

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»**

Кафедра «Механика и конструирование машин»

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ
ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Учебно-методическое пособие
по выполнению контрольной работы по теоретической механике

УФА 2008

Учебно-методическое пособие составлено с учетом рабочих программ дисциплины «Теоретическая механика», преподаваемой студентам технических вузов. Оно поможет обучающимся закрепить теоретический материал и оценить свои знания по разделу теоретической механики «Статика твердого тела». Приведены примеры выполнения заданий, варианты заданий для самостоятельного решения и вопросы для самоконтроля.

Составители:	Аглиуллин М.Х., доцент, канд. техн. наук Садыков В.А., профессор, канд. техн. наук Имаева Э.Ш., доцент, канд. техн. наук
Рецензент	Загорский В.К., профессор, докт. техн. наук

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Указания по выполнению и оформлению работы	4
1 Задача С1	5
1.1 Пример выполнения задания	5
1.2 Задание для самостоятельной работы	6
Вопросы для самоконтроля	13
2 Задача С2	14
2.1 Пример выполнения задания	14
2.2 Задание для самостоятельной работы	15
Вопросы для самоконтроля	21
Приложение	22

ВВЕДЕНИЕ

Целью учебно-методического пособия по выполнению контрольной работы №2 является оказание методической помощи студентам, изучающим разделы «Статика твердого тела» в дисциплине «Теоретическая механика». Прикладные задачи этой темы применимы и в других разделах курса, а также в дисциплинах «Соппротивление материалов», «Теория механизмов и машин», «Физика», «Детали машин», в ряде специальных дисциплин.

Контрольная работа №2 включает в себя две задачи:

- задача С1 «Определение реакций опор составной конструкции»,
- задача С2 «Определение реакций опор твердого тела».

Номер варианта чертежа и исходных данных соответствует порядковому номеру студента в списке группы.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

Контрольная работа выполняется на листах формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.105-95. Поля очерчиваются рамкой (по ГОСТ 2.104), первый лист (с рамкой) – титульный (см. Приложение), все последующие листы (с рамкой) – с указанием порядкового номера страницы. Записи ведутся на лицевой стороне. Тыльная сторона – для замечаний и ответов при защите работы.

Выполнение работы начинается с записи исходных данных. В ходе решения задачи должен быть выполнен чертеж, на котором с учетом выбранного масштаба должны быть изображены все вектора сил и реакций связей в проекции на каждую из осей. Чертеж должен быть аккуратным, наглядным. Решение задачи необходимо сопровождать краткими разъяснениями (какие формулы или теоремы применяются, откуда получены те или иные результаты), необходимо подробно излагать весь ход расчетов. В конце должны быть даны численные ответы.

В электронном варианте оформления контрольной работы допускается выполнение чертежа вручную с последующим его сканированием и вставкой в текстовый файл. Отпечатанный в MS Word (Open Office) текст может быть оформлен без соблюдения ГОСТ 2.104 (без рамок).

1 ЗАДАЧА С1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ ОПОР СОСТАВНОЙ КОНСТРУКЦИИ

1.1 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Дано: конструкция, состоящая из двух частей соединенных в точке C шарниром (рис. 1.1), удерживается двумя неподвижными шарнирными опорами в точках A и B . Конструкция нагружена сосредоточенными силами $P_1 = 5$ кН, $P_2 = 7$ кН, парой сил с моментом $M = 22$ кН·м и равномерно распределенной нагрузкой мощностью $q = 2$ кН/м; $\alpha = 60^\circ$. Определить реакции опор A и B , а также шарнира C .

Решение. Освобождаем конструкцию от связей, т.е. убираем опоры, заменяя их действие неизвестными силами в точках A и B (рис. 1.2).

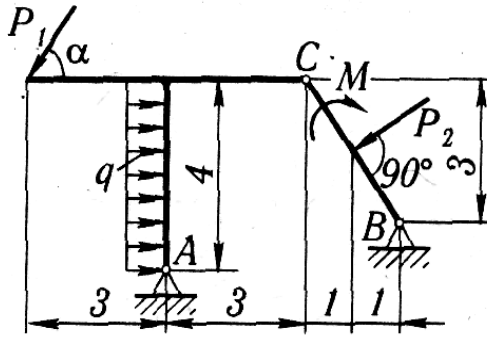


Рис. 1.1

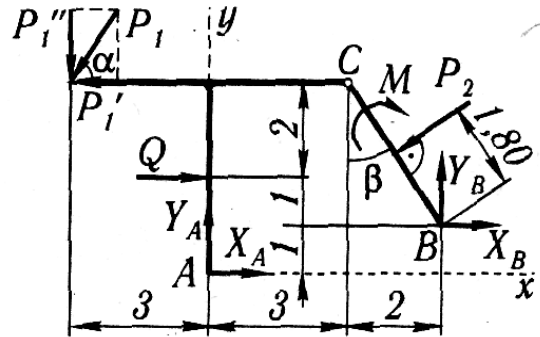


Рис. 1.2

Составим уравнение моментов сил относительно точки B . Для упрощения вычисления момента силы P_1 разложим ее на вертикальную и горизонтальную составляющие (рис. 1.2):

$$P_1' = P_1 \cos 60^\circ = 2,5 \text{ кН}; \quad P_1'' = P_1 \sin 60^\circ = 4,33 \text{ кН},$$

$$\sum M_{iB} = 0; \quad P_1' \cdot 3 + P_1'' \cdot 8 - Q \cdot 1 - Y_A \cdot 5 + X_A \cdot 1 - M + P_2 \sqrt{1,0^2 + 1,5^2} = 0, \quad (1.1)$$

где $Q = q \cdot 4 = 2 \cdot 4 = 8$ кН.

После подстановки данных и вычислений уравнение (1.1) получает вид

$$X_A - 5Y_A = -24,74 \text{ кН}. \quad (1.1')$$

Второе уравнение с неизвестными X_A и Y_A получим, рассмотрев систему уравновешивающихся сил, приложенных к части конструкции, расположенной левее шарнира C (рис. 1.3, а):

$$\sum M_{iC} = 0; \quad P_1'' \cdot 6 + Q \cdot 2 - Y_A \cdot 3 + X_A \cdot 4 = 0,$$

или после вычислений

$$4X_A - 3Y_A = -41,98 \text{ кН}. \quad (1.2)$$

Решая систему уравнений (1.1') и (1.2), находим: $X_A = -7,97$ кН, $Y_A = 3,36$ кН.

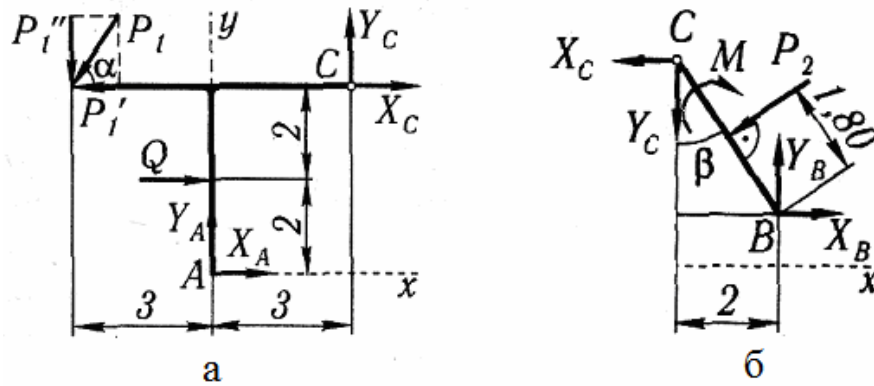


Рис. 1.3

Модуль реакции опоры A $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{7,97^2 + 3,36^2} = \sqrt{74,81} = 8,65$ кН.

