Рис.11





**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к решению задания 1.4**



Механические передачи чаще всего передают вращательное движение, изменяют направление, частоту, плоскость вращения, вращающий момент.

Частота вращения измеряется в об/мин ( $n$ ) и в радианах/с ( $\omega$ ). Во втором случае ее еще называют угловой скоростью. Между ними существует следующая зависимость:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} \text{ [рад/с] или } \left[ \frac{1}{\text{с}} \right]$$

Имеется в виду, что в одном обороте  $2\pi=6,28$  радиан, а в одной минуте 60 секунд.

Изменение частоты вращения выражают через передаточное отношение  $u_{12}$ .

$$u_{12} = \pm \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{n_1}{n_2},$$

где  $\omega_1$  – угловая скорость ведущего вала;  
 $n_1$  – частота вращения ведущего вала;  
 $\omega_2$  – угловая скорость ведомого вала;  
 $n_2$  – частота вращения ведомого вала.

Положительное значение принимается, если направление вращения валов меняется. Передаточное отношение зависит от размера деталей передач (зубчатых колес, шкивов и др.): большую частоту имеет меньшая деталь, меньшую частоту – большая, поэтому передаточное отношение через размеры выглядит так:

$$u_{12} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{D_2}{D_1},$$

где  $Z$  – число зубьев зубчатого колеса, звездочки;  
 $D$  – диаметр шкива зубчатого колеса, звездочки.

Для многоступенчатой передачи передаточное отношение определяется перемножением передаточных чисел ступеней

$$u_{1i} = u_{12} \cdot u_{23} \cdot u_{34} \dots u_{(i-1)i}.$$

Если вспомнить (задание 1.3), что мощность  $P$  – параметр, полученный как произведение параметра действия на параметр быстроты движения, а параметр действия при вращении – вращающий момент  $M$  и параметр быстроты вращения – угловая скорость  $\omega$ , то получим

$$P = M \cdot \omega \text{ [Нм} \cdot \text{1/с]} = \frac{H \cdot M}{c} = \text{[Вт]}.$$

Коэффициент полезного действия  $\eta$  передачи показывает отношение мощности  $P_2$  ведомого вала к мощности  $P_1$  ведущего вала

$$\eta = \frac{P_2}{P_1};$$

Потери мощности  $P_1$  и  $P_2$  необходимы для преодоления сопротивления в зацеплении, подшипниках, смазке, перемещений продуктов износа, смазки.

Рекомендуется при определении полезной мощности принимать следующие значения КПД, обусловленные степенью точности и чистоты обработки выпускаемых деталей:

– пары подшипников	– $\eta_n=0,99$
– цепной передачи	– $\eta_n=0,97$
– ременной	– $\eta_n=0,96$
– зубчатой	– $\eta_n=0,98$
– червячной	– $\eta_n=0,8$ .

Учитывая, что  $P_1 = M_1 \cdot \omega_1$ ;  $P_2 = M_2 \cdot \omega_2$ ; получим

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{M_2 \cdot \omega_2}{M_1 \cdot \omega_1} = \frac{M_2}{M_1 \cdot u_{12}} \text{ и } M_2 = M_1 \cdot u_{12} \cdot \eta.$$

а также

$$u_{12} = \frac{M_2}{M_1} \cdot \eta.$$

Это означает, что изменение вращательного момента измеряется также передаточным отношением.

Коэффициент полезного действия привода, состоящего из нескольких передач (ступеней), определяют произведением КПД всех передач

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \dots \eta_{in} \cdot \eta_n^n,$$

где 1, 2 ... i – номера передач;

n – количество пар подшипников в приводе.

**Пример 1.4.** Определить угловые скорости, вращающие моменты, передаточные отношения, мощности, КПД привода (рис.12), если передаточное отношение  $u_{23}=2,8$ , мощность электродвигателя  $P_1=7\text{кВт}$ , частота вращения его вала  $\omega_1=750\text{об/мин}$ , диаметры шкивов  $D_1=80\text{мм}$ ,  $D_2=160\text{мм}$ . Описать назначение, устройство, принцип работы привода.



