



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Техническая механика»

Н. В. Иноземцева

РАВНОВЕСИЕ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ СИЛ

ПРАКТИКУМ

**по курсу «Теоретическая механика»
для студентов технических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2014

УДК 531.3(075.8)
ББК 22.21я73
И67

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 6 от 10.02.2014 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Металлургия и литейное производство» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. экон. наук, доц. *Ю. Л. Бобарикин*

Иноземцева, Н. В.
И67 Равновесие плоской системы сил : практикум по курсу «Теоретическая механика» для студентов техн. специальностей днев. и заоч. форм обучения / Н. В. Иноземцева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 37 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://library.gstu.by/StartEK/>. – Загл. с титул. экрана.

Включены краткие теоретические сведения, примеры решения задач на равновесие плоской системы сил, а также варианты для выполнения индивидуальных заданий по данной теме.
Для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 531.3(075.8)
ББК 22.21я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2014

Представлена подборка задач, которые могут предлагаться студентам на практических занятиях и для выполнения расчетно-графических работ. Приступая к выполнению задания, студент должен изучить теоретический материал по соответствующей теме.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Понятие силы, момента силы.

Сила - мера механического взаимодействия тел, определяющая интенсивность и направление этого взаимодействия.

Сила определяется тремя элементами: числовым значением (модулем), направлением и точкой приложения. Сила изображается в виде вектора.

Совокупность нескольких сил, действующих на данное тело, называется *системой сил*. Силы, действующие на некоторую часть объема тела или его поверхности, называются распределенными. Распределенные силы характеризуются интенсивностью q . В курсе теоретической механики распределенные силы заменяют эквивалентной сосредоточенной силой. Так, распределенную силу с постоянной интенсивностью q , имеющую размерность $H/м$ и действующую на участке АВ тела длиной l , заменяют сосредоточенной силой \vec{Q} ($Q = ql$), приложенной в середине этого участка.

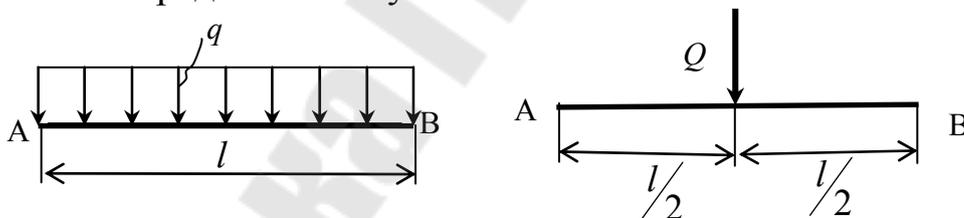


Рисунок 1

Сложение сил, действующих на тело, выполняют графическим и аналитическим способом. При аналитическом способе пользуются понятием проекции силы на координатную ось.

Проекция силы на каждую координатную ось определяется произведением модуля силы на косинус угла между направлением оси и силы:

$$P_x = P \cos(\vec{P}, \vec{i}), P_y = P \cos(\vec{P}, \vec{j}), P_z = P \cos(\vec{P}, \vec{k}), \quad (1)$$

Если известны проекции силы на три взаимно перпендикулярные оси x , y , z , то модуль и направление силы определяются по следующим формулам:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2},$$

$$\cos(\vec{P}, \vec{i}) = P_x/P, \quad \cos(\vec{P}, \vec{j}) = P_y/P, \quad \cos(\vec{P}, \vec{k}) = P_z/P \quad (2)$$

Аналогично, для сил лежащих в одной плоскости.

При вычислении проекции силы на ось возможны следующие частные случаи:

1. Проекция положительна, т.е. $P_x = P \cos \alpha$ (рис.2а)
2. Проекция равна 0, т.е. $P_x = P \cos 90 = 0$ (рис.2б)
3. Проекция отрицательна, т.е. $P_x = P \cos \alpha = -P \cos \beta$ (рис.2в)

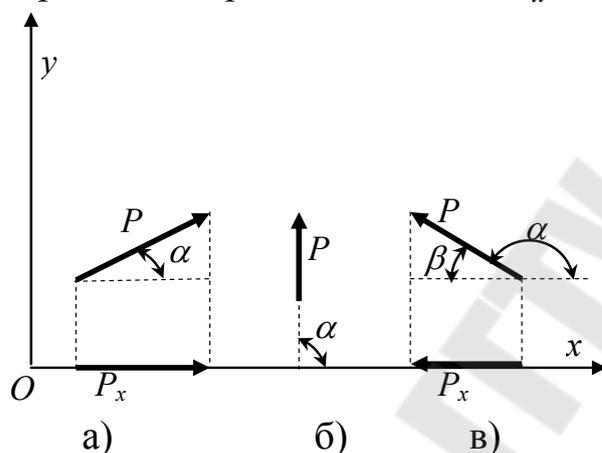


Рисунок 2

При решении задач рекомендуется вычислять абсолютное значение проекции силы как произведение модуля силы на косинус острого угла между линией действия силы и осью, определяя знак проекции непосредственно по чертежу.

Для оценки вращательного эффекта, оказываемого силой на тело, в механике пользуются понятием момента силы относительно точки.

Для плоской системы сил рассмотрим алгебраический момент относительно точки.

Алгебраическая величина момента силы относительно какой-либо точки равна взятому со знаком плюс или минус произведению модуля силы на ее плечо, т.е. на длину перпендикуляра, опущенного из этой точки на линию действия силы (рис.3).

Точка, относительно которой определяют момент силы, называется центром момента.

Обозначая момент силы \vec{P} относительно центра O символом $M_O(\vec{P})$ и плечо силы \vec{P} относительно данного центра буквой d , будем иметь

$$M_O(\vec{P}) = \pm Pd \quad (3)$$

Знак в формуле (3) берется по правилу: если сила стремится повернуть тело вокруг центра моментов в направлении, противоположном ходу стрелки часов, то момент считается положительным, если по ходу стрелки часов – то отрицательным.

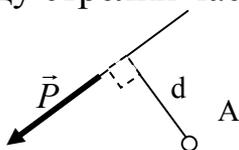


Рисунок 3

Из определения момента силы относительно точки следует:

- 1) момент силы относительно данной точки не изменяется при переносе силы вдоль ее линии действия, так как при этом не изменяется ни модуль силы, ни ее плечо;
- 2) момент силы относительно данной точки равен нулю, если линия действия силы проходит через эту точку, так как в этом случае равно нулю плечо силы ($d=0$).

1.2. Несвободное твердое тело. Связи. Реакция связей.

Твердое тело называют *свободным*, если оно может перемещаться в пространстве в любом направлении.

Тело, ограничивающее свободу движения данного твердого тела, является по отношению к нему *связью*.

Твердое тело, свобода движения которого ограничена связями, называется *несвободным*.

Все силы, действующие на несвободное твердое тело, можно разделить на задаваемые или активные силы и реакции связей.

Задаваемые силы выражают действие на твердое тело других тел, вызывающих или способных вызвать изменение его кинематического состояния.

Реакцией связи называется сила или система сил, выражающая механическое действие связи на тело.

Одним из основных положений механики является *принцип освобождаемости твердых тел от связей*, согласно которому несвободное твердое тело можно рассматривать как свободное, на которое, кроме задаваемых сил, действуют реакции связей.

В зависимости от характера закрепления тел, или от вида опоры, различают следующие виды связей:

Цилиндрический шарнир (Шарнирно-неподвижная опора).

Реакция шарнира всегда проходит через ось вращения A (рис. 4, а). При действии нескольких внешних сил направление и модуль реакции шарнира неизвестны. Раскладывая неизвестный вектор на две составляющие (рис. 4, б) по осям координат, получаем две неизвестные только по модулю R_{Ax} и R_{Ay} (направления их заданы осями координат). Определив их, найдем модуль равнодействующей и ее направление:

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2}; \quad \cos(\hat{R}, x) = \frac{R_{Ax}}{R_A}; \quad \cos(\hat{R}, y) = \frac{R_{Ay}}{R_A}$$

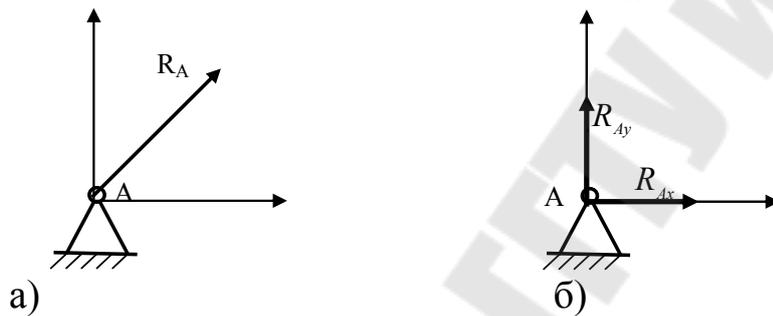


Рисунок 4

Обычно в задачах ограничиваются нахождением составляющих.

Гладкая поверхность (Шарнирно-подвижная опора)

Реакция шарнира всегда проходит через ось вращения A перпендикулярно опорной плоскости (рис. 5, б, в). При действии нескольких внешних сил направление реакции шарнира известно, неизвестен только модуль.

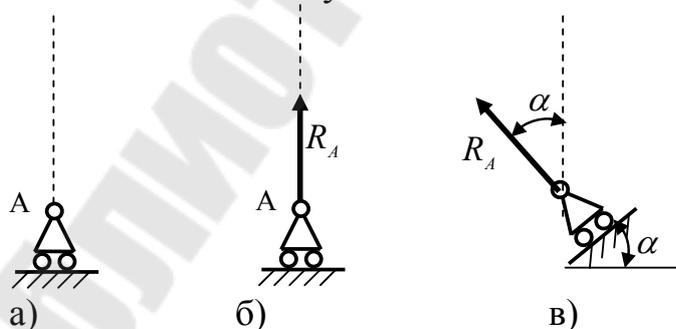


Рисунок 5

Жесткая заделка

Реакция раскладывается на составляющие по осям координат и момент в опорной поверхности.

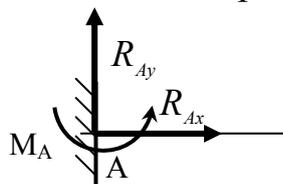


Рисунок 6

Гибкая нерастяжимая нить (веревка, трос, цепь).

Гибкая нерастяжимая нить может воспринимать только растягивающее усилие, направленное вдоль ее оси, т.е. нить работает только на растяжение. Сила, с которой твердое тело, находящееся под действием заданной системы сил, растягивает нить, называется *натяжением*. В свою очередь, со стороны нити к твердому телу приложена *реакция нити T*, которая всегда действует вдоль нити в точке ее прикрепления к телу (по направлению к точке подвеса)(рисунок 7)

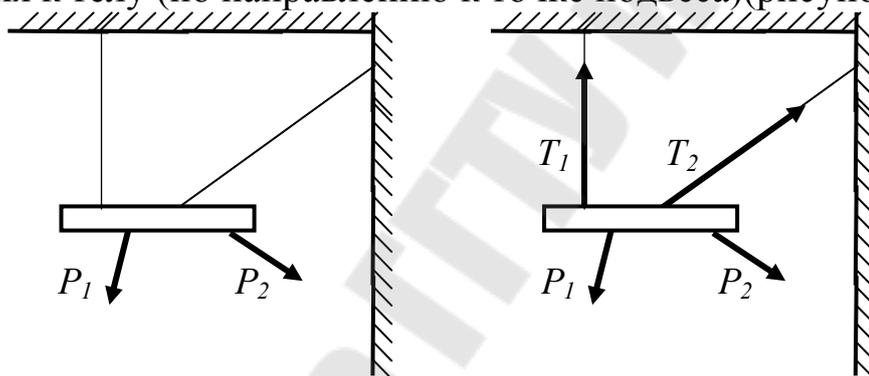


Рисунок 7

Жесткий стержень (с шарнирным закреплением концов). Жесткий стержень в отличие от нити может передавать и растягивающее и сжимающее усилие, т.е. работает и на растяжение и на сжатие. *Реакция такой связи направлена от тела, если стержень растягивается S_{AC} , S_{BD} (рис. 8), и к телу, если стержень сжимается.*

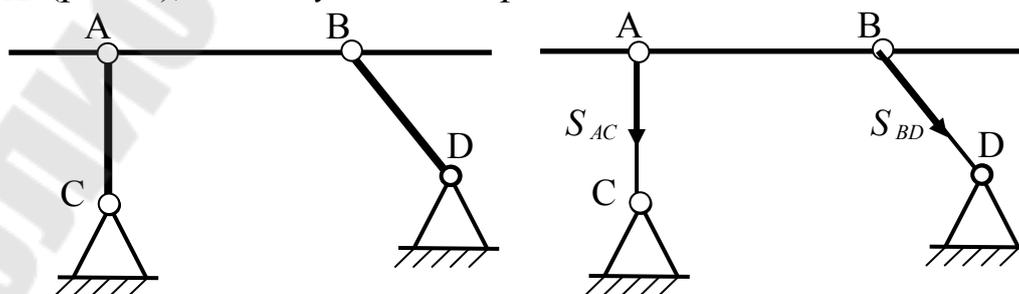


Рисунок 8

1.3. Уравнения равновесия произвольной плоской системы сил

Для равновесия произвольной плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы и главный вектор, и главный момент этой системы относительно любой точки плоскости действия сил равнялись нулю:

$$M = \sum M_{io} = 0, \quad R^* = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 0. \quad (4)$$

Таким образом, два условия равновесия сил, произвольно расположенных на плоскости, можно выразить в виде системы трех уравнений:

$$\sum P_{ix} = 0, \quad \sum P_{iy} = 0, \quad \sum M_{io} = 0 \quad (5)$$

Систему (5) называют первой формой уравнений равновесия произвольной плоской системы сил, которая формулируется так: для равновесия плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы алгебраические суммы проекций всех сил на каждую координатную ось и алгебраическая сумма моментов этих сил относительно любой точки O , лежащей в плоскости действий сил, равнялись нулю.

Вторая форма уравнений равновесия формулируется так: для равновесия плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы алгебраические суммы моментов всех сил относительно трех произвольных точек A , B и C , не лежащих на одной прямой, равнялись нулю, т.е.

$$\sum M_{iA} = 0 \quad \sum M_{iB} = 0 \quad \sum M_{iC} = 0 \quad (6)$$

Третья форма уравнений равновесия формулируется так: для равновесия плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы алгебраические суммы моментов всех сил относительно двух произвольных точек A и B и алгебраическая сумма проекций всех сил на какую-либо ось x или y , не перпендикулярную к прямой AB , равнялись нулю, т.е.

$$\sum M_{iA} = 0, \quad \sum M_{iB} = 0, \quad \sum P_{ix} = 0 \quad (7)$$

или

$$\sum M_{iA} = 0, \sum M_{iB} = 0, \sum P_{iy} = 0 \quad (8)$$

Все три формы уравнений равновесия совершенно равноправны. Отметим, что независимо от вида уравнений равновесия для плоской системы произвольно расположенных сил статика позволяет составить только три уравнения.

2. УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

На тела, схемы которых представлены в приложении 1, наложены активные силы и внешние связи согласно условию, указанному в таблице 1. Для данных тел необходимо определить реакции этих связей и выполнить проверку правильности решения.

3. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

На тело, представленного на рисунке 8, наложены внешние связи: в точке А цилиндрический шарнир, в точке В гладкая поверхность. Определить реакции связей, вызываемые действующими на тело нагрузками $P_1 = 20Н$, $P_2 = 10Н$, $M = 15Нм$, $q = 2 \frac{Н}{м}$, $\alpha = 30^\circ$, $AB = 4м$, $AK = 3м$, $CB = 2м$, $AE = 1,5м$.