Запишем условия равновесия для сил, действующих на всю конструкцию (рис. 1.2):

$$\sum X_i = 0; -P'_1 + Q + X_A - P_2 \cos \beta + X_B = 0; \text{отсюда } X_B = 15,07 \text{ кН};$$

$$\sum Y_i = 0; -P''_1 + Y_A - P_2 \sin \beta + Y_B = 0; \text{отсюда } Y_B = 9,37 \text{ кН}.$$

Модуль реакции опоры B $R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = \sqrt{15,07^2 + 9,37^2} = 17,75$ кН.

Запишем условия равновесия для части конструкции, расположенной правее шарнира C (рис. 1.3, б):

$$\sum X_i = 0; -P'_1 + Q + X_A + X_C = 0; \text{отсюда } X_C = 2,47 \text{ кН};$$

$$\sum Y_i = 0; -P''_1 + Y_A + Y_C = 0; \text{отсюда } Y_C = 0,97 \text{ кН}.$$

Модуль реакции шарнира C $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = \sqrt{2,47^2 + 0,97^2} = 2,65$ кН.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Силы, кН

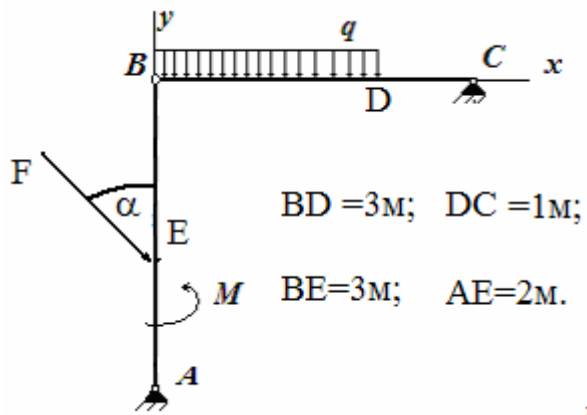
X_A	Y_A	R_A	X_B	Y_B	R_B	X_C	Y_C	R_C
-7,97	3,36	8,65	15,07	9,37	17,75	2,47	0,97	2,65

1.2 ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

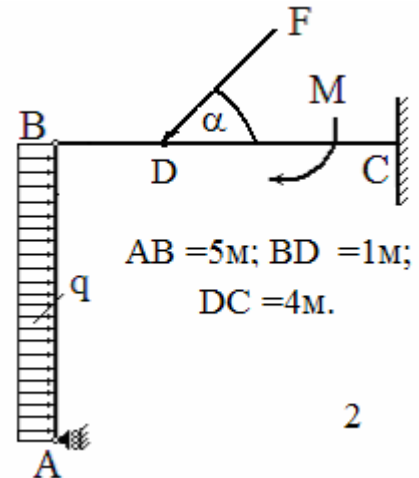
Конструкция, состоящая из двух частей, соединенных шарниром, нагружена парой сил с моментом M , распределенной нагрузкой мощностью q и сосредоточенной силой F . Определить опорные реакции и реакцию шарнира. Варианты конструкций с размерами и нагрузками приведены на рисунках 1.4 – 1.8. Числовые значения величин приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

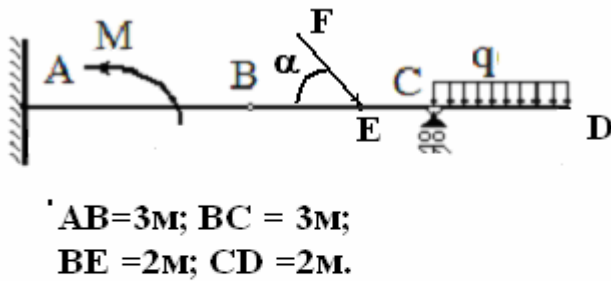
№ варианта	F , кН	M , кНм	q , Н/м	α , ?
1	$5\sqrt{2}$	5	4	45
2	$4\sqrt{3}$	5	3	30
3	$10\sqrt{3}$	3	4	60
5	$6\sqrt{3}$	10	3	30
6	$8\sqrt{2}$	7	2	45
7	$6\sqrt{3}$	7	3	30
8	$5\sqrt{3}$	5	2	60
9	$6\sqrt{2}$	6	3	45
10	$7\sqrt{3}$	7	8	30
11	$4\sqrt{3}$	8	5	60
12	$5\sqrt{2}$	9	8	45
13	$3\sqrt{3}$	2	5	30
14	$7\sqrt{3}$	5	7	60
15	$9\sqrt{2}$	8	2	45
16	$3\sqrt{3}$	5	4	30
17	$2\sqrt{3}$	7	5	60
18	$4\sqrt{2}$	4	7	45
19	$5\sqrt{3}$	3	6	30
20	$8\sqrt{3}$	3	3	60
21	$12\sqrt{2}$	6	9	45
22	$7\sqrt{3}$	5	3	30
23	$6\sqrt{3}$	7	5	60
24	$5\sqrt{2}$	9	3	45
25	$3\sqrt{3}$	8	7	30
26	$\sqrt{3}$	6	4	60
27	$6\sqrt{2}$	3	5	45
28	$4\sqrt{3}$	6	8	30
29	$3\sqrt{3}$	3	7	60
30	$8\sqrt{2}$	2	5	45