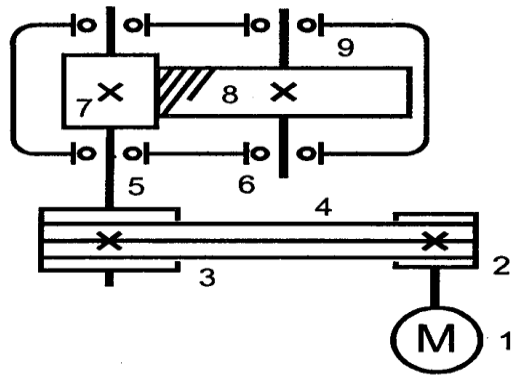


Рис. 12

**Решение**

1. Определяем передаточное отношение ременной передачи

$$u_{12} = u_{pn} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{160}{80} = 2.$$

Общее передаточное отношение привода

$$U_{13} = u_{12} \cdot u_{23} = 2 \cdot 2,8 = 5,6.$$

2. Частота вращения ведущего и ведомого вала привода

$$\omega_1 = \pi n / 30 = 3,14 \cdot 750 / 30 = 78,5 \text{ 1/с.}$$

$$u_{13} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{n_1}{n_3};$$

$$\checkmark n_3 = \frac{n_1}{u_{13}} = \frac{750}{5,6} = 134 \text{ об/мин.}$$

$$\omega_1 = \frac{\pi n_3}{30} = \frac{3,14 \cdot 134}{30} = 14 \text{ 1/с.}$$

3. Общий коэффициент полезного действия привода

$$\eta = \eta_{pn} \cdot \eta_{sn} \cdot \eta_n^2 = 0,96 \cdot 0,98 \cdot 0,99^2 = 0,93.$$

4. Момент вращения двигателя и ведомого вала привода

$$P_1 = M_1 \cdot \omega_1; \quad M_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{7 \cdot 1000}{18,5} = 89,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$u_{13} = \frac{M_2}{M_1} \cdot \eta; \quad M_2 = M_1 \cdot u_{13} \cdot \eta = 89,1 \cdot 5,6 \cdot 0,93 = 455 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

5. Мощность ведомого вала привода

$$\eta = \frac{P_3}{P_1}; \quad P_3 = P_1 \cdot \eta = 7000 \cdot 0,93 = 6510 \text{ Вт}.$$

6. Назначение, принцип работы, устройство привода. Привод предназначен для передачи движения и усилия от электродвигателя ( $P_1 = 7 \text{ кВт}$ ,  $n_1 = 7000 \text{ об/мин}$ ,  $M_1 = 89,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ) к ведомому валу редуктора ( $P = 6,5 \text{ кВт}$ ,  $n_3 = 134 \text{ об/мин}$ ,  $M_3 = 455 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ), изменения направления вращения, изменения частоты вращения в  $u_{13} = 5,6$  раз, изменения вращающего момента в  $u_{13} \cdot \eta = 5,6 \cdot 0,93 = 5,2$  раза.

Потери мощности  $P_1 - P_3 = 7 - 6,5 = 0,5 \text{ кВт}$ .

Привод устроен из электродвигателя (М), ременной и зубчатой передач. Ременная передача передает вращение с вала двигателя на вал редуктора, изменяя частоту вращения в  $u_{12} = 2$  раза, момент вращения в  $u_{12} \cdot \eta = 1,9$  раз, теряя при этом  $P_2 - P_1 = 7 - 7 \cdot 0,95 = 0,35 \text{ кВт}$ .

Ременная передача состоит из двух шкивов 2, 3 с диаметрами  $D_1 = 80 \text{ мм}$ ,  $D_2 = 160 \text{ мм}$  с двумя клиновыми проточками, двух клиновых ремней 4. Шкивы установлены на валу двигателя и редуктора на шпонках.

Редуктор (зубчатая передача) передает вращение с ведущего вала 5 на ведомый 6, изменяя направление вращения, частоту вращения в 2,8 раза и момент вращения в 2,7 раза.

Передача движения осуществляется за счет зацепления колес (передачи толкающего усилия зубом ведущего колеса зубу ведомого как рычагу).

Редуктор одноступенчатый состоит из пары зубчатых колес 7, 8, закрепленных на валах шпонками. Валы вращаются в подшипниках качения 9, установленных в гнездах корпуса.

--	--

--	--

## 7. Подготовка к промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по учебной дисциплине Техническая механика  
- экзамен в устной форме.

Основанием для выставления экзамена являются:

- текущие оценки успеваемости студентов;
- результаты самостоятельной контрольной работы;
- результаты выполнения практических работ;
- обоснованность и четкость изложения ответа, в том числе на практико-ориентированные вопросы.