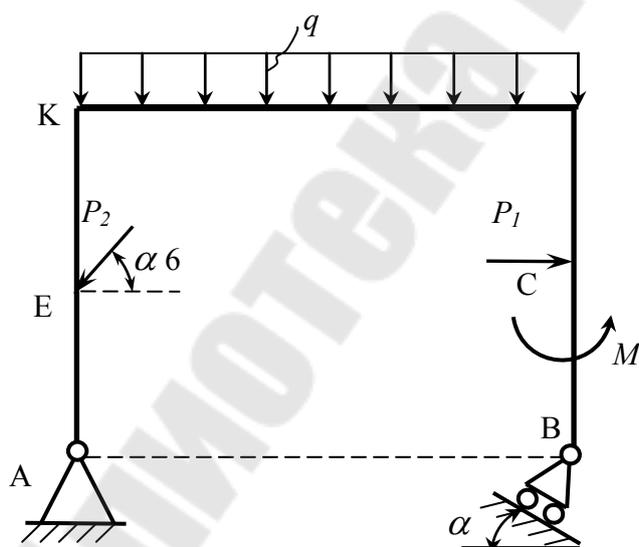


Рисунок 9 Исходная схема

Решение:

Рассмотрим систему уравнивающих сил, приложенных к конструкции (рисунок 10). Действие связей на тело заменяем их реакциями: R_{Ax} и R_{Ay} в точке А, а также R_B - в точке В. Равномерно распределенная нагрузка заменена сосредоточенной силой $Q = q \cdot AB = 2 \cdot 4 = 8, H$, приложенной посередине участка АВ и направленной так же как и q . Силу \vec{P}_2 раскладываем на составляющие по осям координат: $P_{2x} = P_2 \cos \alpha$, $P_{2y} = P_2 \sin \alpha$. Реакцию в точке В также раскладываем на составляющие по осям координат: $R_{Bx} = R_B \sin \alpha$, $R_{By} = R_B \cos \alpha$

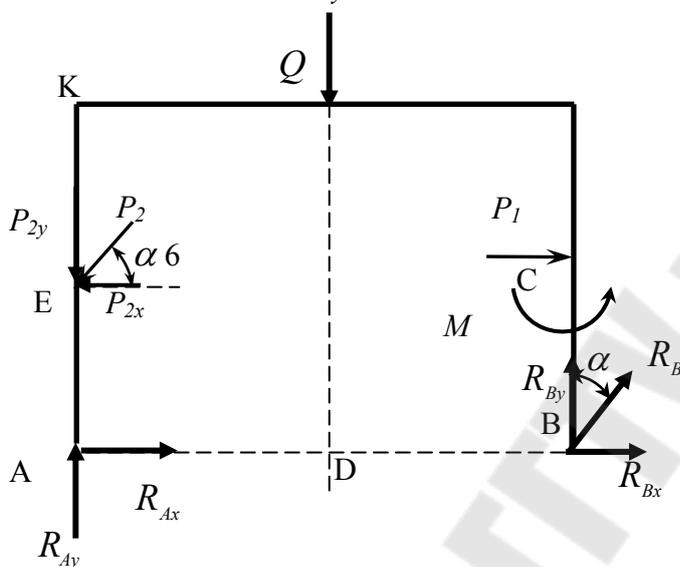


Рисунок 10 расчетная схема

Для произвольной плоской системы сил, действующих на тело, составляем три уравнения равновесия в виде:

$$\begin{aligned} \sum X_i = 0 & \quad R_{Ax} - P_{2x} + P_1 + R_{Bx} = 0 \\ \sum Y_i = 0 & \quad R_{Ay} - P_{2y} - Q + R_{By} = 0 \\ \sum M_{iA} = 0 & \quad P_{2x} \cdot AE - Q \cdot AD + M - P_1 \cdot BC + R_{By} \cdot AB = 0 \end{aligned}$$

Решаем полученную систему уравнений.

$$R_{Ax} - P_2 \cos \alpha + P_1 + R_B \sin \alpha = 0 \quad (9)$$

$$R_{Ay} - P_2 \sin \alpha - Q + R_B \cos \alpha = 0 \quad (10)$$

$$P_2 \cos \alpha \cdot 1,5 - Q \cdot 2 + M - P_1 \cdot 2 + R_B \cos \alpha \cdot 4 = 0 \quad (11)$$

Из уравнения (11) находим реакцию R_B :

$$R_B = \frac{-P_2 \cos \alpha \cdot 1,5 + Q \cdot 2 - M + P_1 \cdot 2}{4 \cos \alpha} = \frac{8 \cdot 2 - 15 + 2 \cdot 20 - 1,5 \cdot 10 \cdot 0,866}{4 \cdot 0,866} = 8,086 \text{ Н}$$

Из уравнения (10) находим реакцию R_{Ay} :

$$R_{Ay} = P_2 \sin \alpha + Q - R_B \cos \alpha = 10 \cdot 0,5 + 8 - 8,086 \cdot 0,866 = 5,99 \text{ Н}$$

Из уравнения (9) определяем реакцию R_{Ax} :

$$R_{Ax} = P_2 \cos \alpha - P_1 - R_B \sin \alpha = 10 \cdot 0,866 - 20 - 8,086 \cdot 0,5 = -15,383 \text{ Н}$$

Реакция шарнира А

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{(15,383)^2 + (5,99)^2} = 16,5 \text{ Н}$$

Для проверки правильности решения составим уравнение равновесия моментов сил относительно точки С:

$$\sum M_{iC} = 0$$

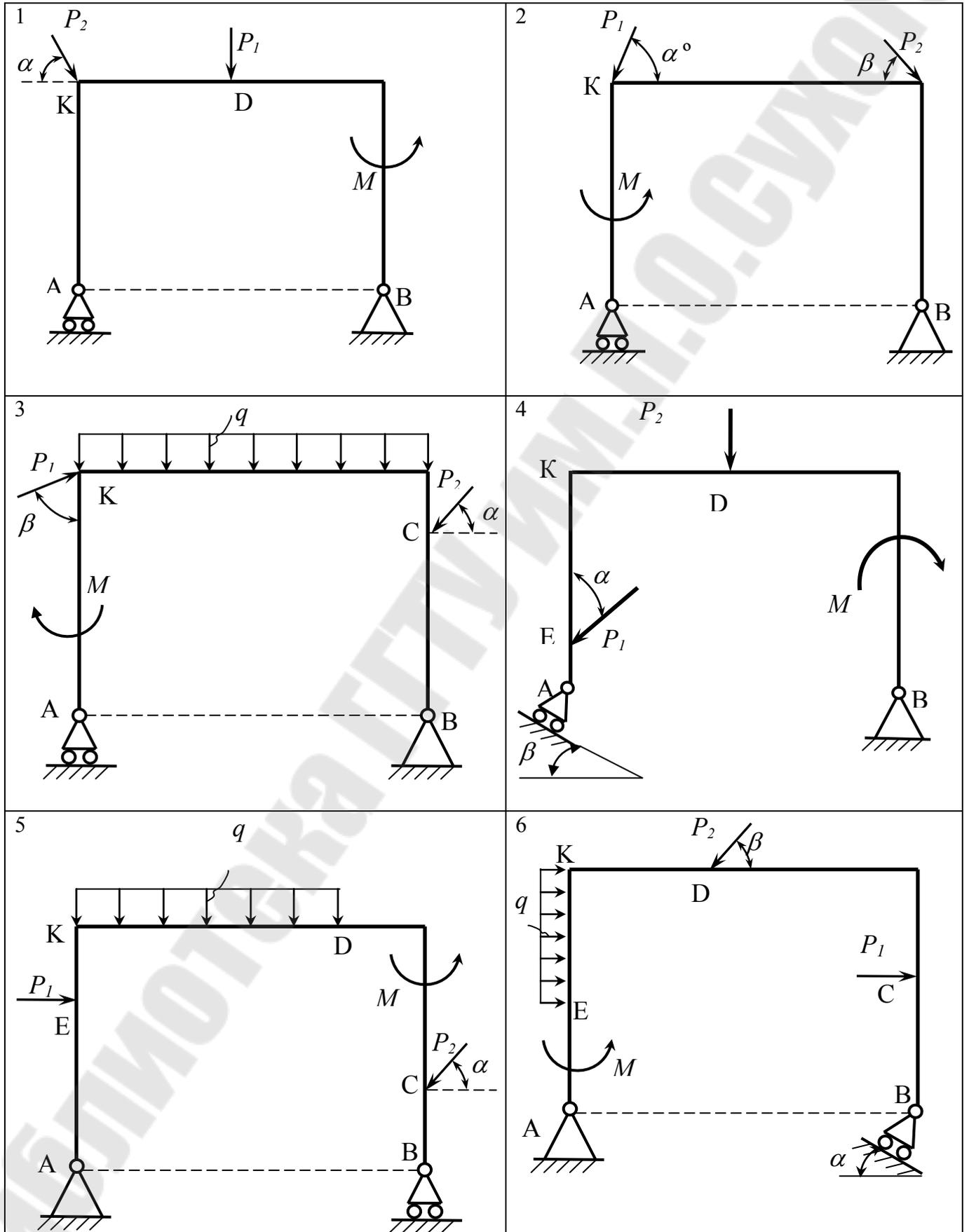
$$P_2 \sin \alpha \cdot AB + QBD + M + R_B \sin \alpha \cdot CB - P_2 \cos \alpha \cdot (BC - AE) + R_{Ax} \cdot BC - R_{Ay} AB = 0$$

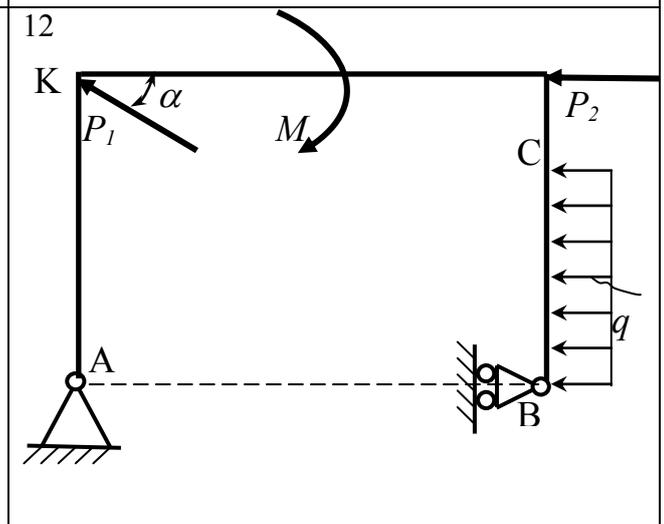
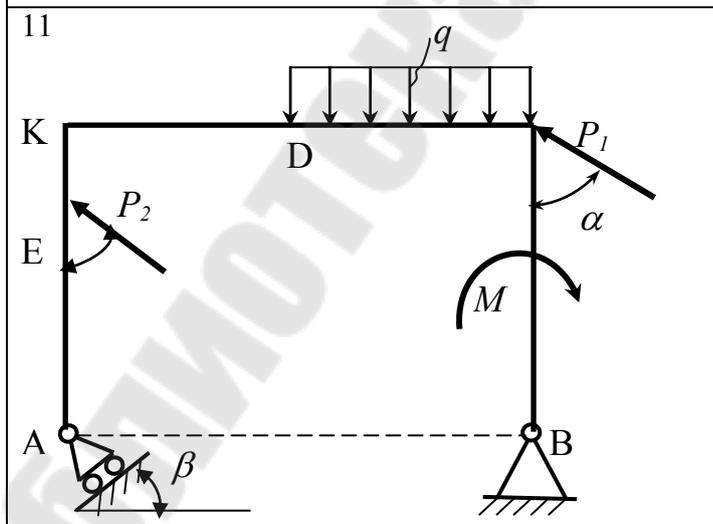
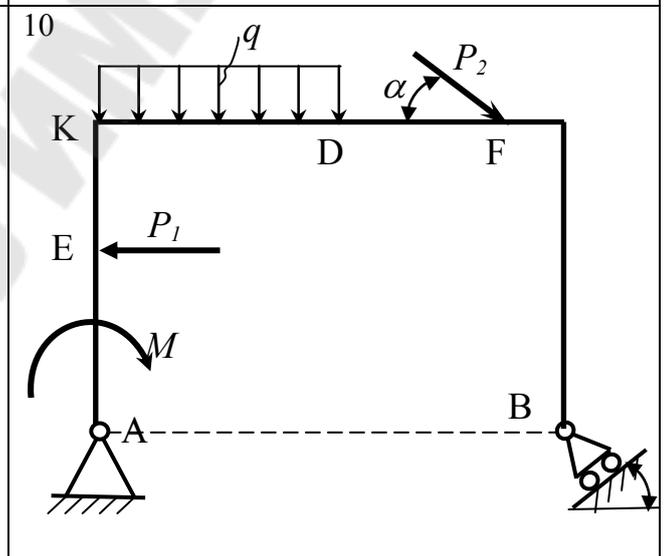
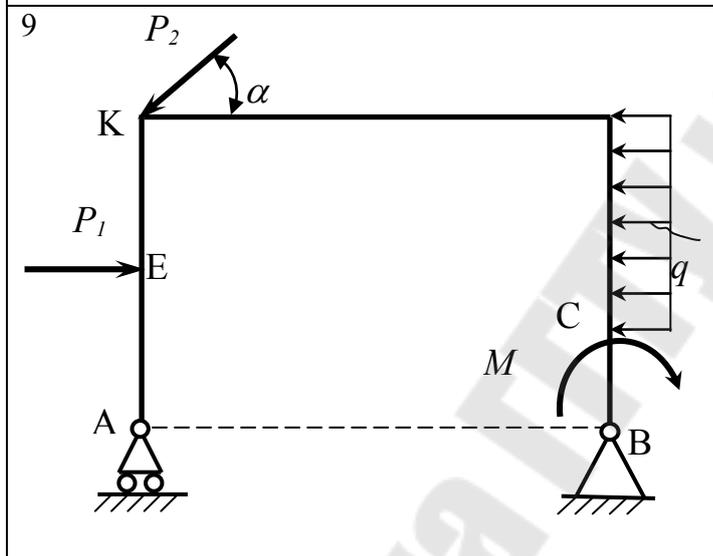
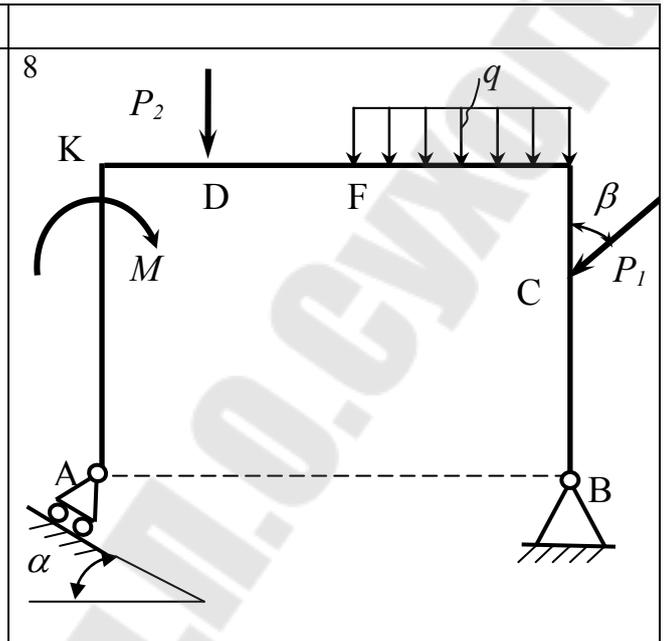
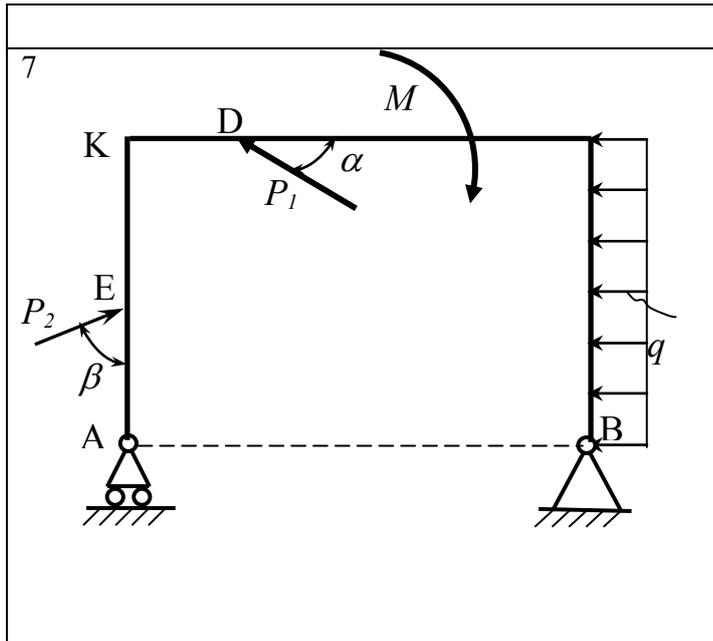
$$15 + 8,0866 + 16 + 20 - 4,33 - 30,766 - 24 = 0$$