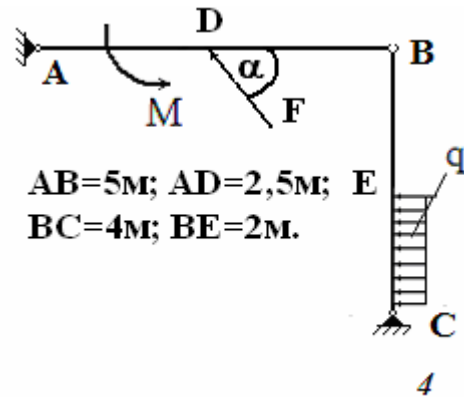
1



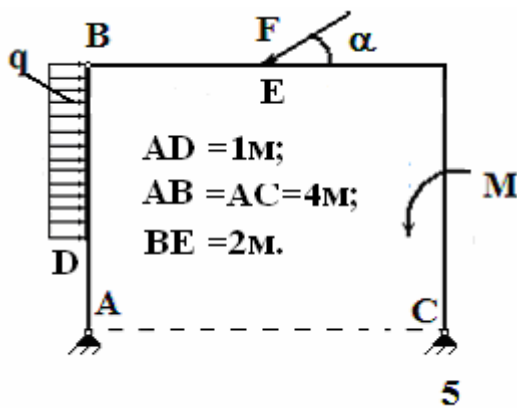
2



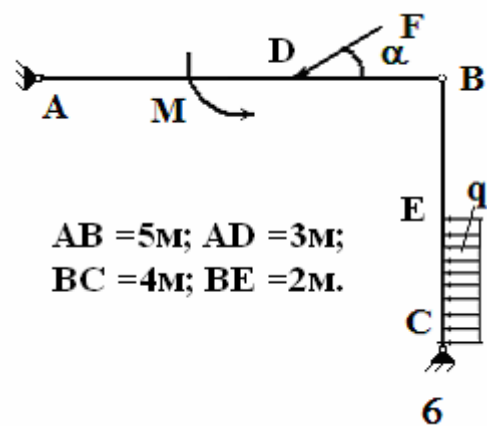
3



4



5



6

Рисунок 1.4

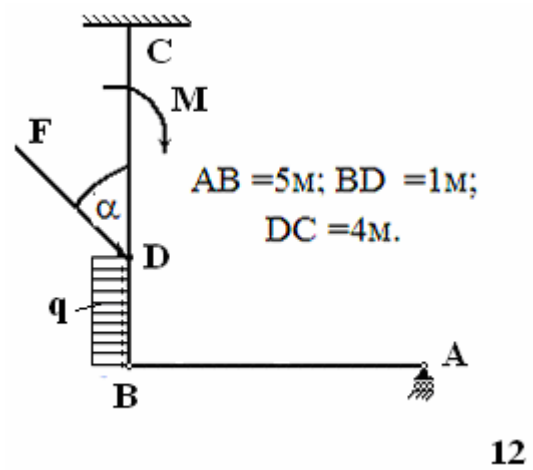
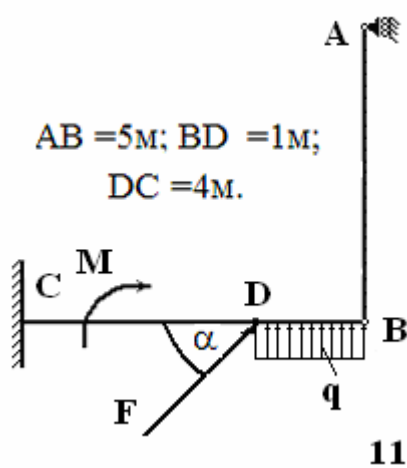
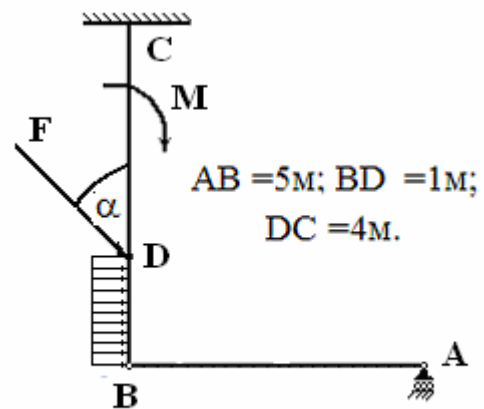
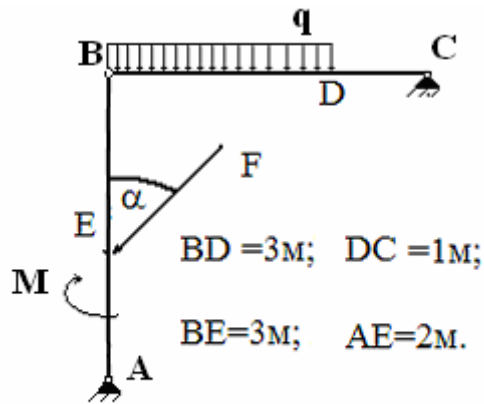
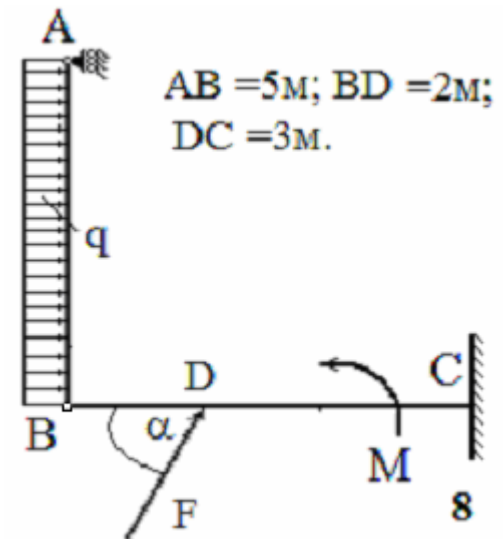