Чтобы успешно получить зачёт, необходимо выполнять все виды самостоятельной работы, практические и контрольные работы, активно участвовать в опросах, обсуждениях, дискуссиях на уроках, предусмотренных рабочей программой и календарно-тематическим планом дисциплины Техническая механика, участвовать в научно-поисковой работе.

## 8. Вопросы к экзамену по дисциплине ОП.03 Техническая механика

1. Материальная точка. Сила. Система сил. Равнодействующая сила. Аксиомы статики. Свободное и несвободное тело. Связи и их реакции.
2. Сходящаяся система сил. Геометрическое и аналитическое определение равнодействующей силы. Условие и уравнение равновесия
3. Пара сил. Момент силы относительно точки. Приведение силы к точке.
4. Приведение плоской системы сил к центру. Условия равновесия. Виды уравнений равновесия плоской произвольной системы сил.
5. Балочные системы. Классификация нагрузок и опор. Трение.
6. Пространственная система сходящихся сил. Уравнения равновесия.
7. Пространственная система произвольно расположенных сил.
8. Центр тяжести простых геометрических фигур.
9. Центр тяжести стандартных прокатных профилей.
10. Виды движения. Скорость, ускорение, траектория, путь.
11. Способы задания движения точки. Ускорение полное, нормальное, касательное.
12. Сложное движение точки.
13. Плоскопараллельное движение. Мгновенный центр скоростей.
14. Сила инерции. Аксиомы динамики. Основной закон динамики.
15. Принцип Даламбера. Метод кинетостатики.
16. Работа постоянной силы при прямолинейном перемещении. Работа равнодействующей силы. Работа и мощность при вращательном движении. КПД.
17. Теоремы динамики для материальной точки.
18. Основные задачи сопротивления материалов. Деформации упругие и пластические. Основные гипотезы и допущения. Классификация нагрузок и элементов конструкции.
19. Силы внешние и внутренние.
20. Метод сечений. Напряжение полное, нормальное, касательное.

21. Характеристика деформации. Эпюры продольных сил. Нормальное напряжение. Эпюры нормальных напряжений. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука.
22. Испытания материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении.
23. Напряжения предельные, допускаемые и расчетные.
24. Расчеты на прочность.
25. Срез, основные расчетные предпосылки, расчетные формулы, условие прочности. Смятие. Допускаемые напряжения. Условие прочности.
26. Статические моменты плоских сечений. Главные оси и главные центральные моменты инерции. Осевые и полярные моменты инерции сечений.
27. Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Внутренние силовые факторы при кручении.
28. Эпюры крутящих моментов. Кручение бруса круглого поперечного сечения.
29. Основные гипотезы. Напряжения в поперечном сечении. Угол закручивания. Условие прочности.
30. Изгиб, основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Внутренние силовые факторы, правила построения эпюр.
31. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе. Условие прочности. Рациональная форма поперечных сечений балок.
32. Циклы напряжений. Усталостное разрушение, его причины и характер. Кривая усталости, предел выносливости. Факторы, влияющие на величину предела выносливости.
33. Коэффициент запаса выносливости. Понятие о динамических нагрузках. Силы инерции при расчете на прочность. Динамическое напряжение, динамический коэффициент.
34. Критическая сила, критическое напряжение, гибкость. Формула Эйлера. Формула Ясинского. Категории стержней в зависимости от гибкости.
35. Цель и задачи курса «Детали машин». Машин и механизмы. Современные направления в развитии машиностроения. Основные задачи научно-технического прогресса в машиностроении. Требования, предъявляемые к машинам и их деталям.
36. Общие сведения о соединениях, достоинства, недостатки, область применения. Неразъемные и разъемные соединения, их достоинства и недостатки. Сварные соединения. Заклепочные соединения. Клеевые соединения. Соединения с натягом.
37. Резьбовые соединения. Классификация резьб, основные геометрические параметры резьбы. Шпоночные и шлицевые соединения. Назначение, достоинства и недостатки, область

- применения. Классификация, сравнительная оценка. Проектирование и конструирование неразъемных и разъемных соединений.
- 38.Классификация передач. Фрикционные передачи.
  - 39.Зубчатые передачи.
  - 40.Ременная и цепная передачи. Проектирование и конструирование механических передач.
  - 41.Валы и оси, их виды, назначение, конструкция, материал.
  - 42.Опоры, классификация, конструкции, область применения, условные обозначения, достоинства и недостатки. Проектирование и конструирование валов, осей и опор.
  - 43.Устройство и принцип действия основных типов муфт. Методика подбора муфт и их расчет. Проектирование и конструирование муфт.