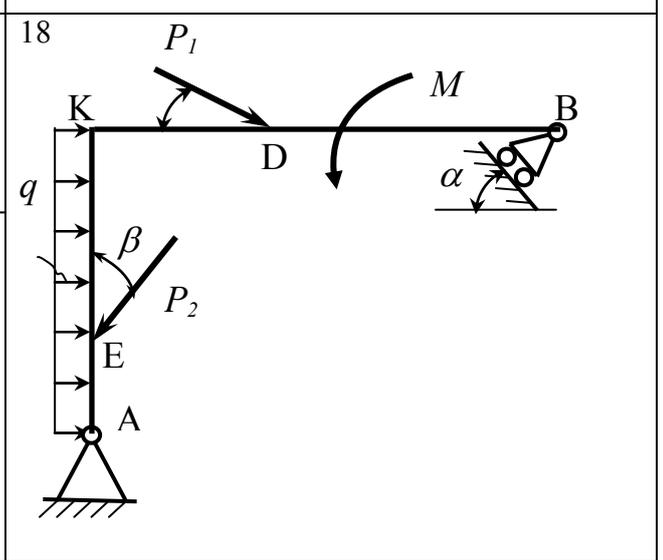
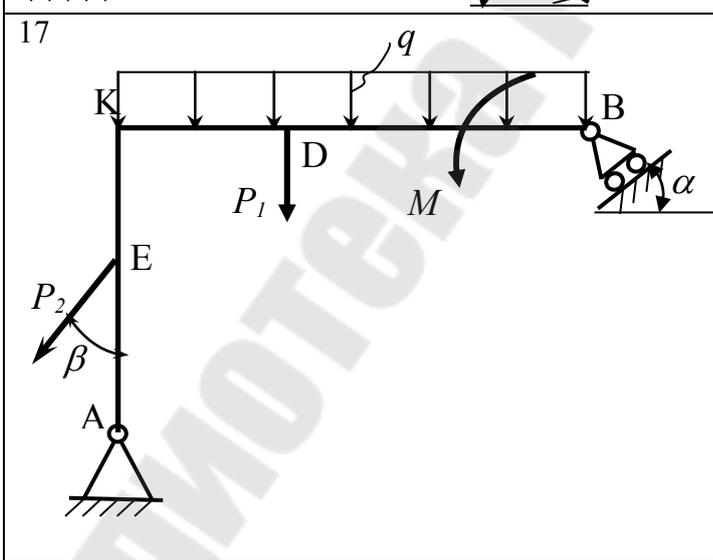
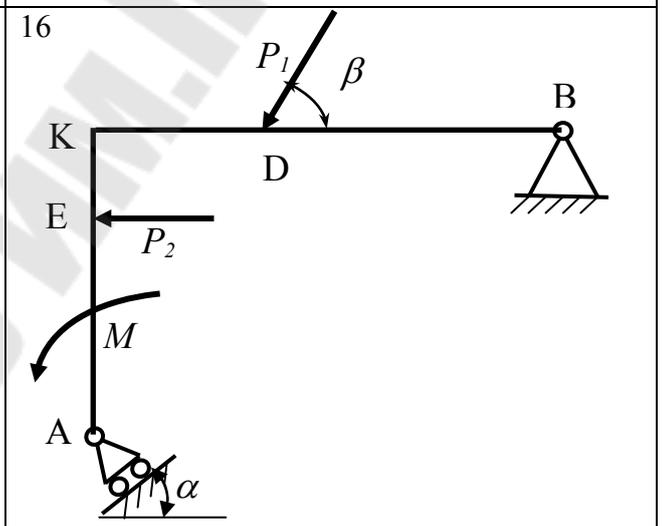
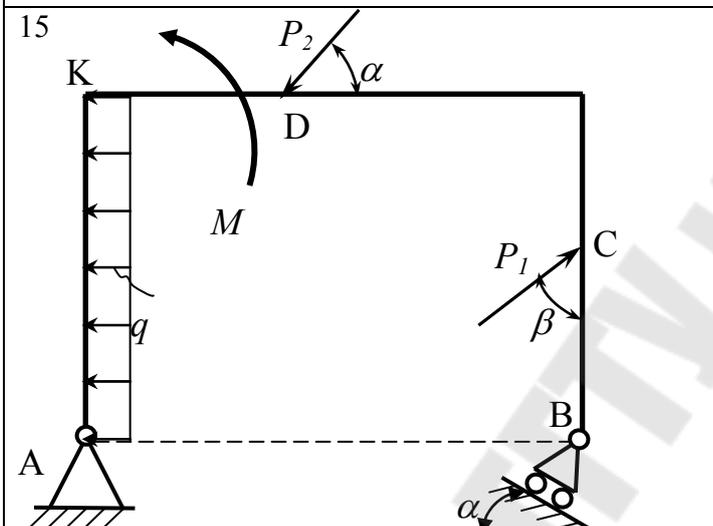
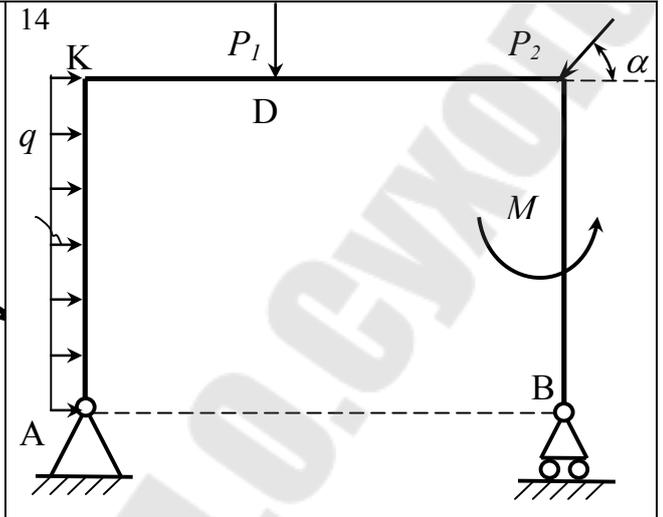
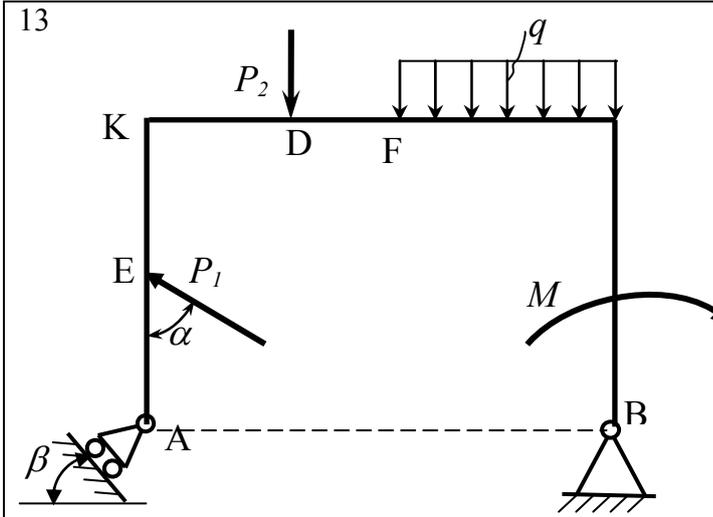
$$59,09 - 59,09 = 0$$

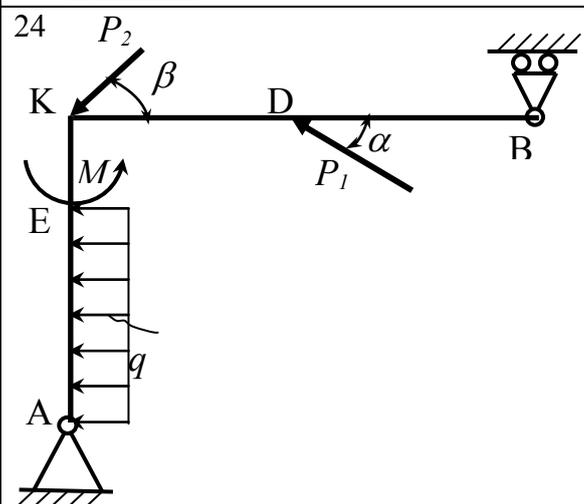
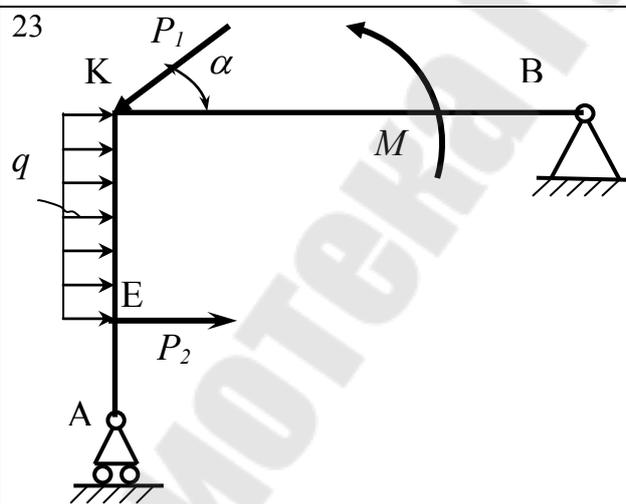
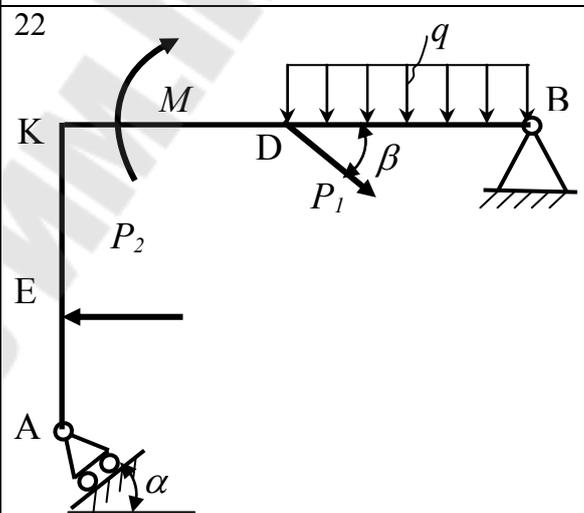
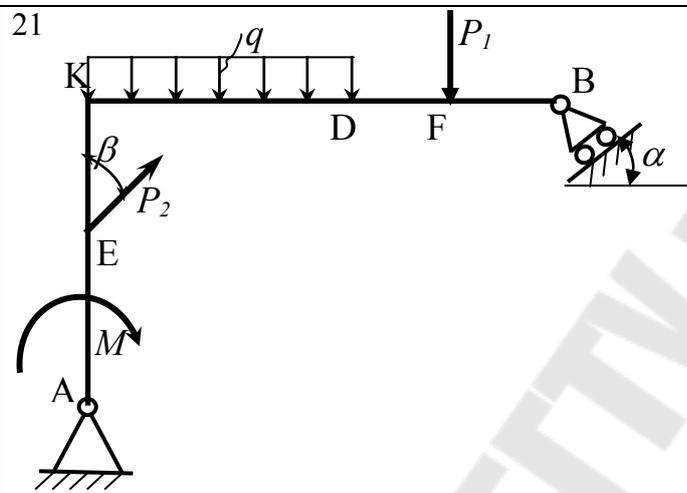
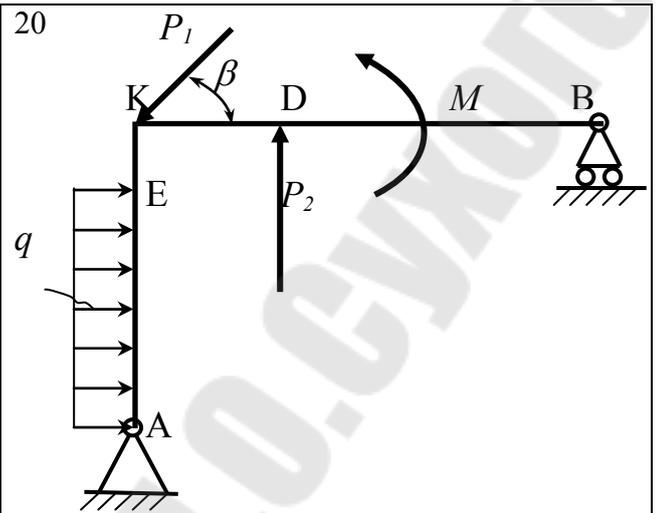
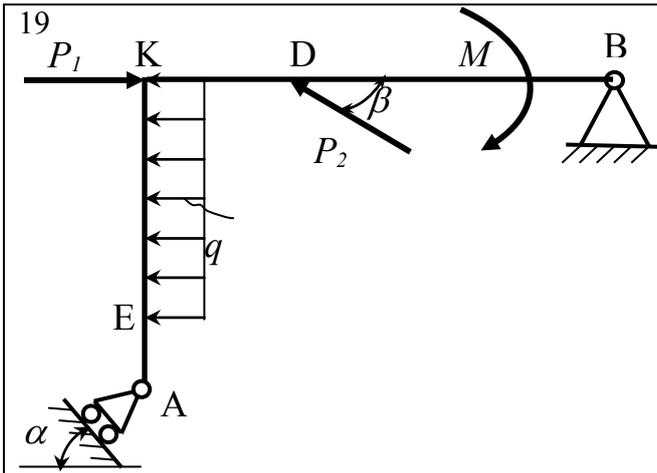
Полученный результат подтверждает правильность расчетов.

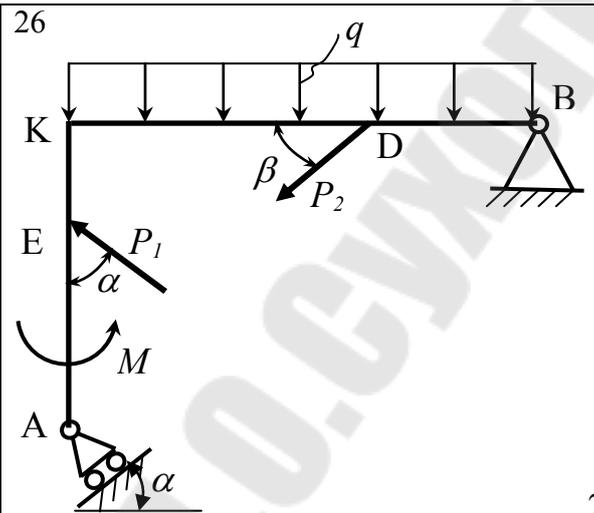
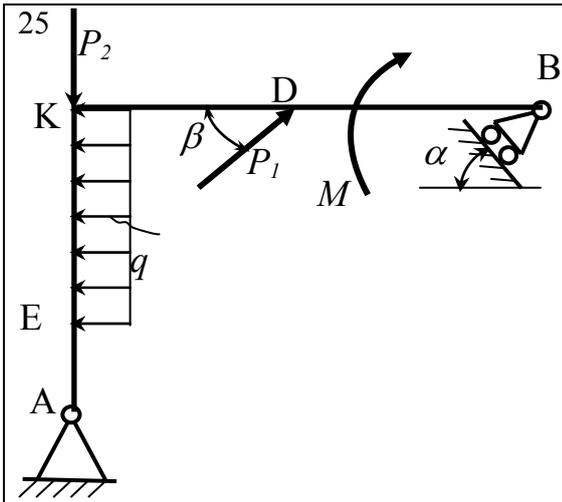
ПРИЛОЖЕНИЕ 1