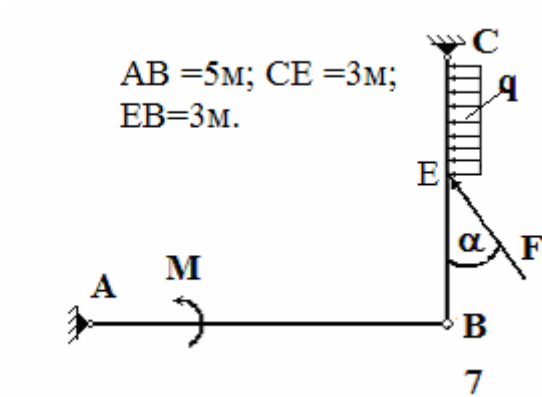


Рисунок 1.5

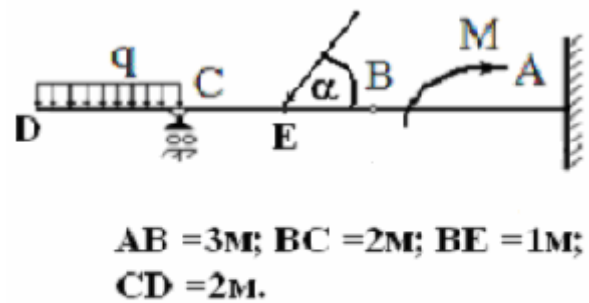
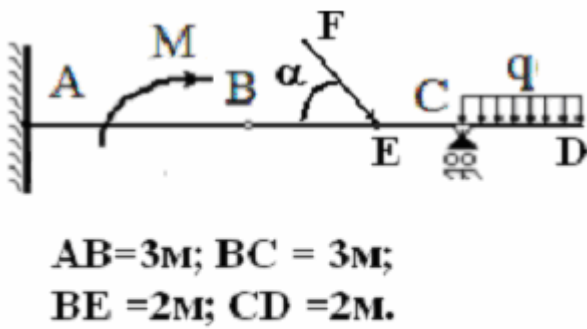
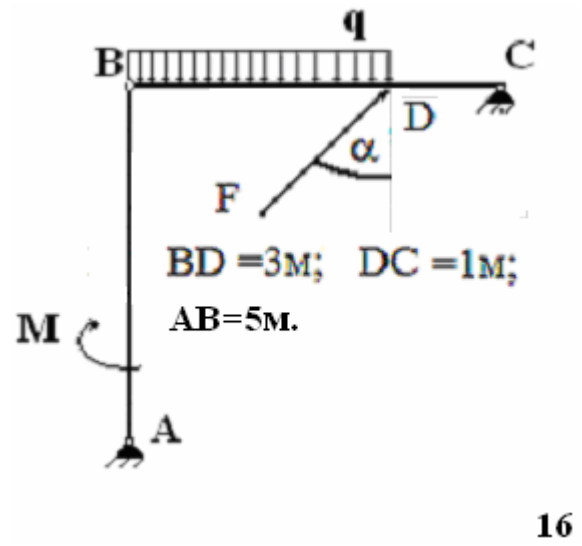
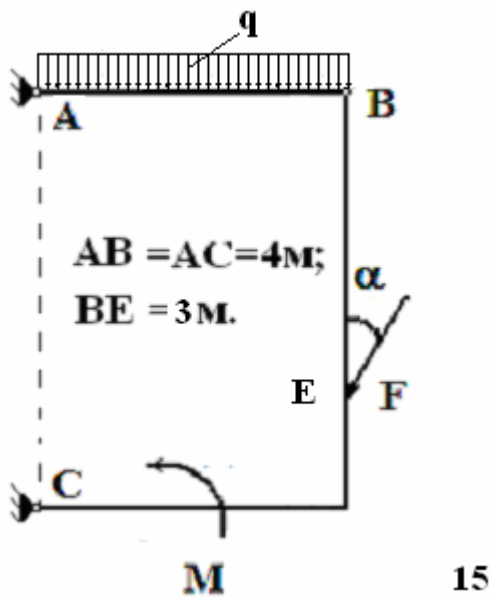
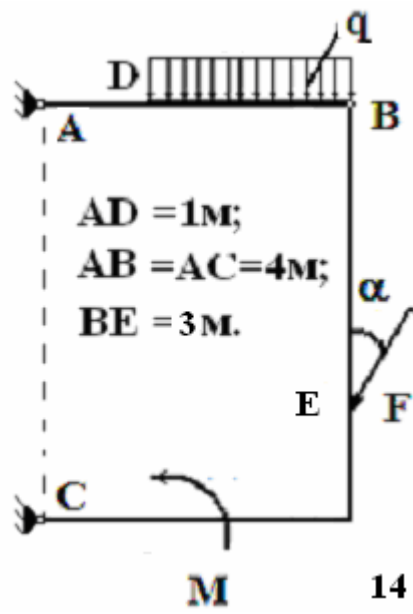
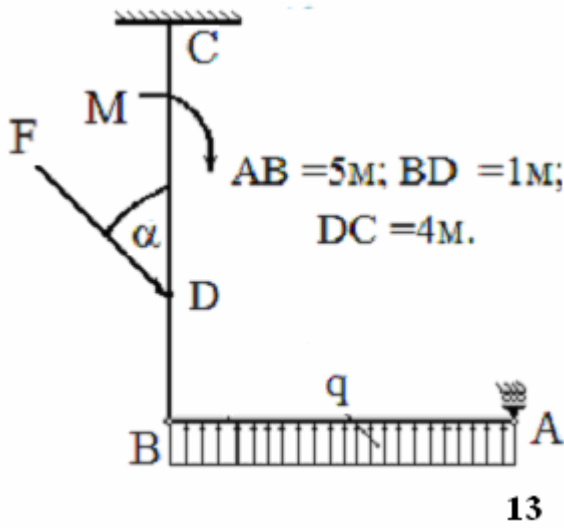
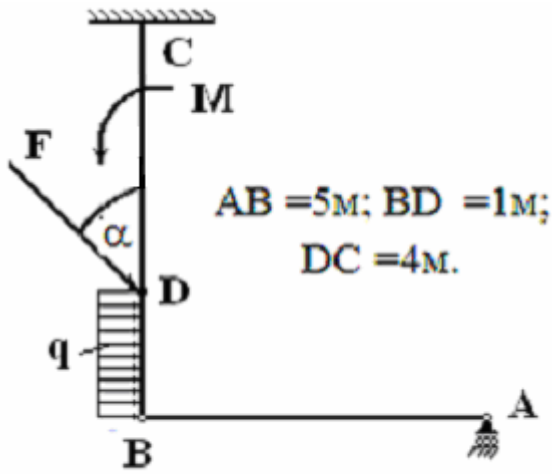