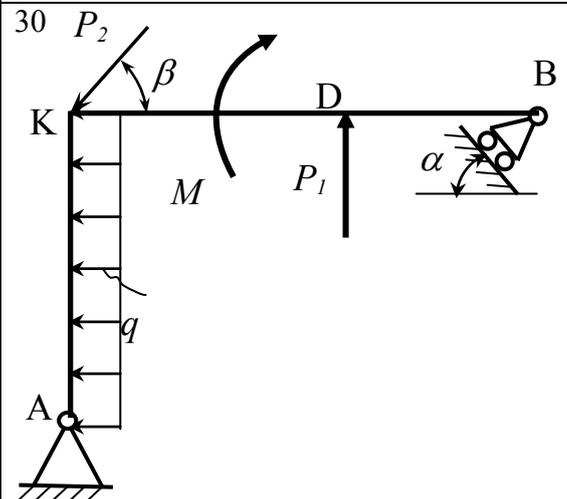
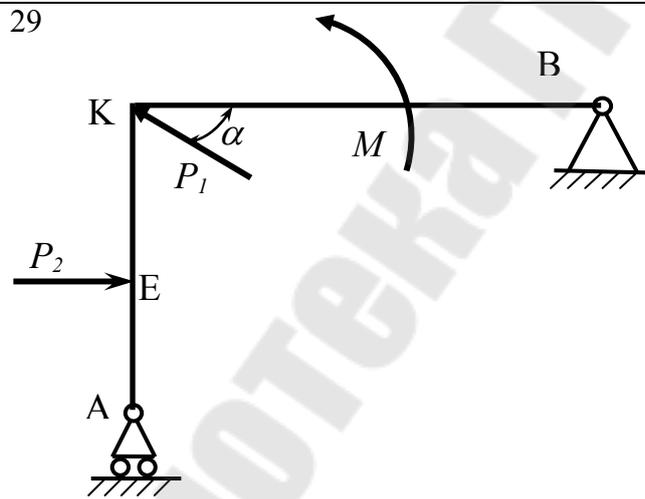
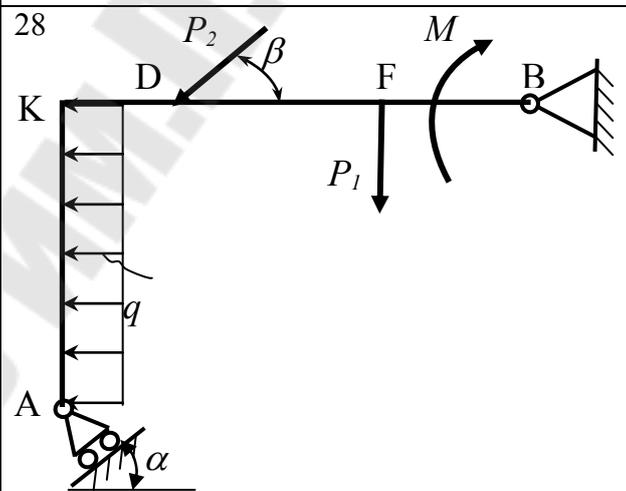
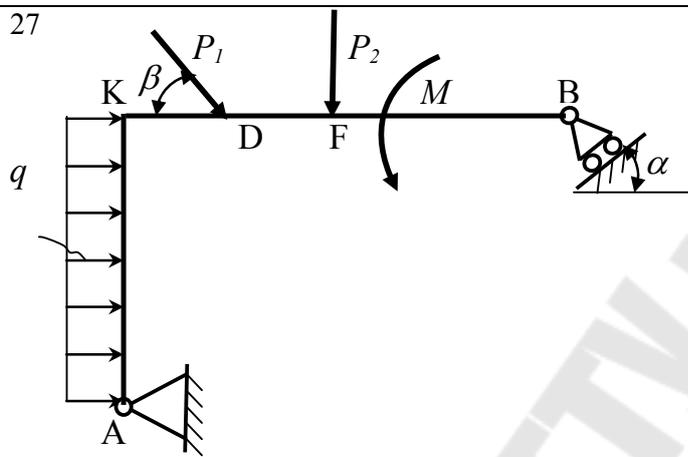


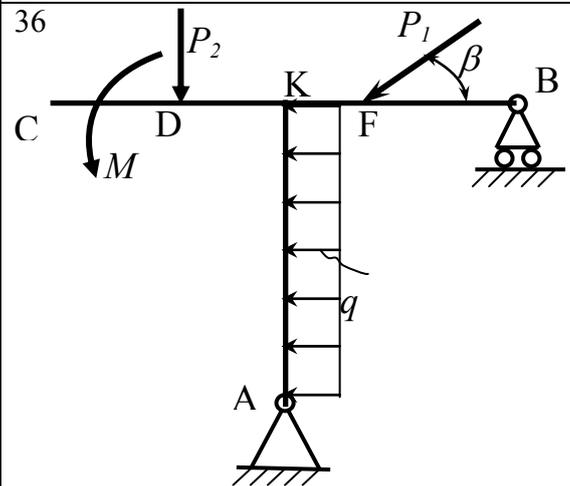
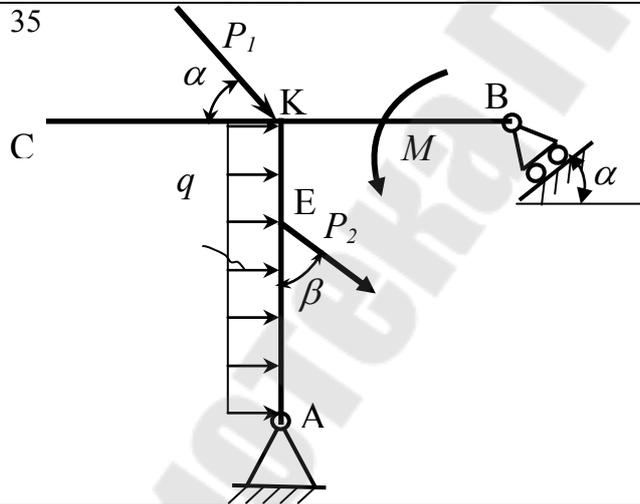
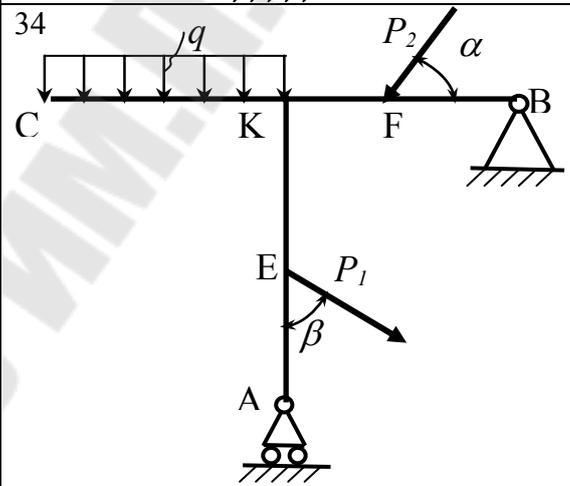
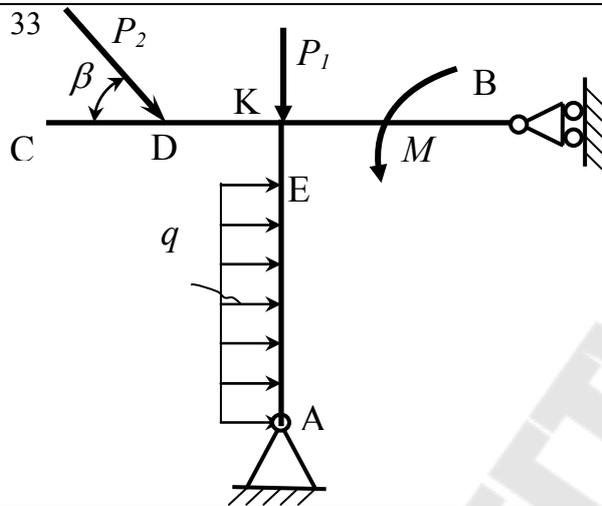
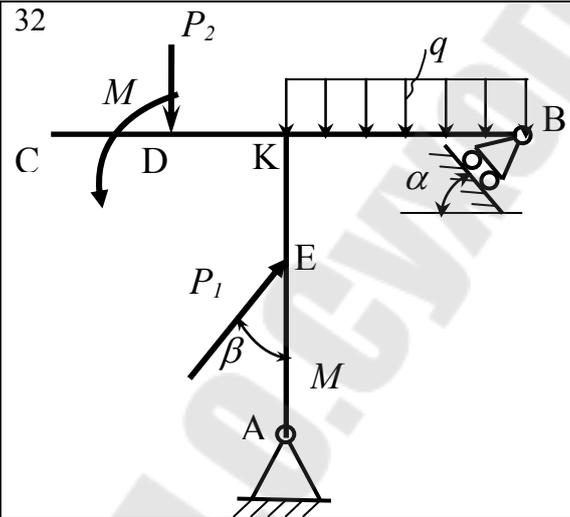
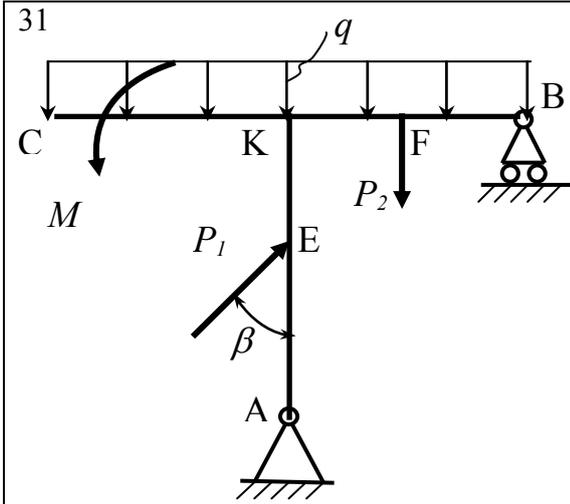


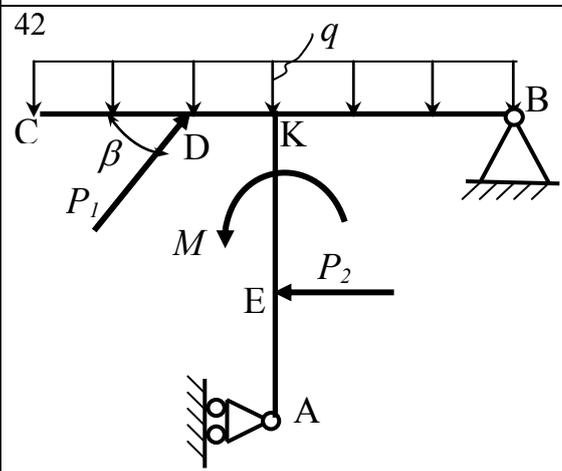
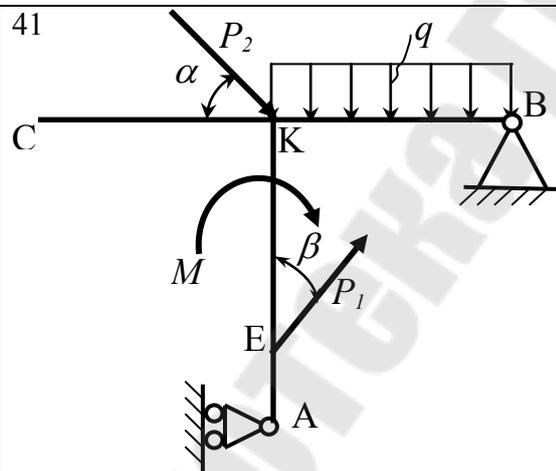
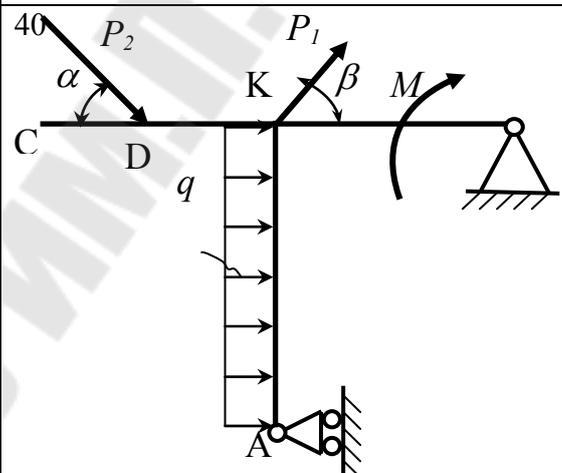
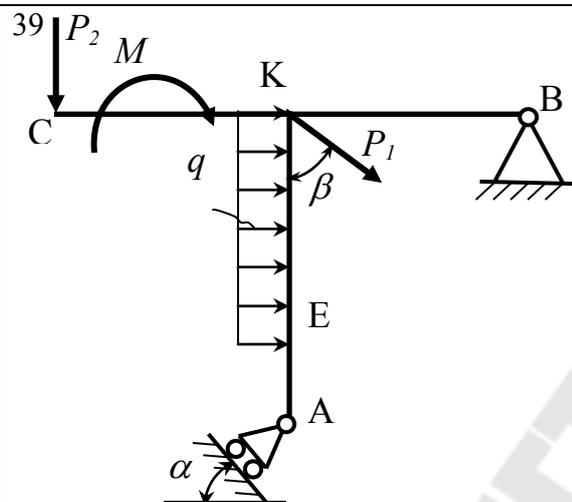
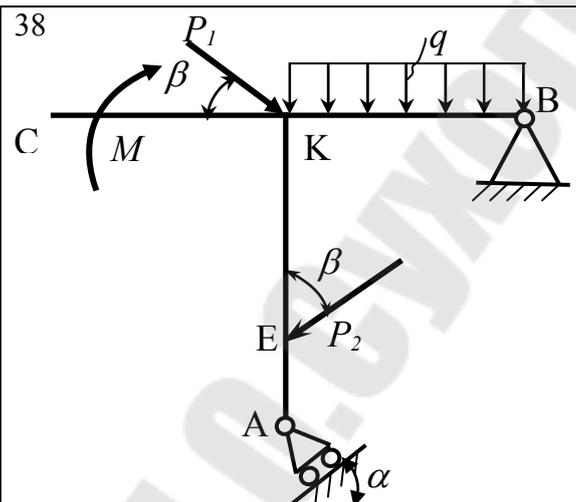
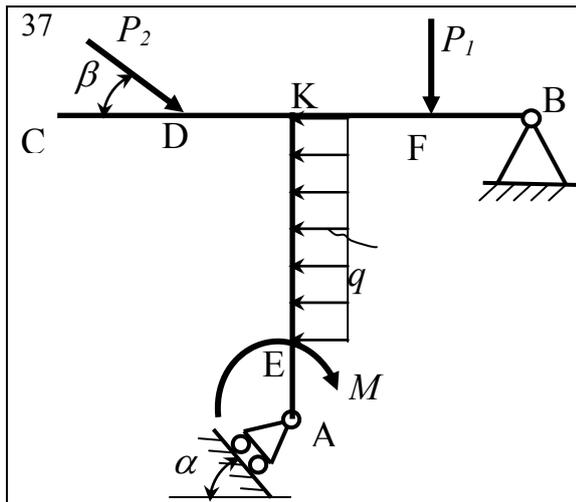


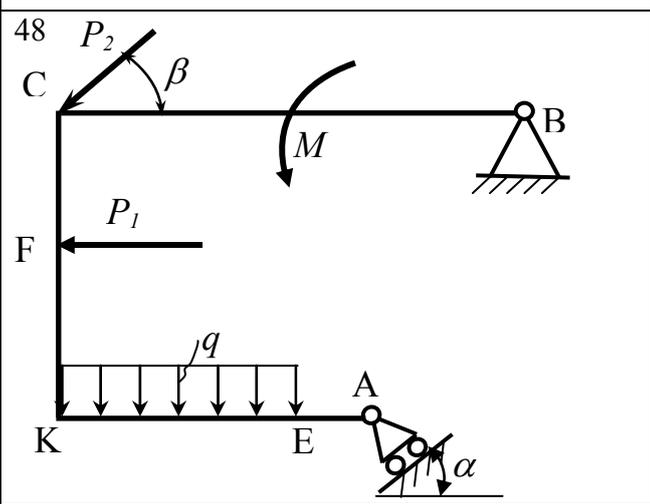
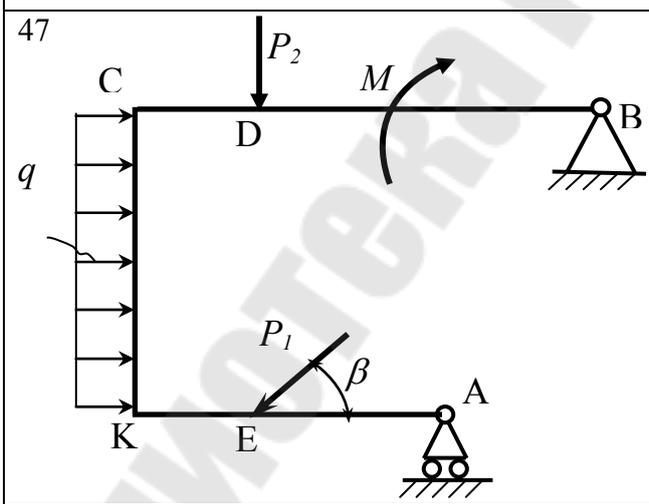
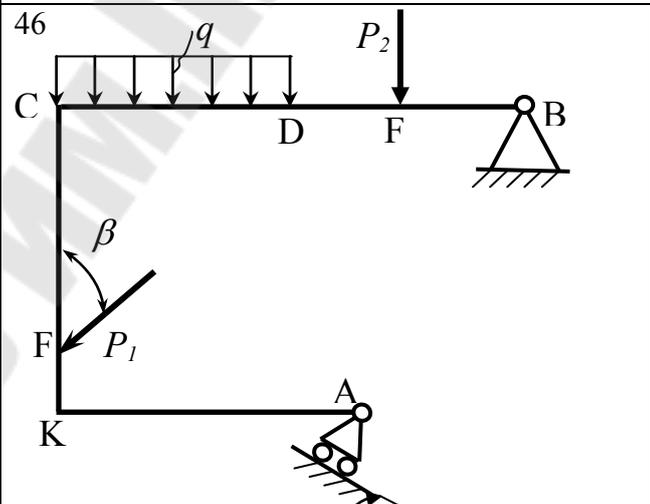
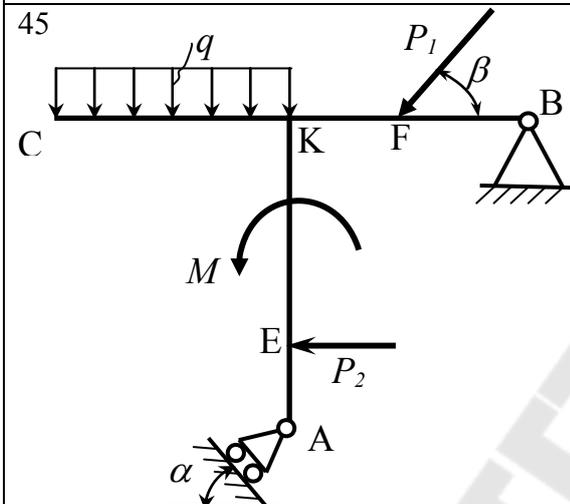
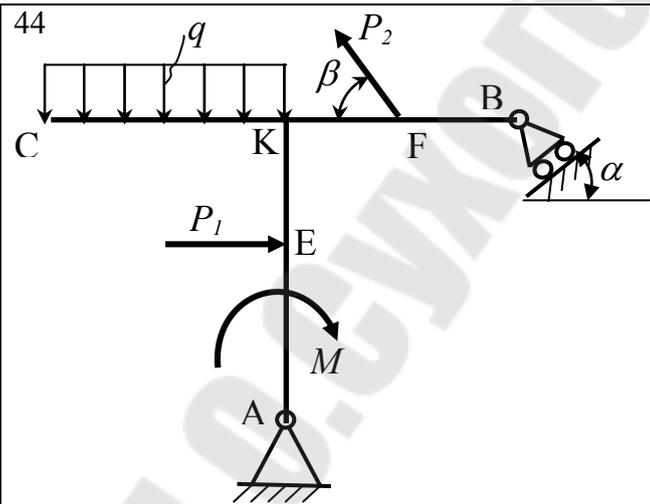
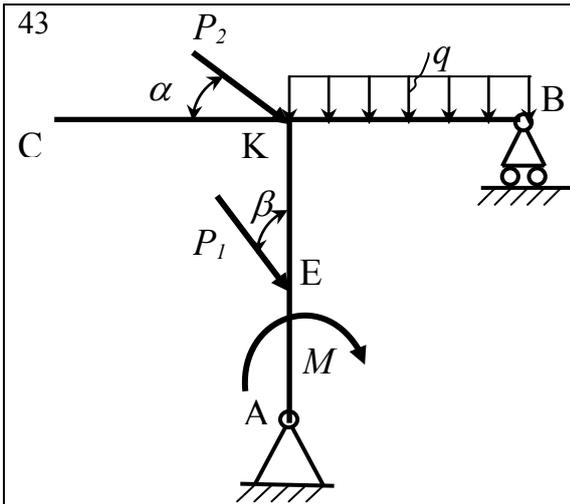


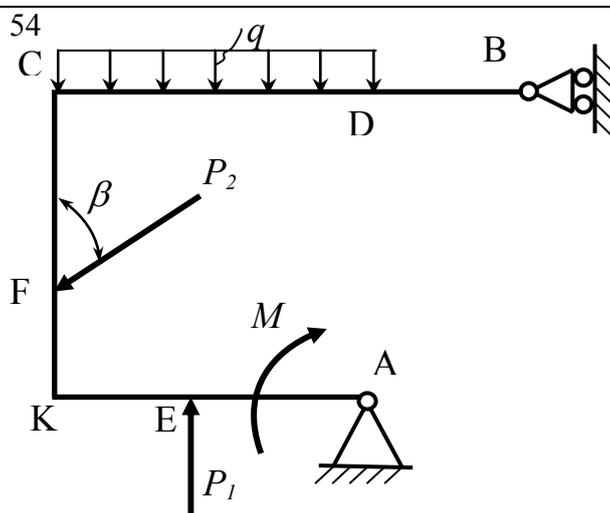
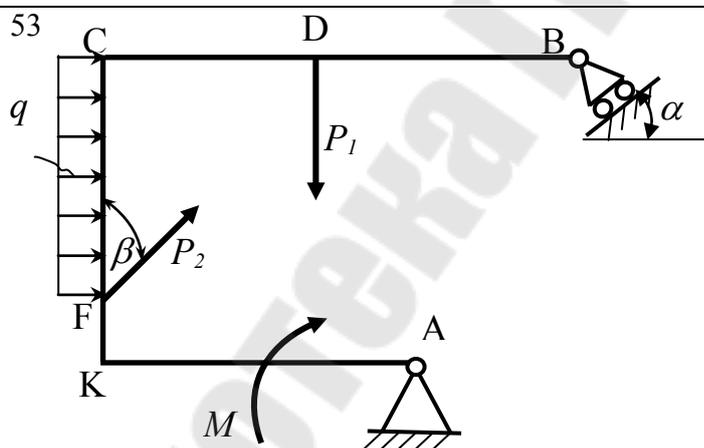
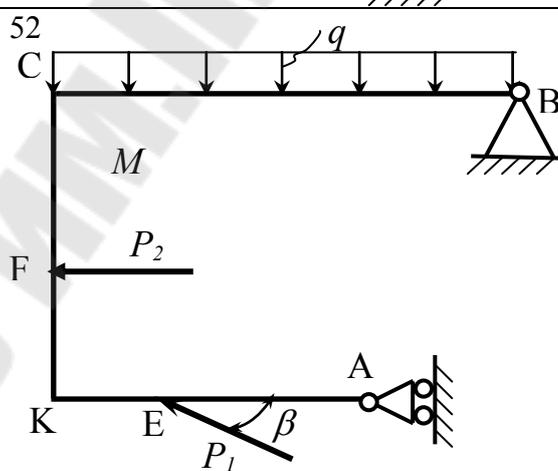
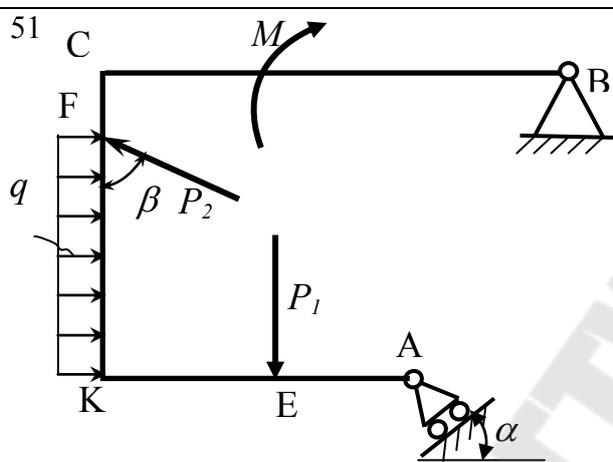
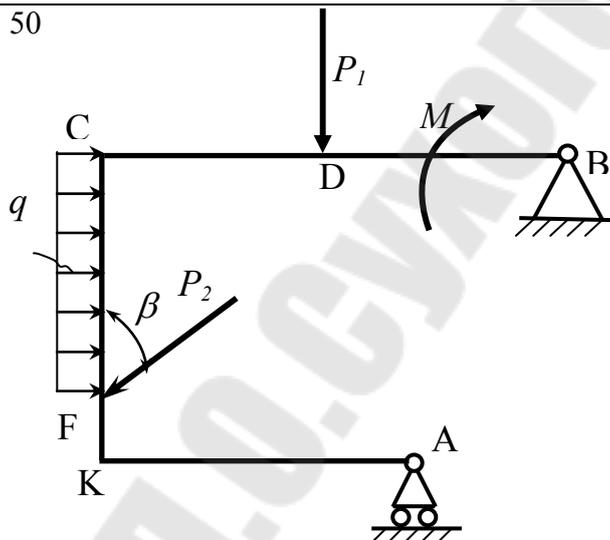
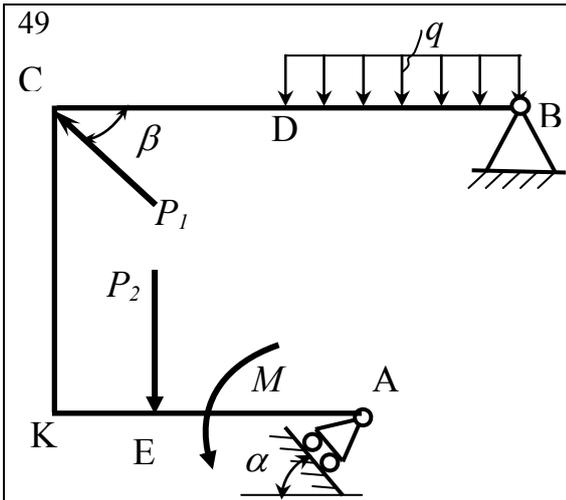
26

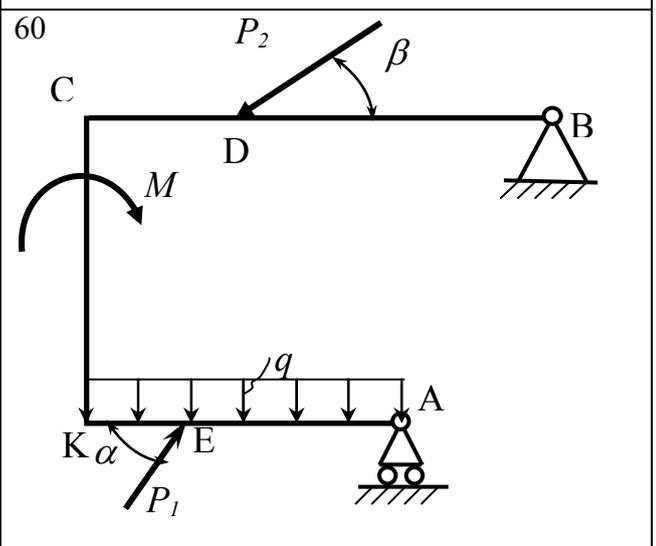
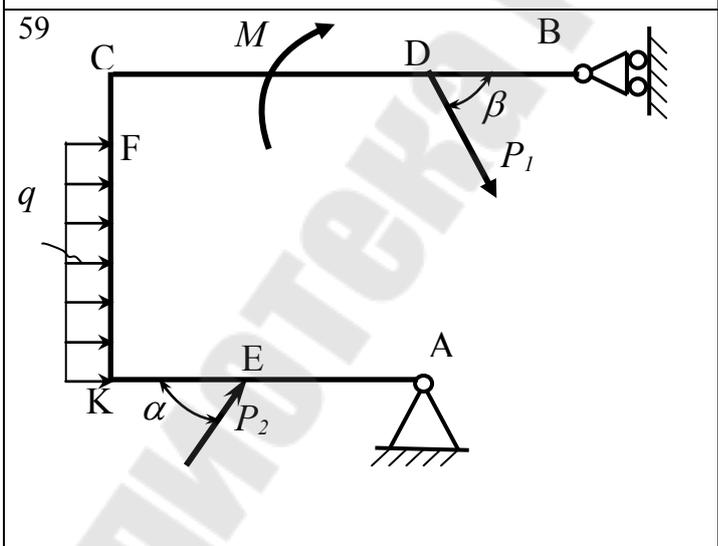
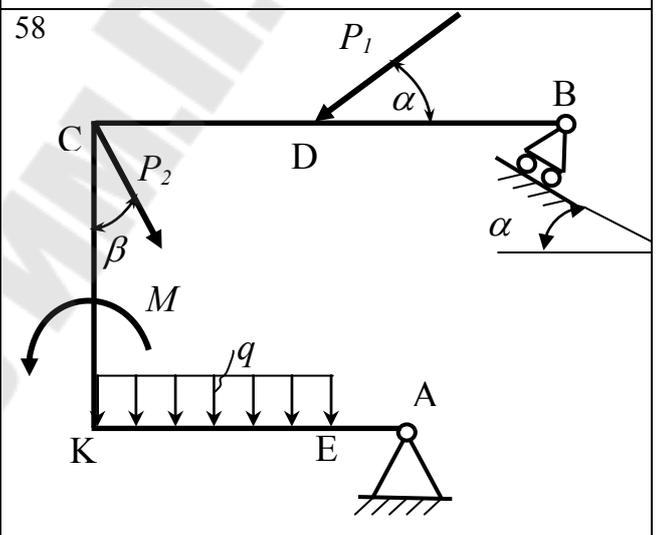
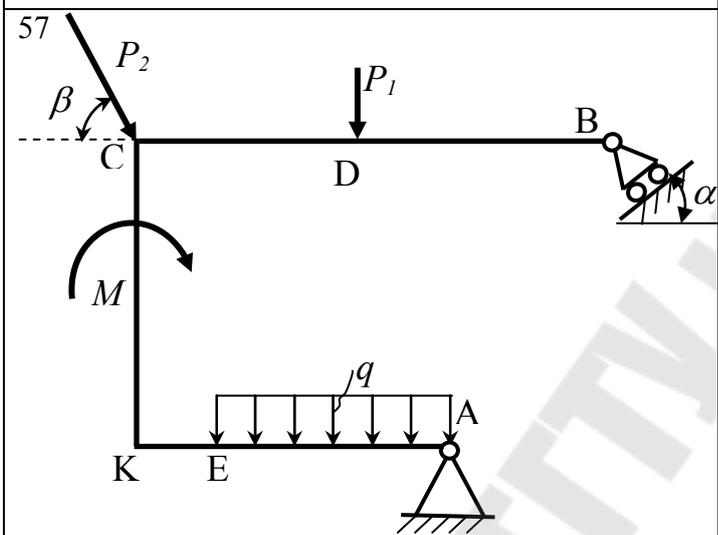
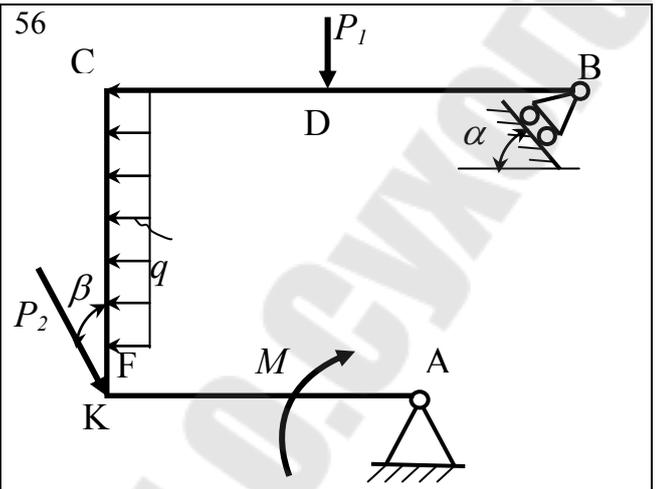
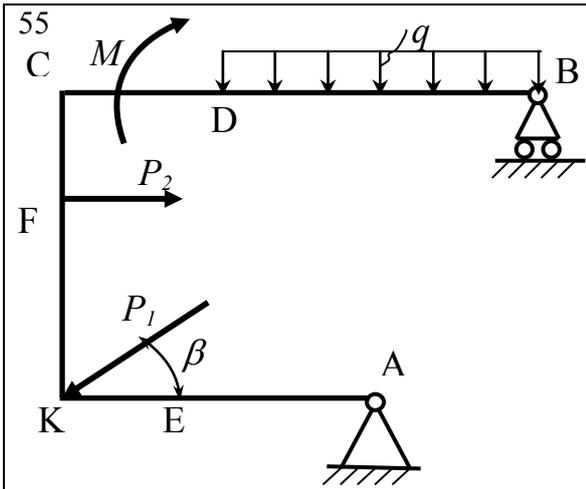