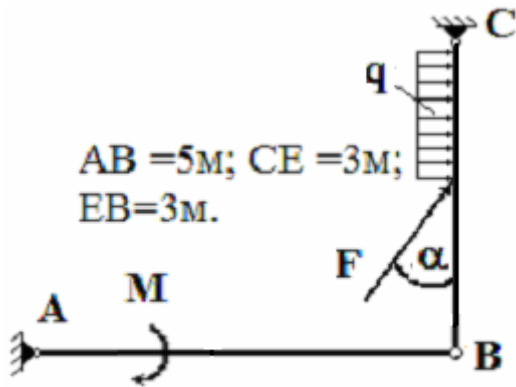
Рисунок 1.6



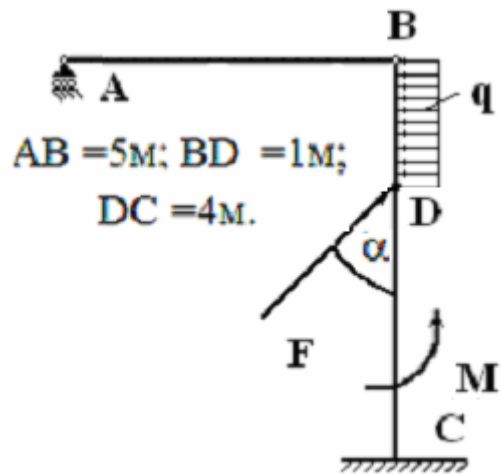
19



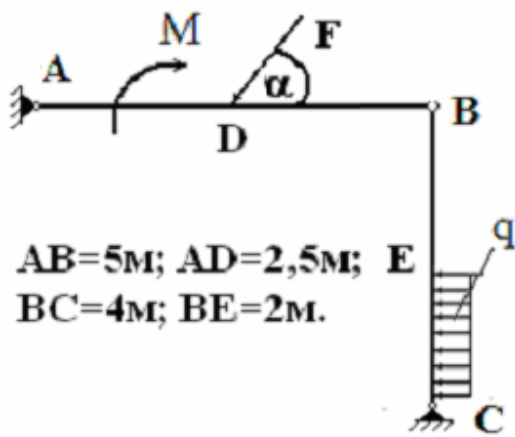
20



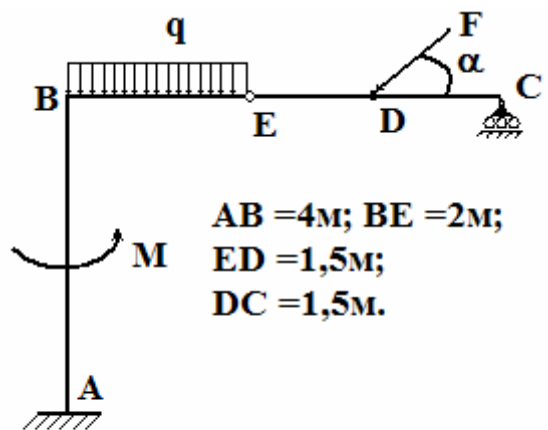
21



22



23



24

Рисунок 1.7

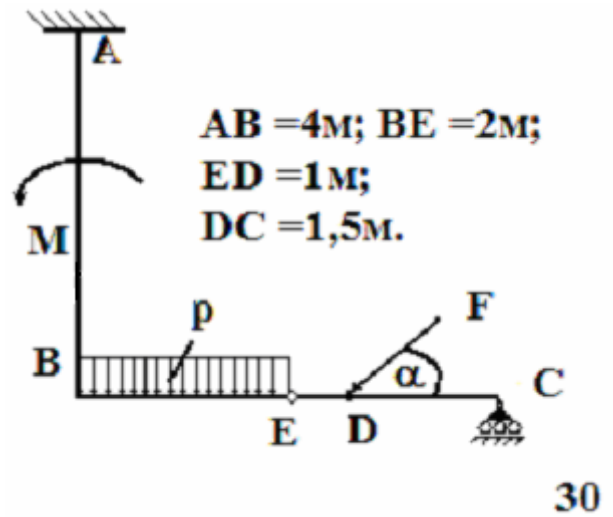
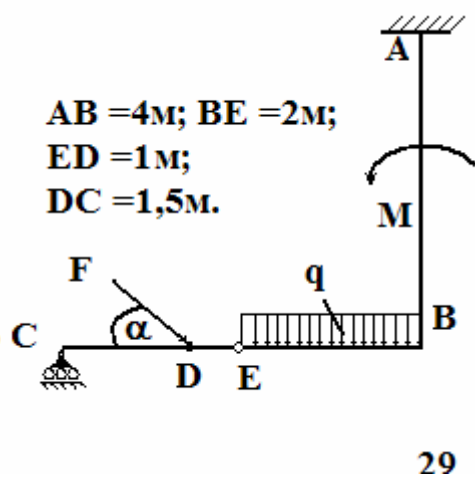
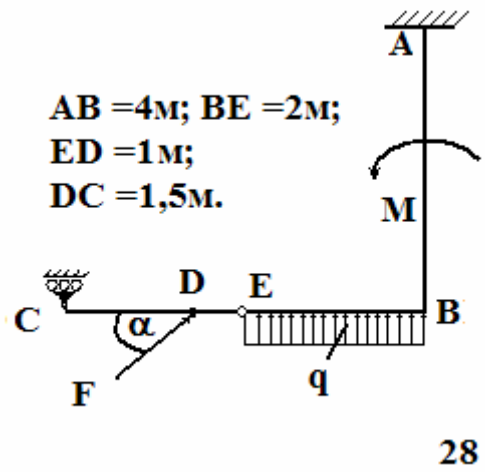
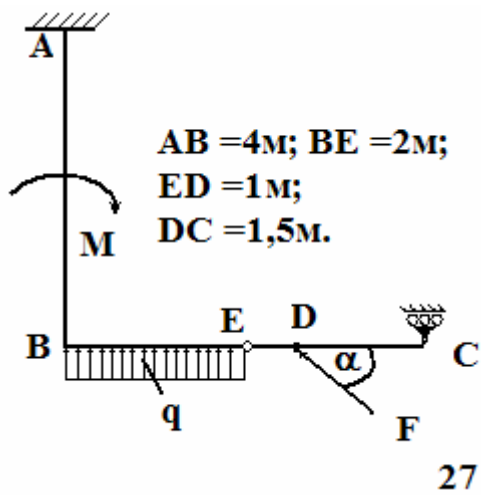
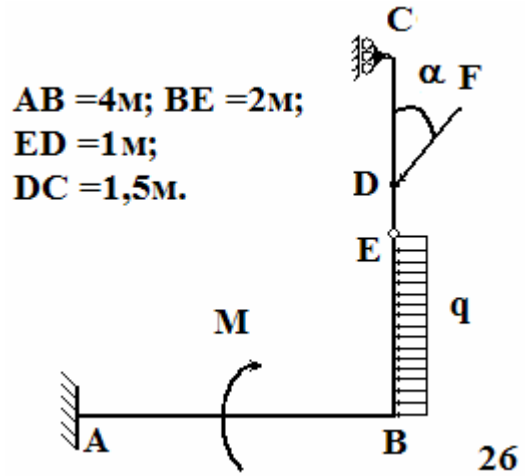
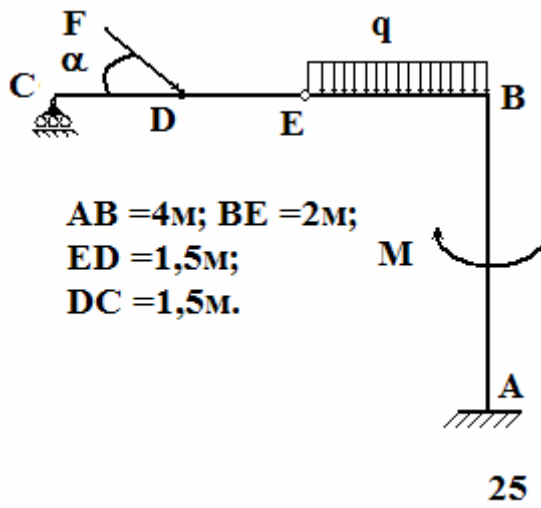


Рисунок 1.8

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1 Какие силы называются внешними?
- 2 Какие силы называются внутренними?
- 3 Что называется реакцией связи?
- 4 Что называется распределенной нагрузкой?
- 5 Что называется жесткой заделкой?
- 6 Какое условие должно соблюдаться, чтобы составная конструкция находилась в положении равновесия?
- 7 Сколько уравнений равновесия можно составить для каждого тела составной конструкции?
- 8 Сколько уравнений равновесия можно составить для составной конструкции?

2 ЗАДАЧА С2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ ОПОР ТВЕРДОГО ТЕЛА

2.1 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Дано: на вал ворота 1 намотана веревка, удерживающая груз Q (рисунок 2.1). Радиус колеса 2 ворота в четыре раза больше радиуса вала. Вербка, прикрепленная к ободу колеса и натягиваемая грузом силой $F = 80$ Н, сходит с колеса в точке K по касательной; радиус DK колеса образует с вертикалью угол $\alpha = 60^\circ$. Определить величину груза Q , при котором ворот остается в равновесии, а также реакции подшипников A и B , если общий вес вала и колеса $G = 600$ Н и приложен в точке C ($AC = 0,4$ м).

Решение.

Три нагрузки – вес \bar{G} и грузы \bar{Q} и \bar{F} , приложенные к вороту, уравниваются реакциями подшипников A и B . Нагрузки действуют в плоскостях, перпендикулярных к оси вала, и, следовательно, не смещают вал вдоль оси, поэтому реакции подшипников расположатся в плоскостях, перпендикулярных к этой же оси. Заменим их составляющими \bar{R}_{Ax} , \bar{R}_{Ay} , \bar{R}_{Bx} и \bar{R}_{By} .

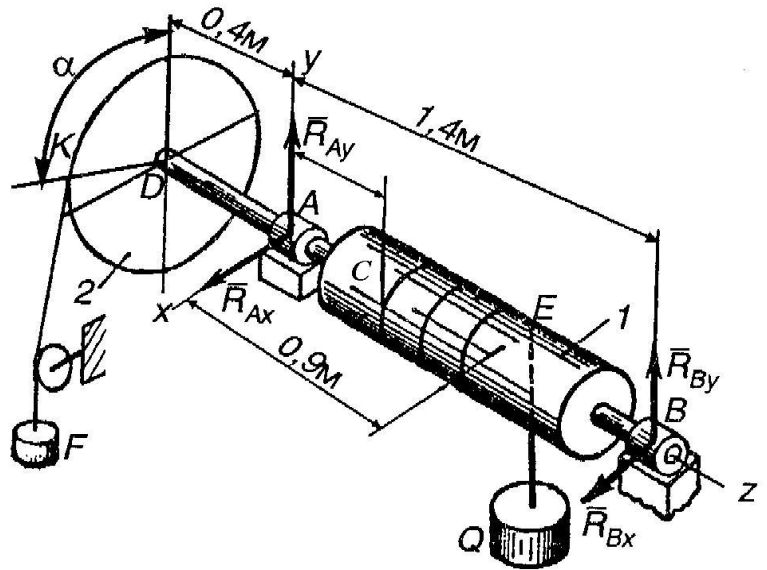


Рисунок 2.1

Следует учесть, что обычный подшипник не создает реакции, направленной вдоль оси вала. Если на вал действуют нагрузки, смещающие вал вдоль оси, то один из подшипников должен быть заменен подпятником.