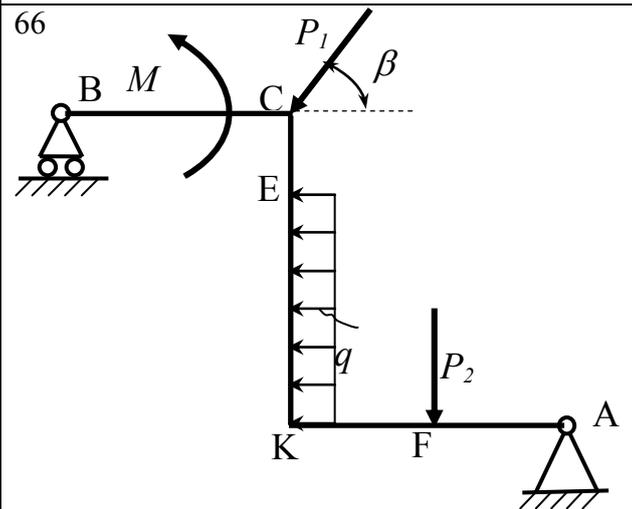
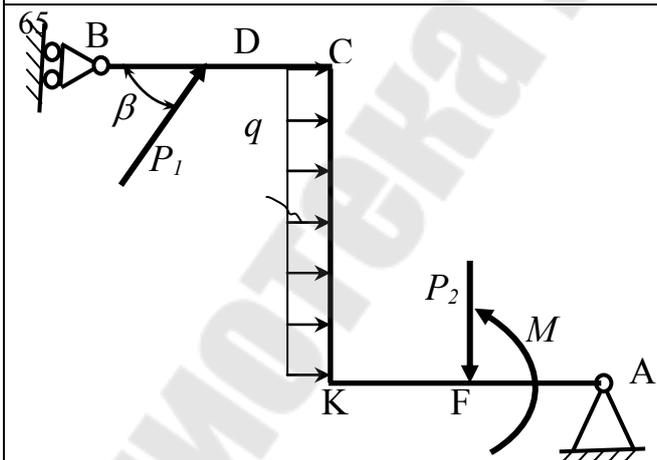
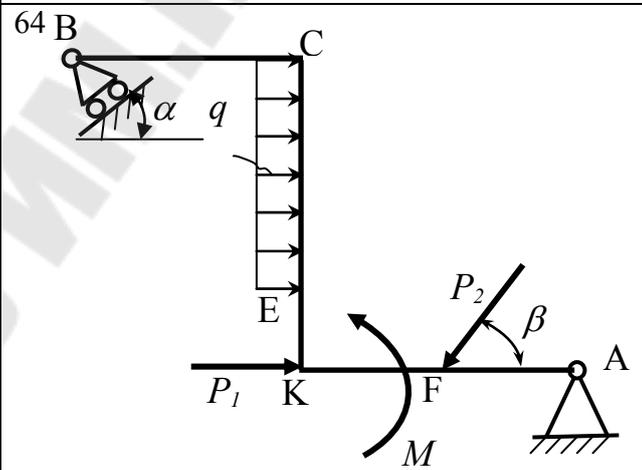
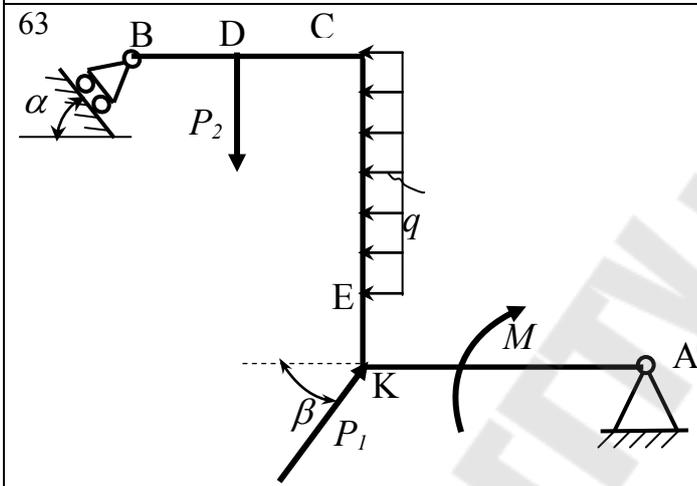
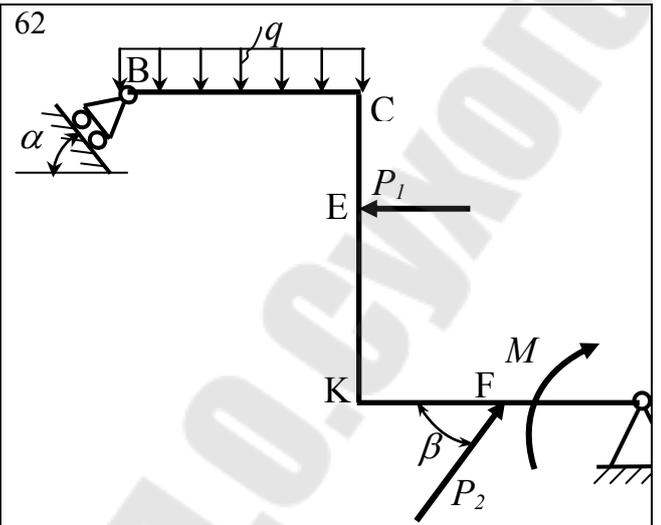
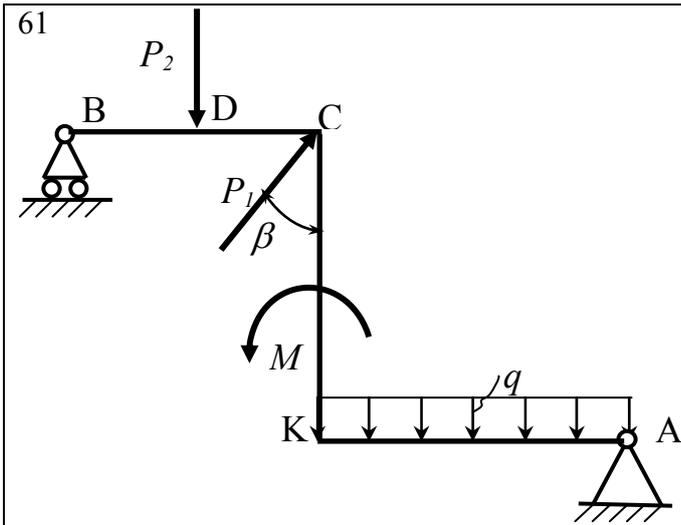


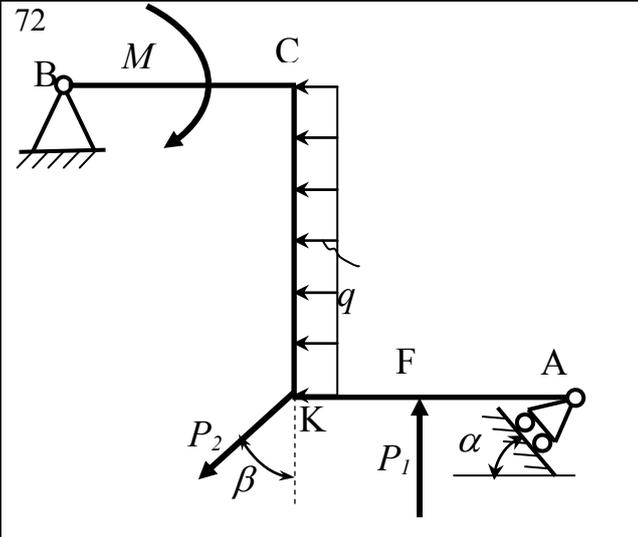
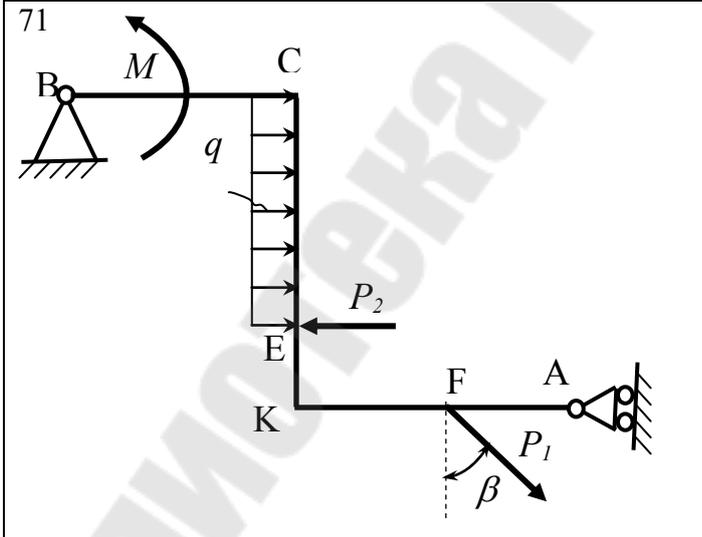
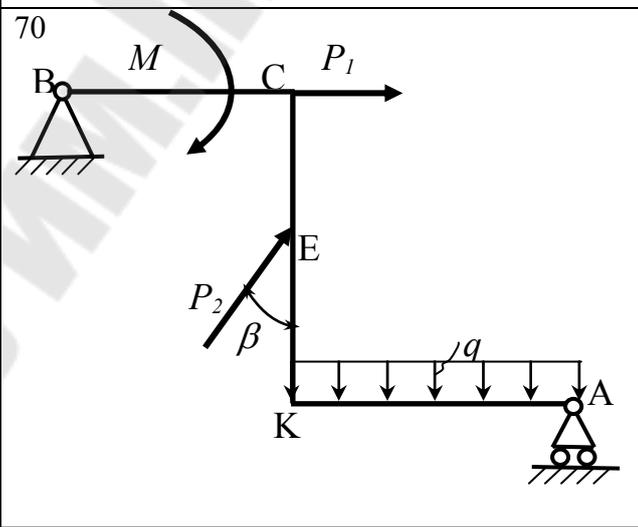
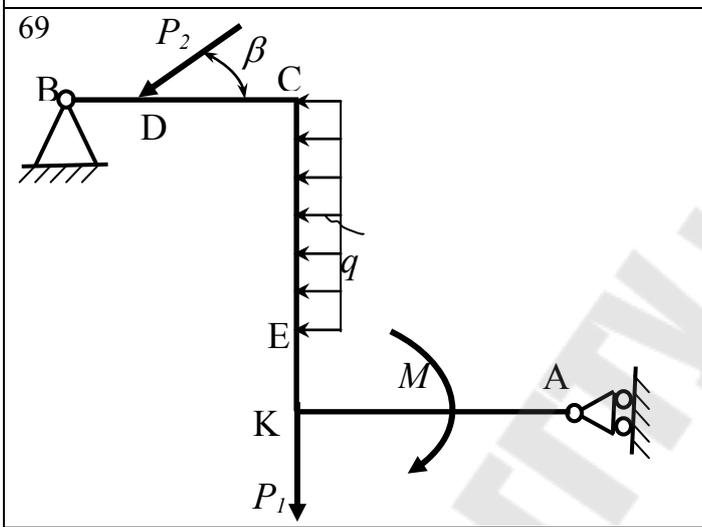
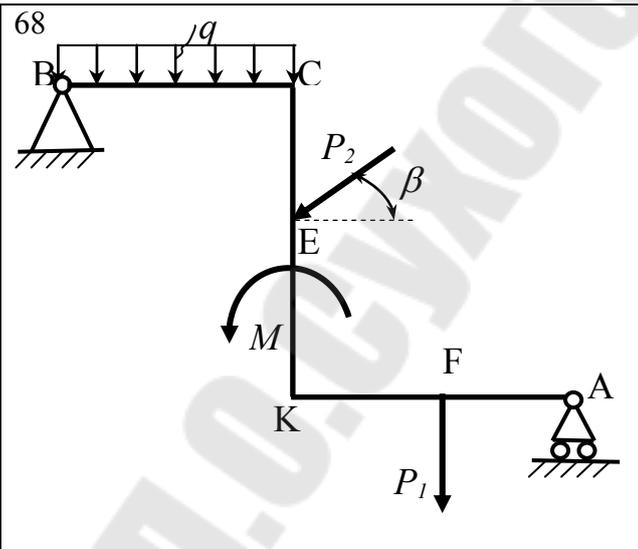
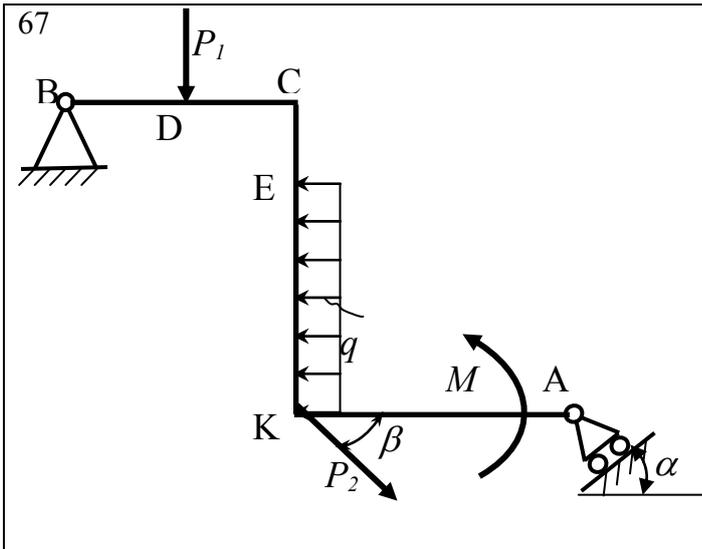


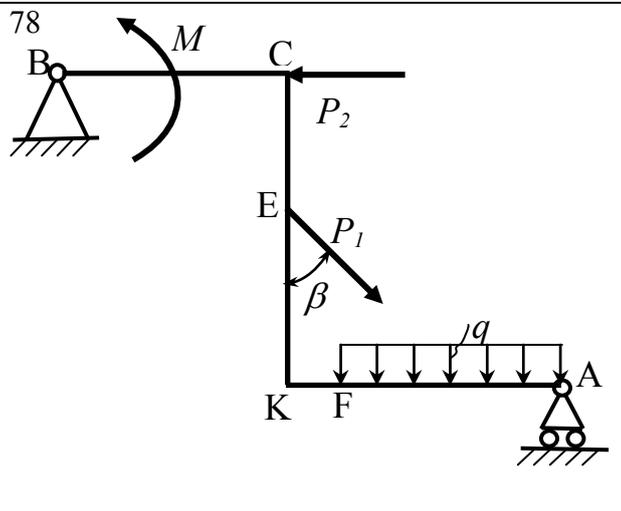
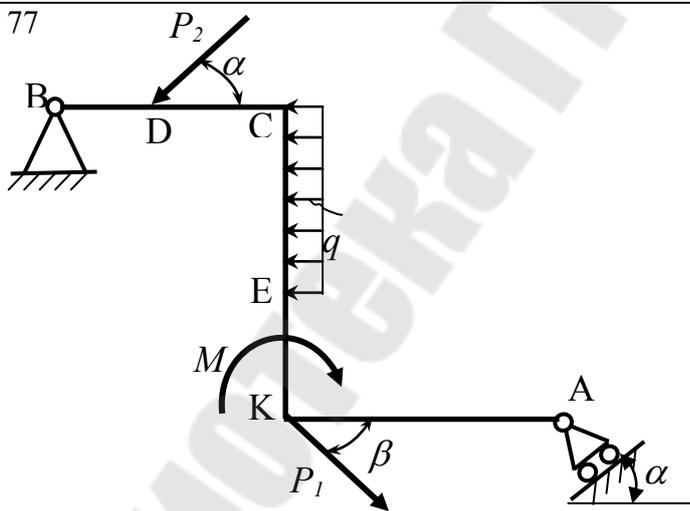
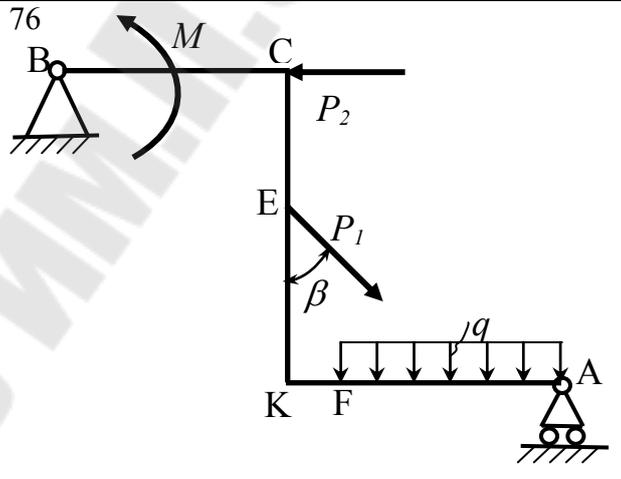
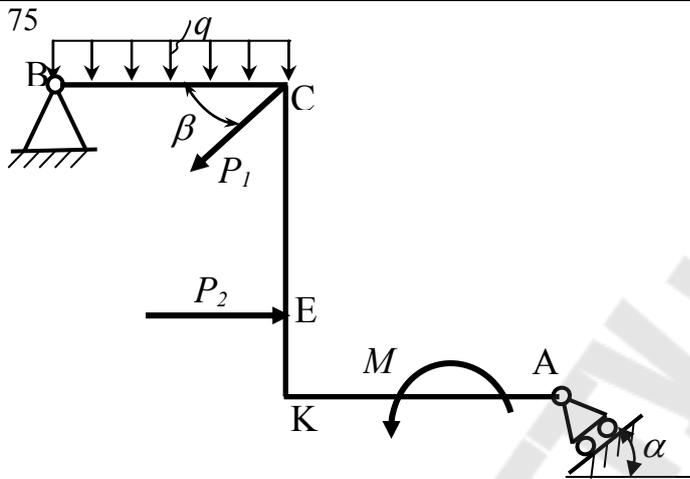
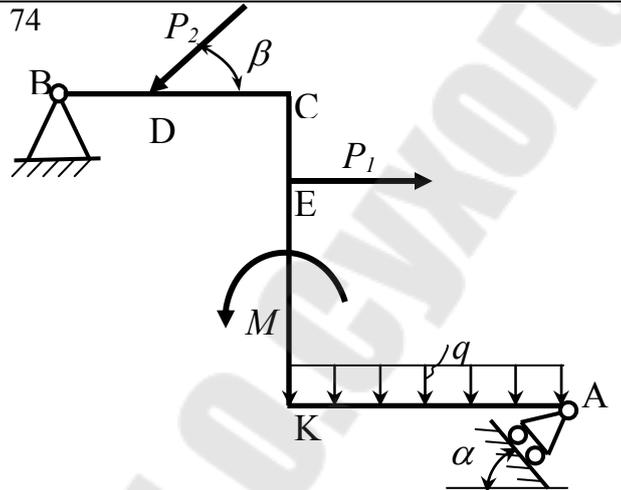
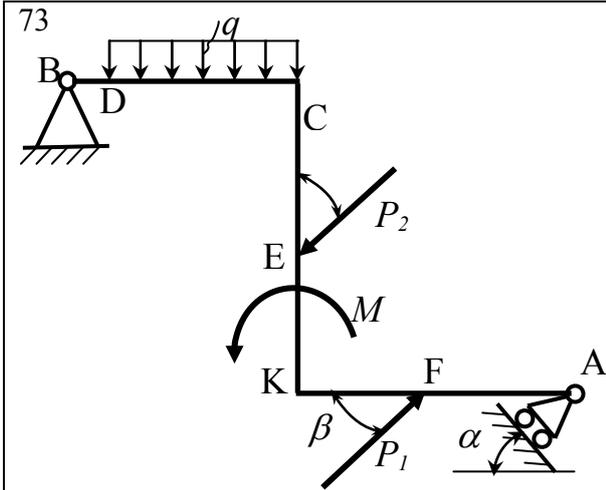