На рисунке 2.2 изображен ворот со всеми действующими на него силами в трех проекциях (а, б и в). Составим уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} \sum F_{kx} &= 0; F \cos \alpha + R_{Ax} + R_{Bx} = 0; \\ \sum F_{ky} &= 0; -F \sin \alpha + R_{Ay} - G - Q + R_{By} = 0; \\ \sum M_x(\bar{F}_k) &= 0; F \sin \alpha \cdot AD - G \cdot AC - Q \cdot AE + R_{By} \cdot AB = 0; \\ \sum M_y(\bar{F}_k) &= 0; F \cos \alpha \cdot AD - R_{Bx} \cdot AB = 0; \\ \sum M_z(\bar{F}_k) &= 0; F \cdot 4r - Q \cdot r = 0. \end{aligned}$$

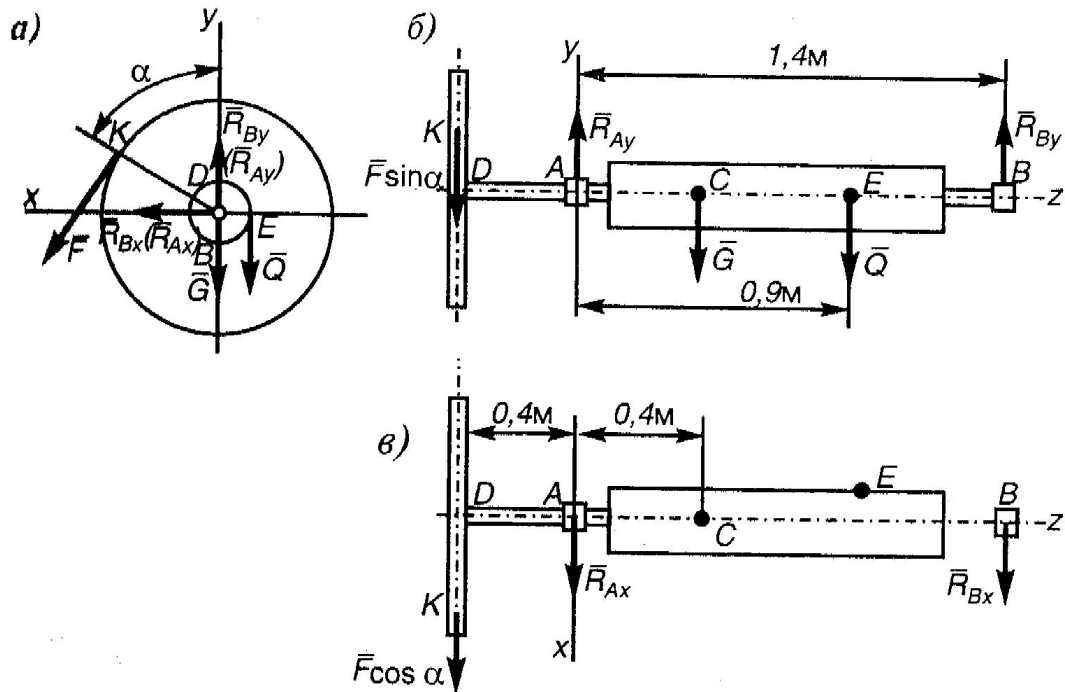


Рисунок 2.2

Решив уравнения, получим:

$$Q = \frac{F \cdot 4 \cdot r}{r} = 80 \cdot 4 = 320 \text{ Н}, \quad R_{Bx} = \frac{F \cos \alpha \cdot AD}{AB} = \frac{80 \cos 60^\circ \cdot 0,4}{1,4} \approx 11,4 \text{ Н},$$

$$R_{By} = \frac{-F \cos \alpha \cdot AD + G \cdot AC + Q \cdot AE}{AB} = \frac{-80 \cos 60^\circ \cdot 0,4 + 600 \cdot 0,4 + 300 \cdot 0,9}{1,4} \approx 357 \text{ Н},$$

$$R_{Ay} = F \sin \alpha + G + Q - R_{By} = 80 \sin 60^\circ + 600 + 320 - 357 = 632 \text{ Н},$$

$$R_{Ax} = -F \cos \alpha - R_{Bx} = -80 \cos 60^\circ - 11,4 = -51,4 \text{ Н}.$$

2.2 ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

На вал с барабаном весом Q намотана веревка, удерживающая груз весом P , и насажено колесо радиусом r и весом G . Определить реакции подшипников A и B и силу F , приложенную к колесу в плоскости его вращения, или момент M , приложенный к валу (варианты №2-6, 8-11, 13, 15, 17-19, 21, 23-26, 28-30), или натяжение ремней, надетых на колесо (варианты №1, 7, 12, 14, 16, 20, 27; скольжение ремня отсутствует, $T = 2t$), в случае равновесия конструкции. Коэффициент трения $f = 0,3$ (варианты №6, 11, 12, 15, 17, 19-21, 25, 27, 29).

Варианты конструкций с размерами приведены на рисунках 2.3-2.6. Числовые значения величин приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

№ вар.	<i>P</i>	<i>G</i>	<i>Q</i>	<i>r</i>	<i>D</i>	α	<i>k</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
	Н	Н	Н	мм	мм	град	мм	мм	мм	мм
1	12000	100	1500	600	300	3	300	700	200	500
2	11000	120	2000	720	300	-	350	700	250	600
3	10000	110	1600	600	280	-	400	600	300	500
4	10000	120	1800	600	250	-	300	650	250	450
5	9000	95	1200	525	250	-	350	500	300	400
6	8000	90	1000	630	320	-	400	550	300	450
7	18500	100	1000	560	300	3	500	700	400	600
8	9500	100	800	500	270	-	500	600	400	550
9	8000	90	800	450	260	-	550	750	350	600
10	12000	85	750	450	220	-	400	650	300	600
11	8500	110	1000	400	400	-	200	600	250	500
12	9000	115	1200	450	300	3	300	650	300	600
13	6000	100	800	650	300	-	300	700	350	550
14	8000	105	850	700	500	3	500	750	400	650
15	11000	95	900	550	400	-	400	800	300	700
16	12000	100	1500	600	300	3	300	700	200	500
17	11000	120	2000	720	300	-	350	700	250	600
18	10000	110	1600	600	280	-	400	600	300	500
19	10000	120	1800	600	250	-	300	650	250	450
20	9000	95	1200	525	250	3	350	500	300	400
21	8000	90	1000	630	320	-	400	550	300	450
22	18500	100	1000	560	300	3	500	700	400	600
23	9500	100	800	500	270	-	500	600	400	550
24	8000	90	800	450	260	-	550	750	350	600
25	12000	85	750	450	220	-	400	650	300	600
26	8500	110	1000	400	400	-	200	600	250	500
27	9000	115	1200	450	300	3	300	650	300	600
28	6000	100	800	650	300	-	300	700	350	550
29	8000	105	850	700	500	-	500	750	400	650
30	11000	95	900	550	400	-	400	800	300	700