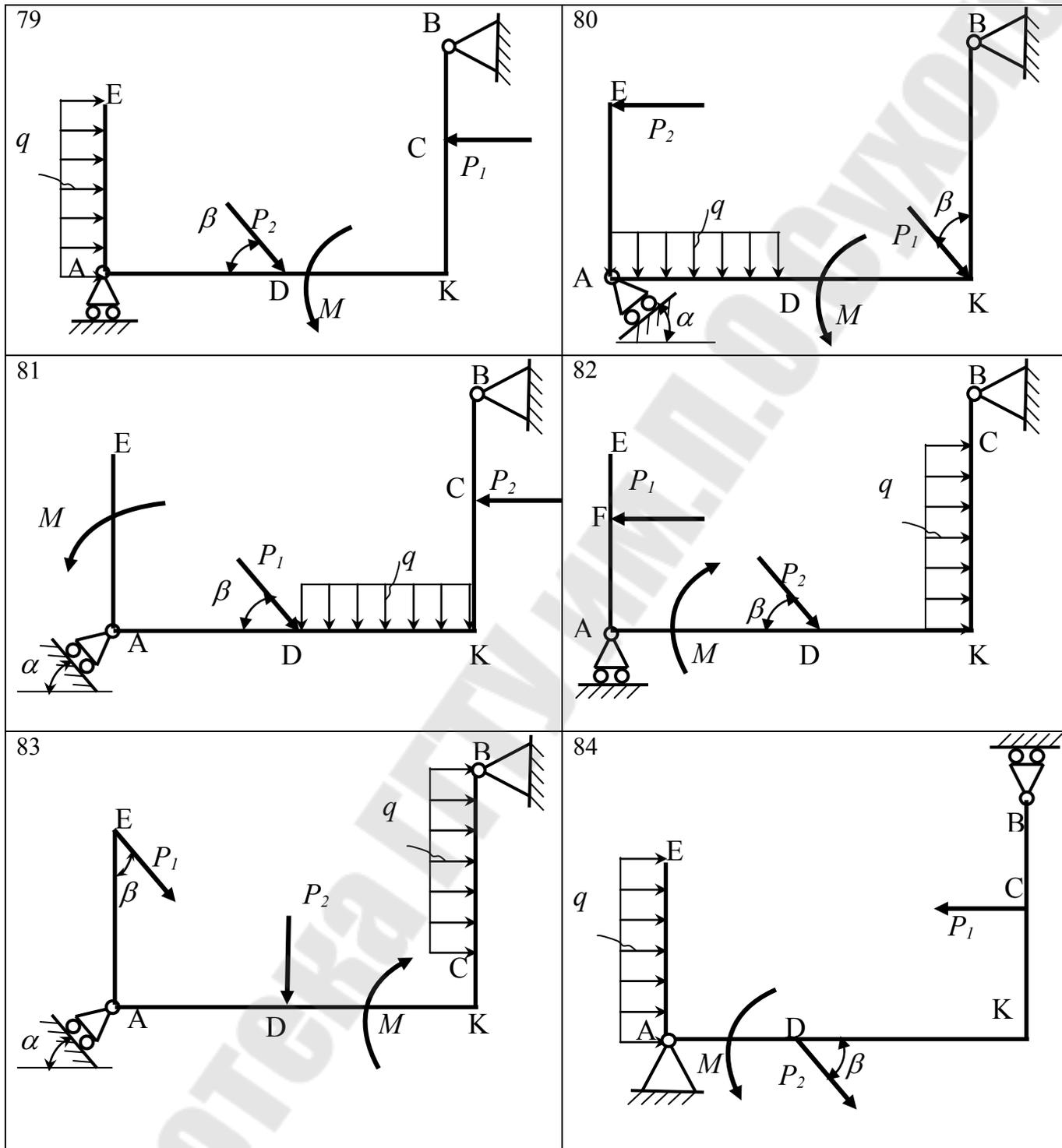


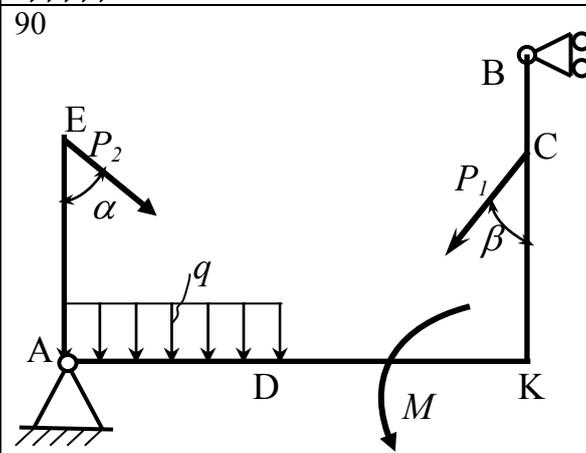
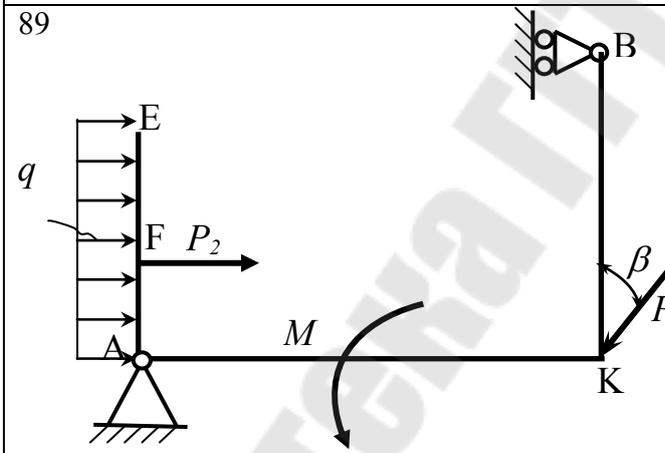
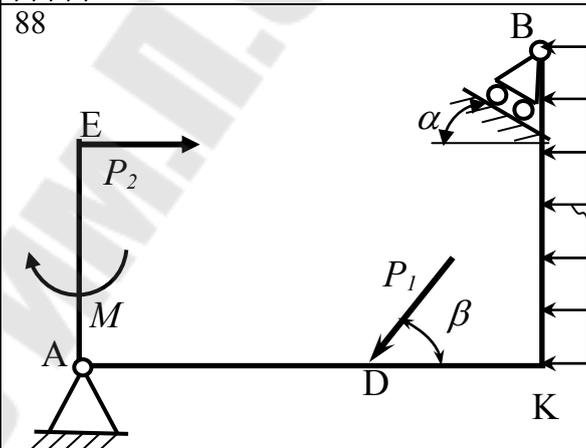
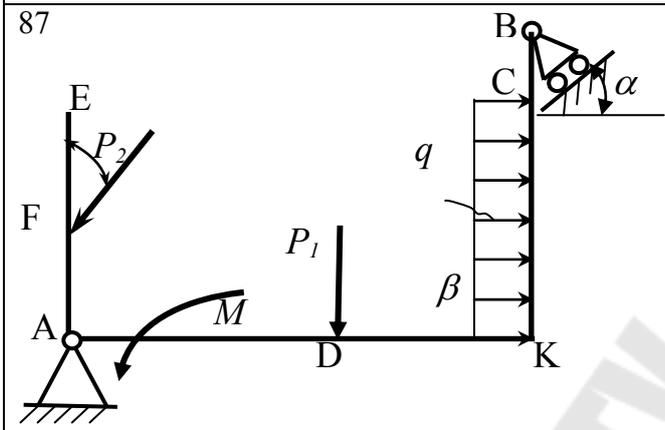
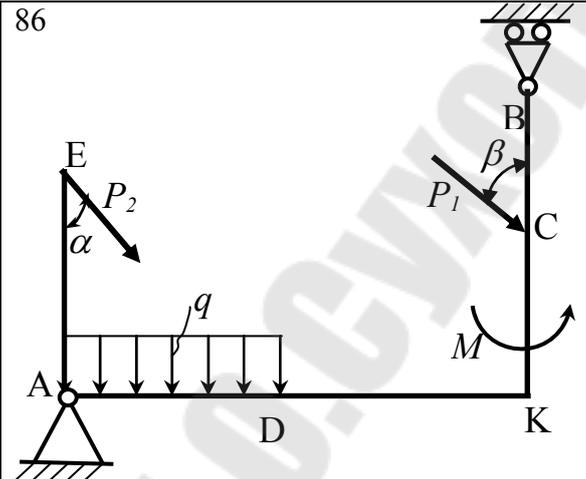
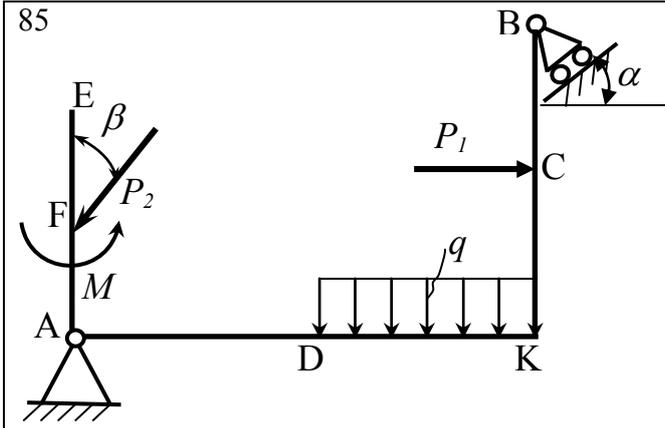