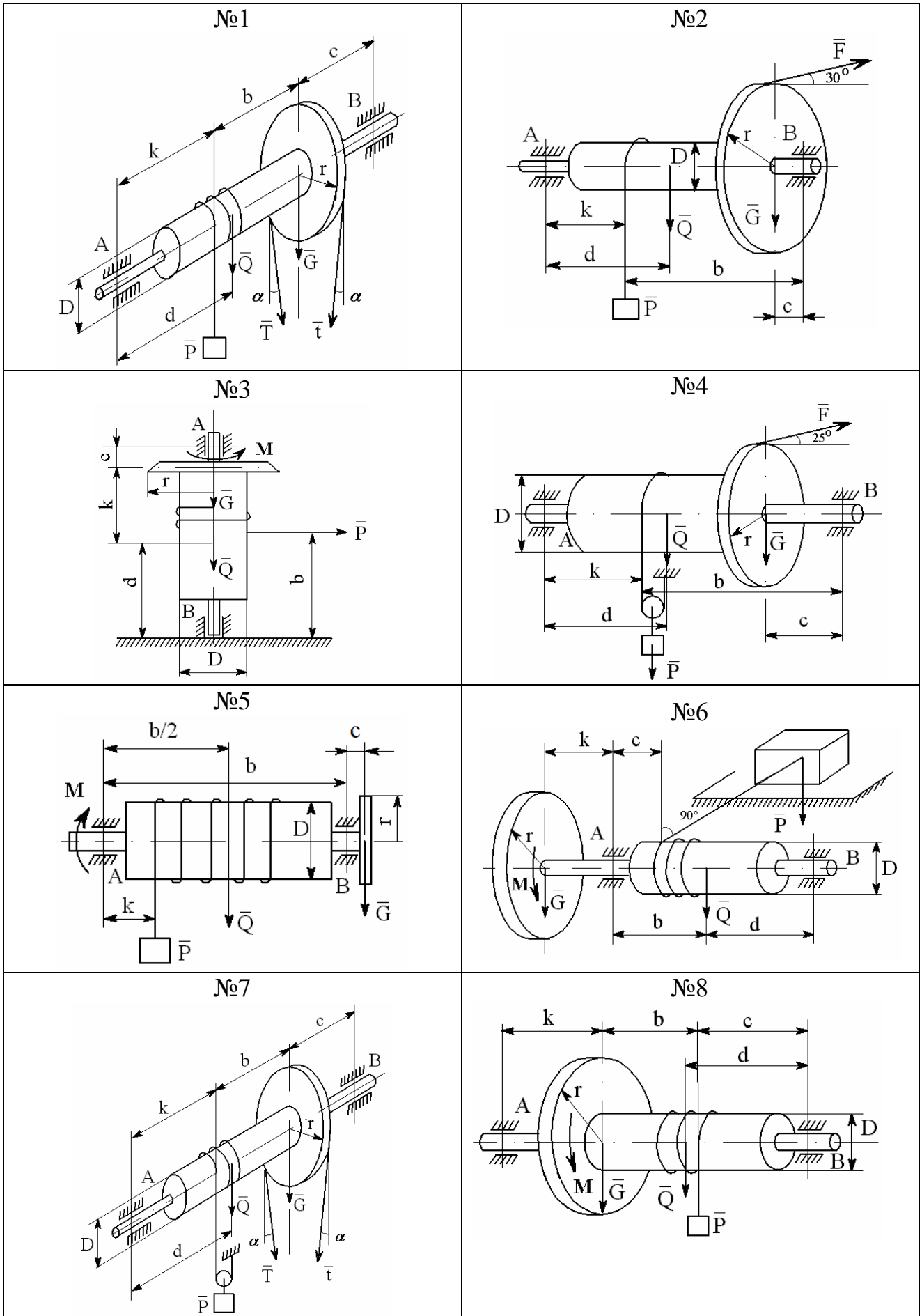


Рис. 2.3

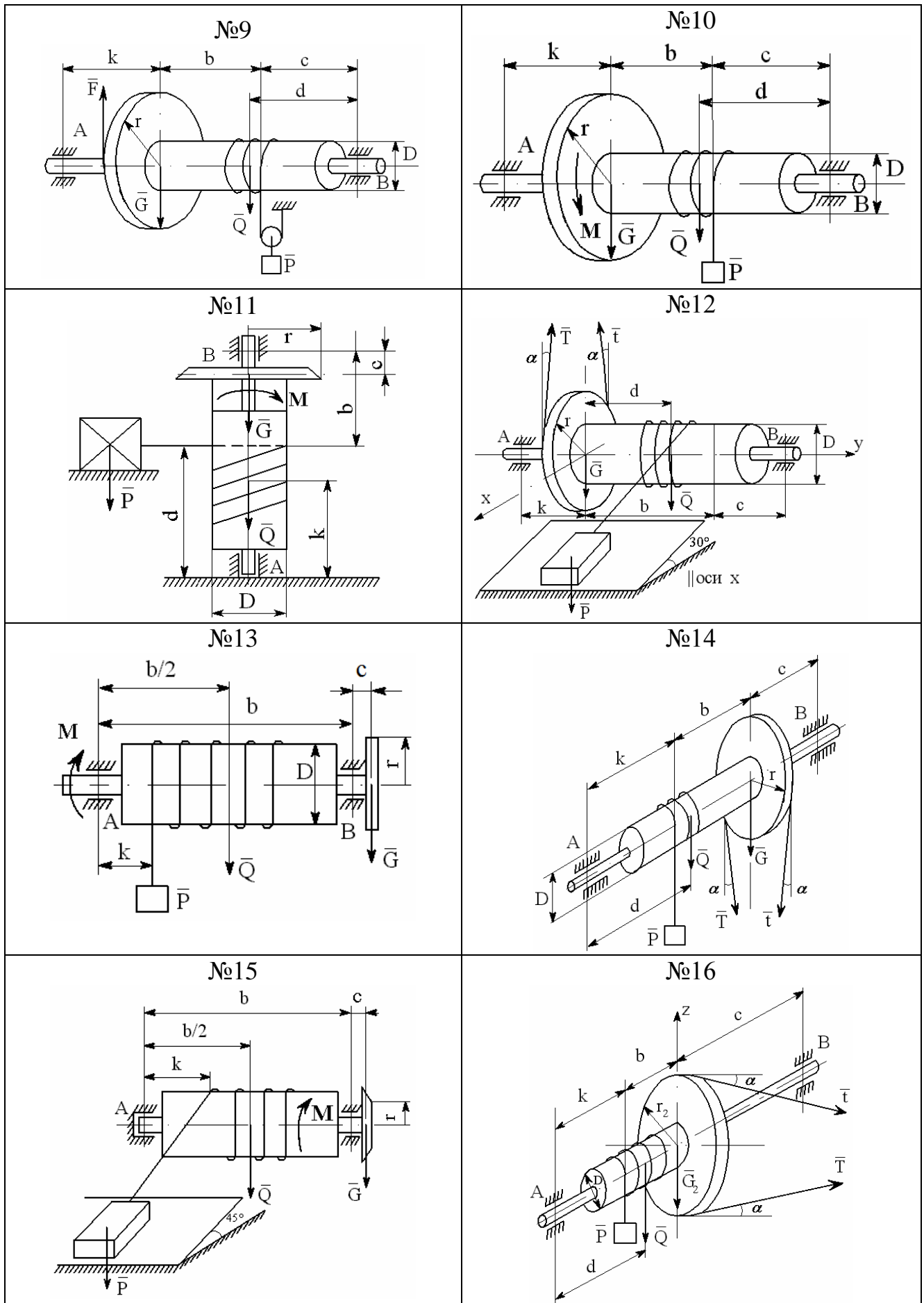


Рис. 2.4

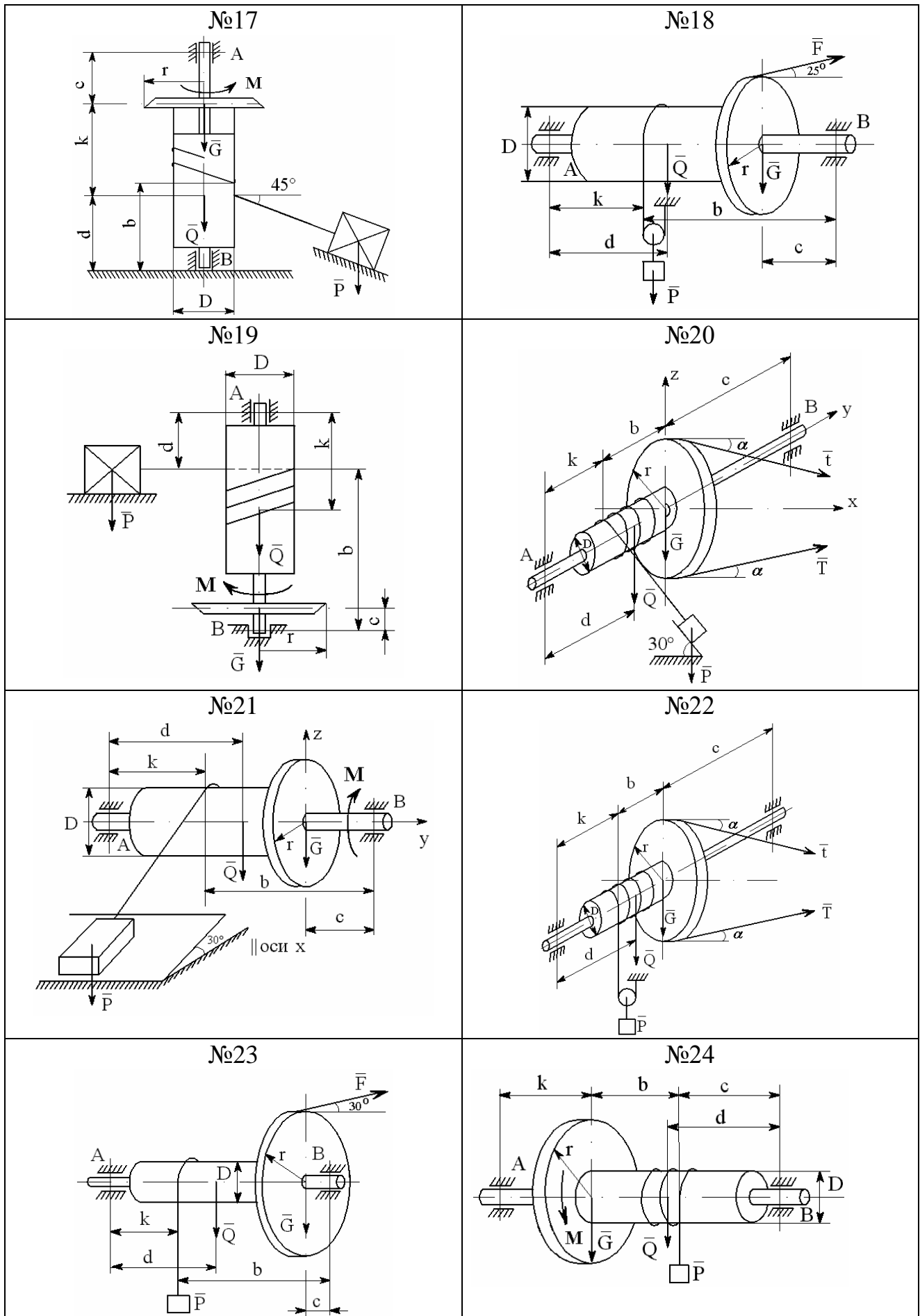


Рис. 2.5

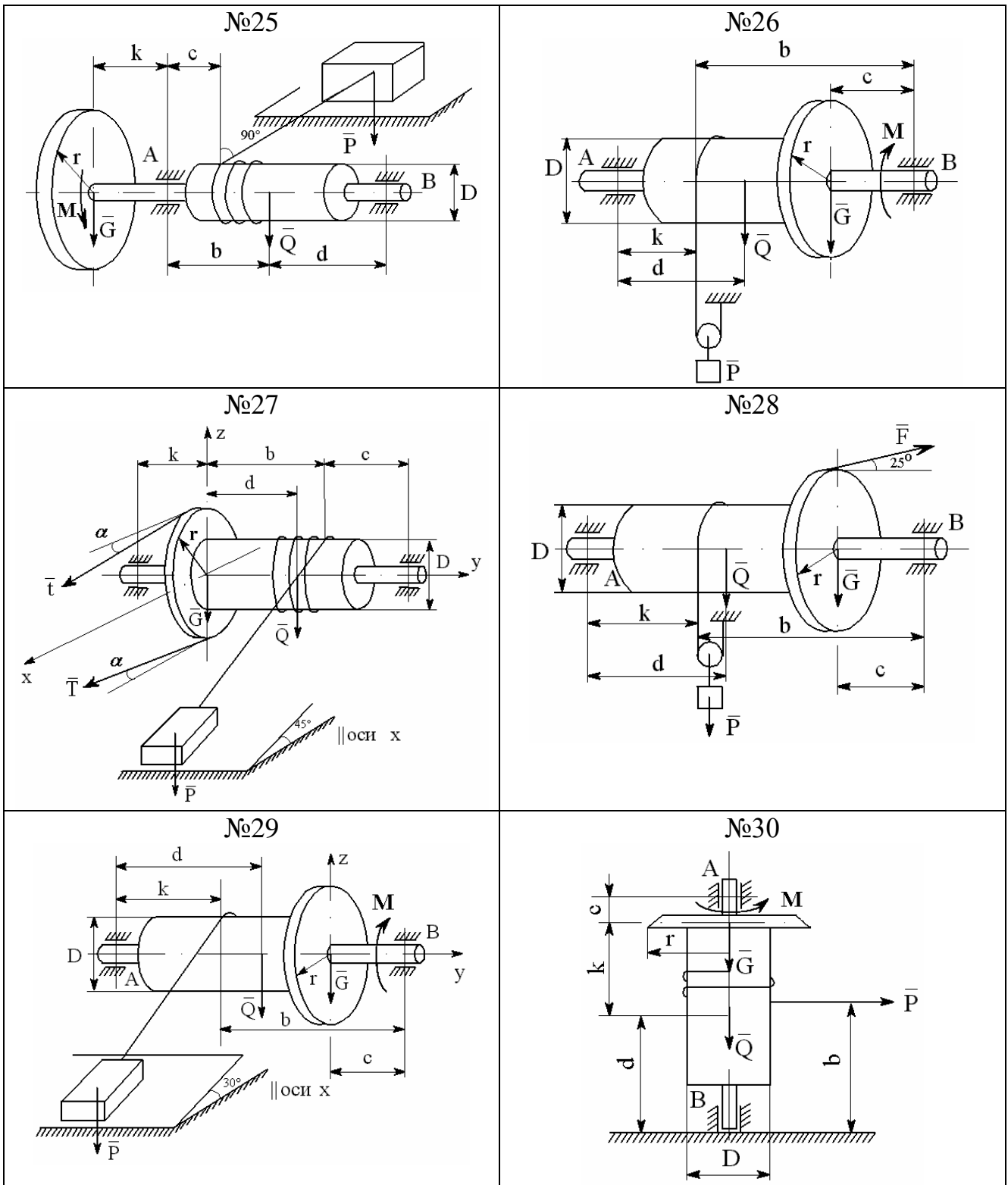


Рис. 2.6

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1 Как направлен и чему равен по модулю вектор-момент силы относительно данной точки?
- 2 В каком случае вектор-момент силы относительно точки равен нулю?
- 3 Что называется моментом силы относительно данной оси и как выбирается знак этого момента?
- 4 В каких случаях момент силы относительно данной оси равен нулю?
- 5 Какая существует зависимость между вектором-моментом силы относительно данной точки и моментом той же силы относительно оси, проходящей через эту точку?
- 6 Что называется главным вектором произвольной пространственной системы сил?
- 7 Что называется главным моментом произвольной пространственной системы сил?
- 8 Каковы возможные случаи приведения произвольно расположенных и параллельных сил в пространстве?
- 9 Каковы геометрическое и аналитическое условия приведения пространственной системы сил к равнодействующей?
- 10 Сформулируйте теорему о моменте равнодействующей пространственной системы сил относительно точки и оси.

Уфимский государственный нефтяной технический университет
Кафедра «Механика и конструирование машин»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Вариант 5

Студент гр. МЗЗ-07-01

Доцент

_____ Р.У. Ганиев
(подпись, дата)

_____ М.Х. Аглиуллин
(подпись, дата)

Уфа 2008