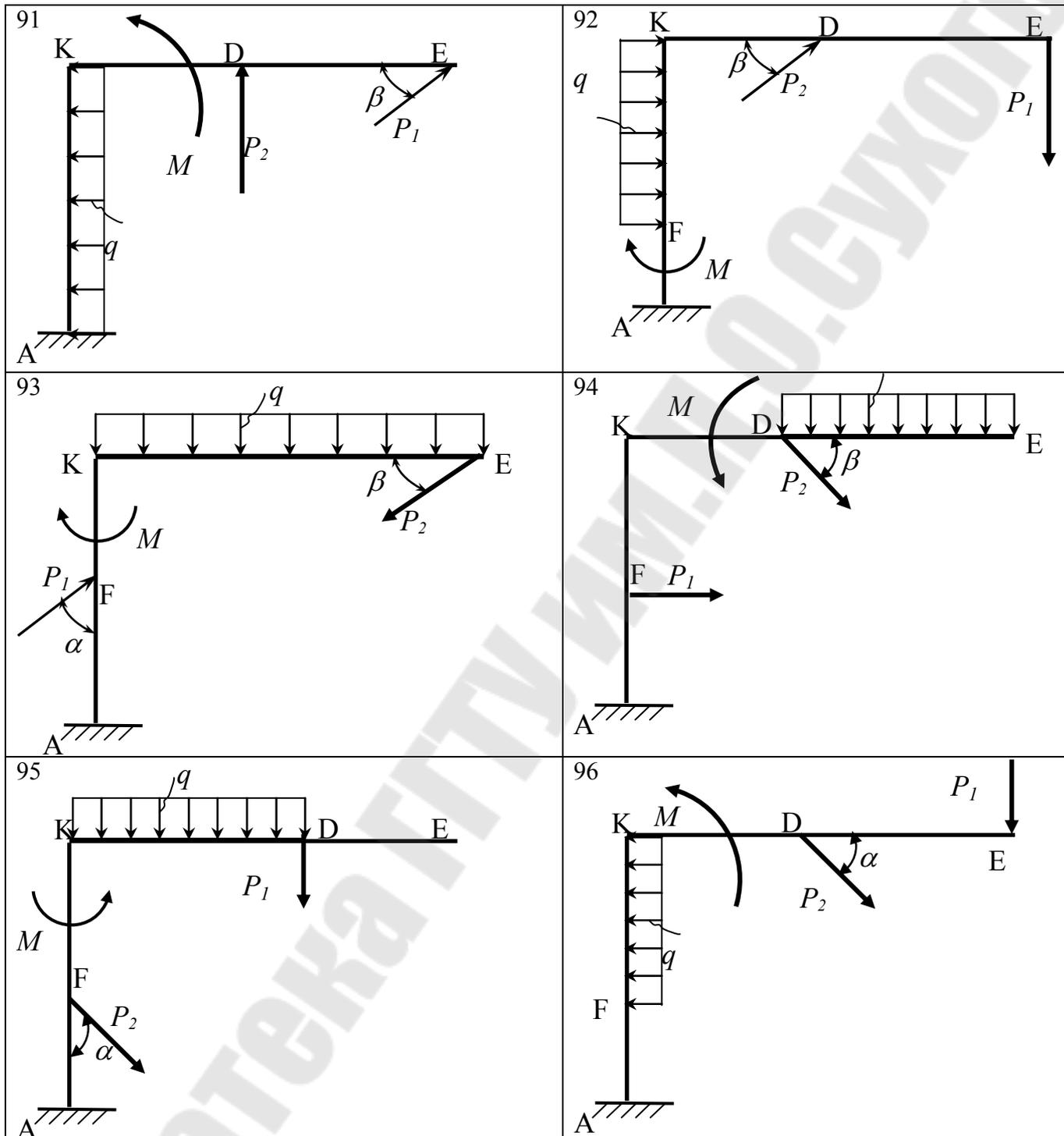


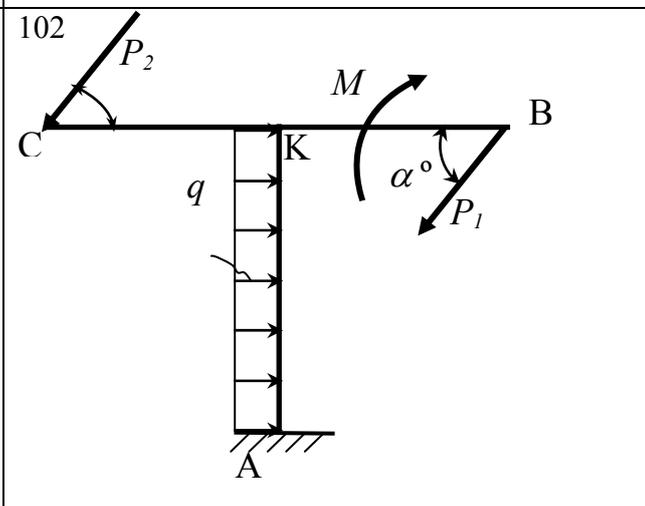
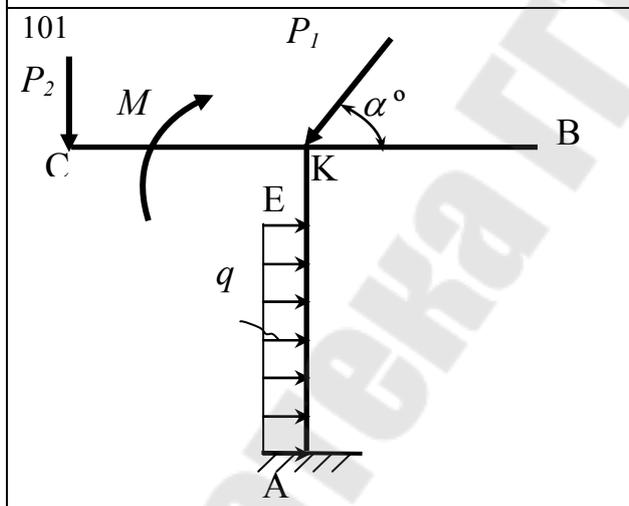
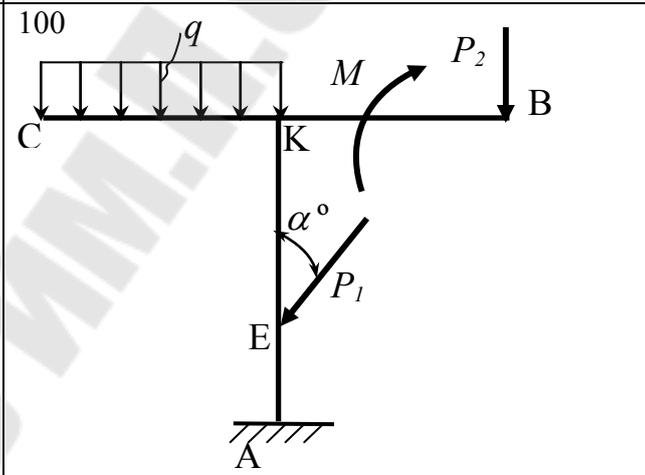
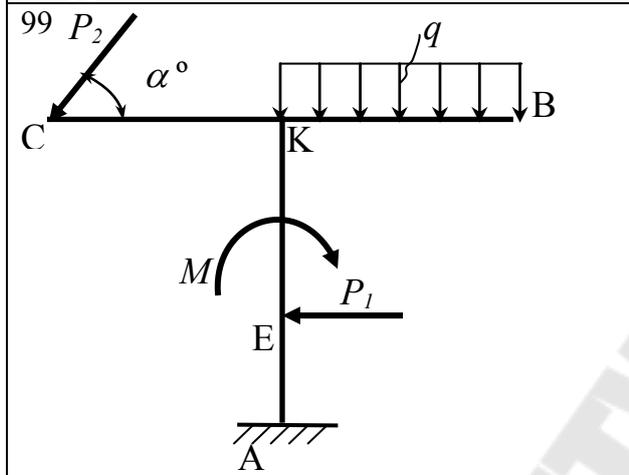
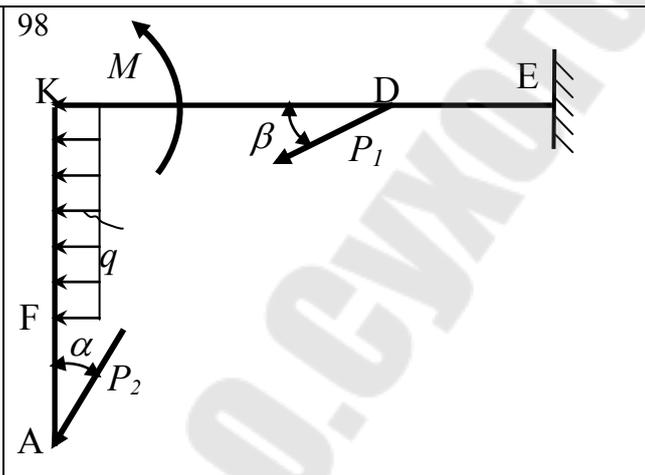
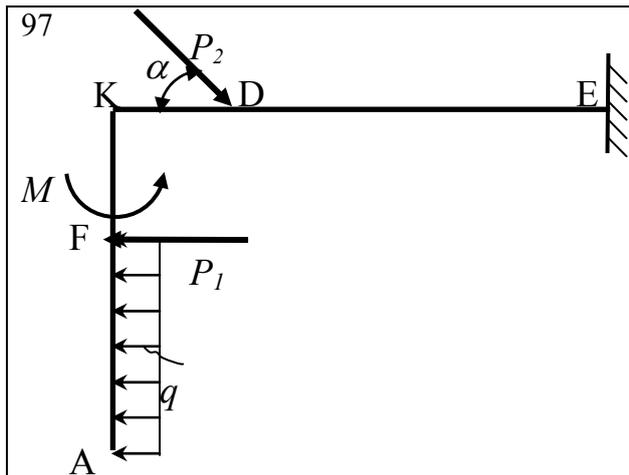


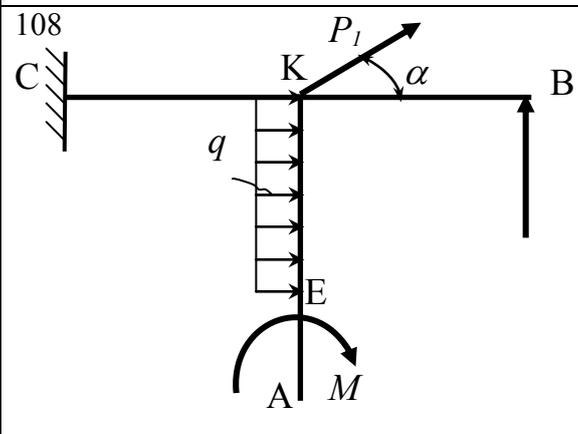
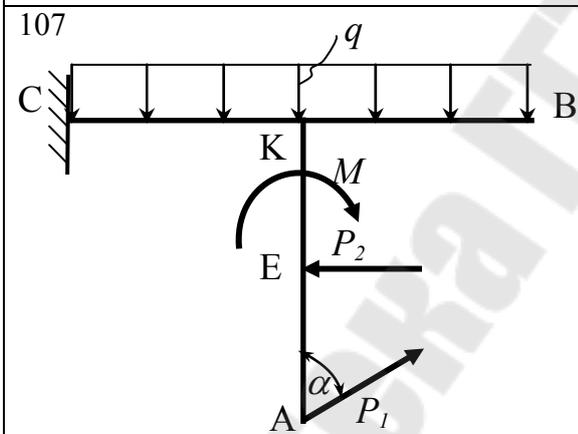
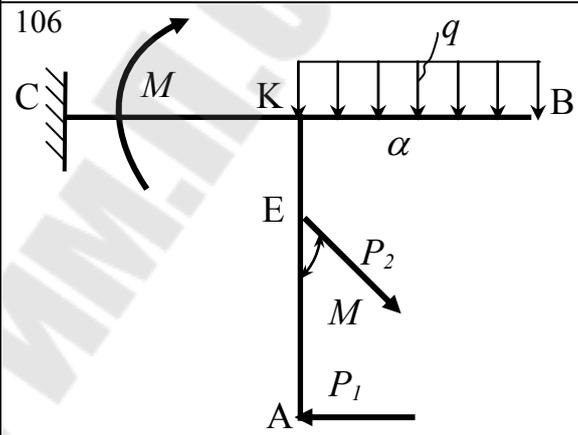
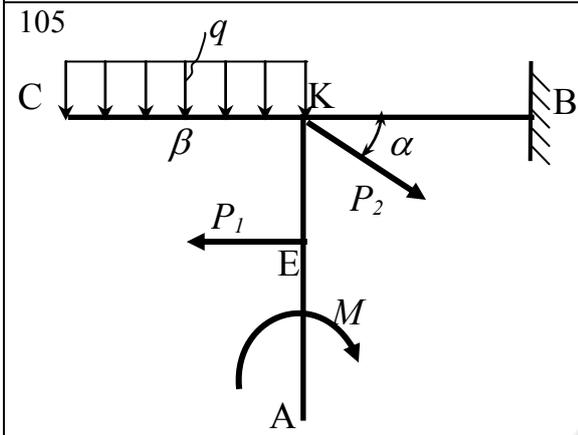
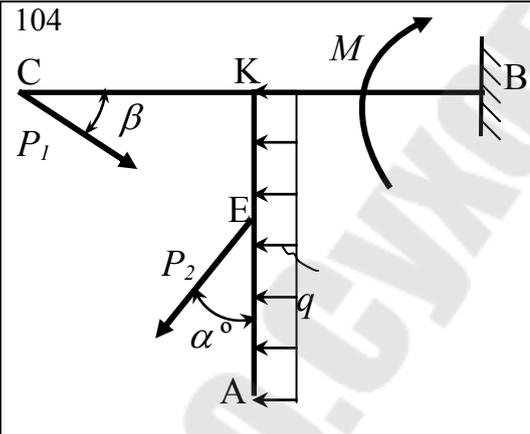
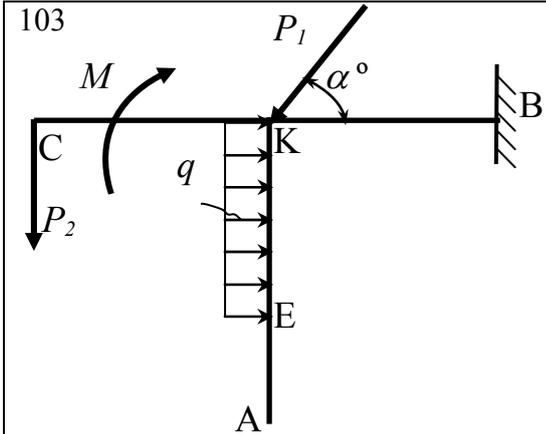


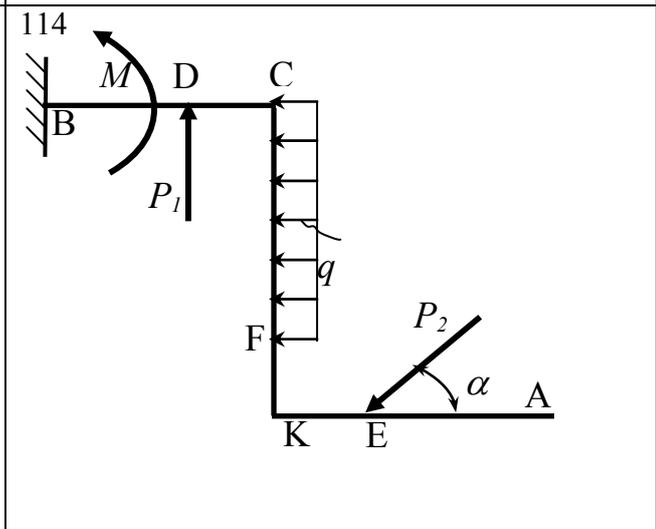
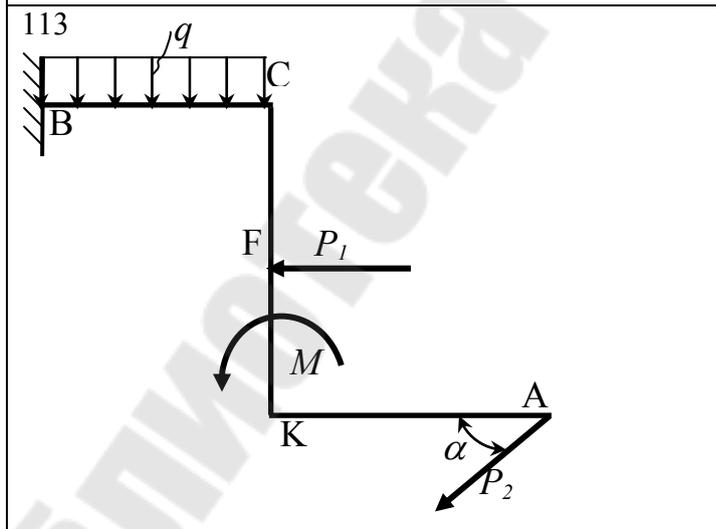
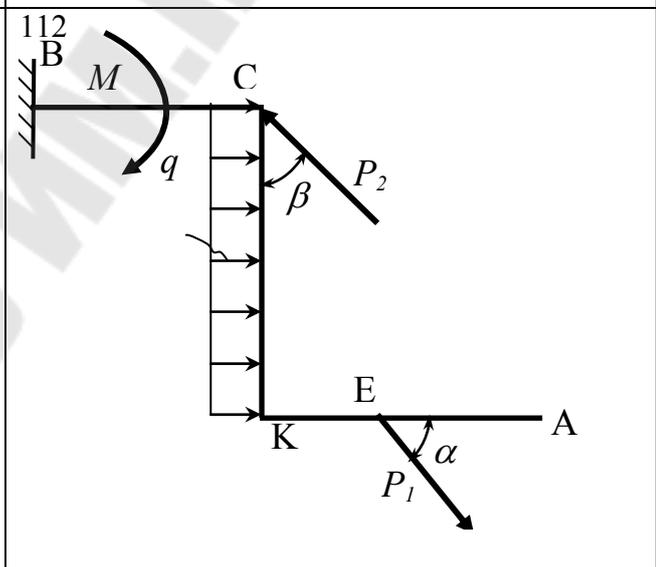
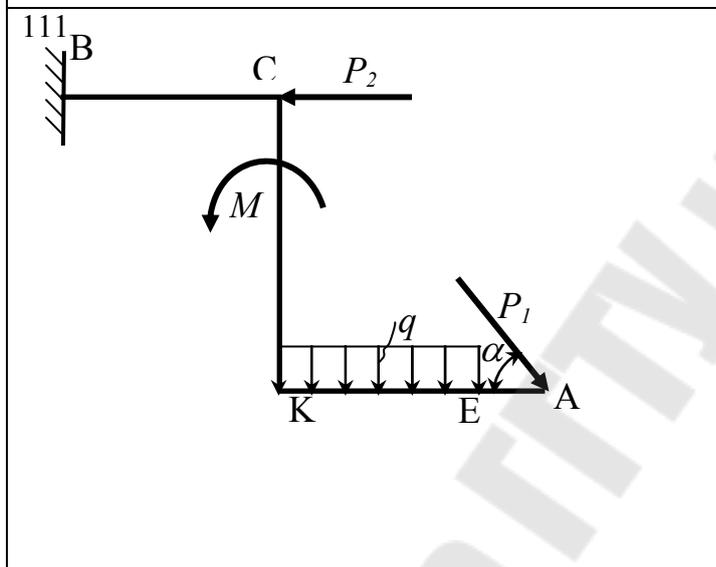
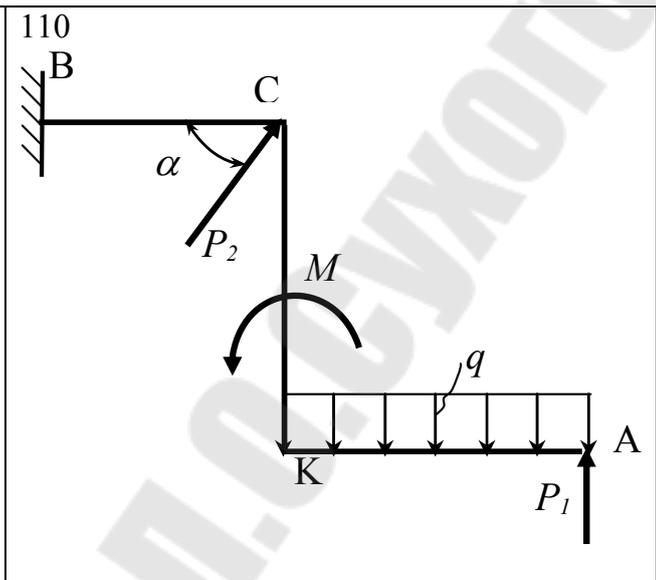
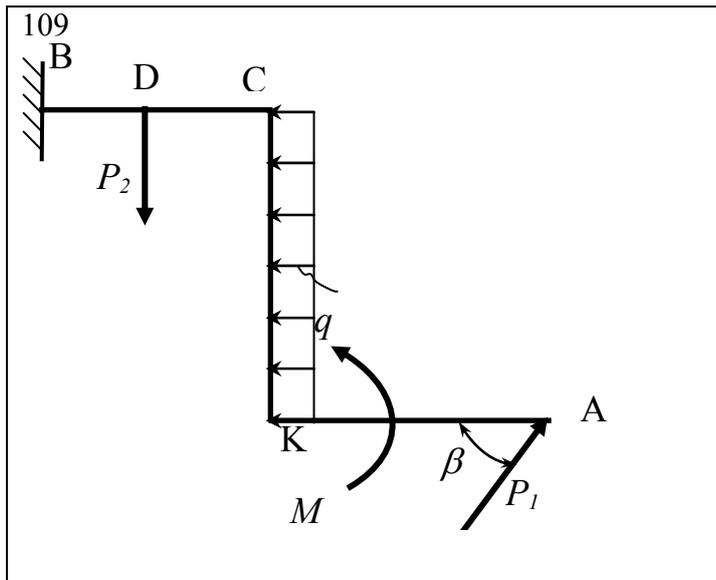












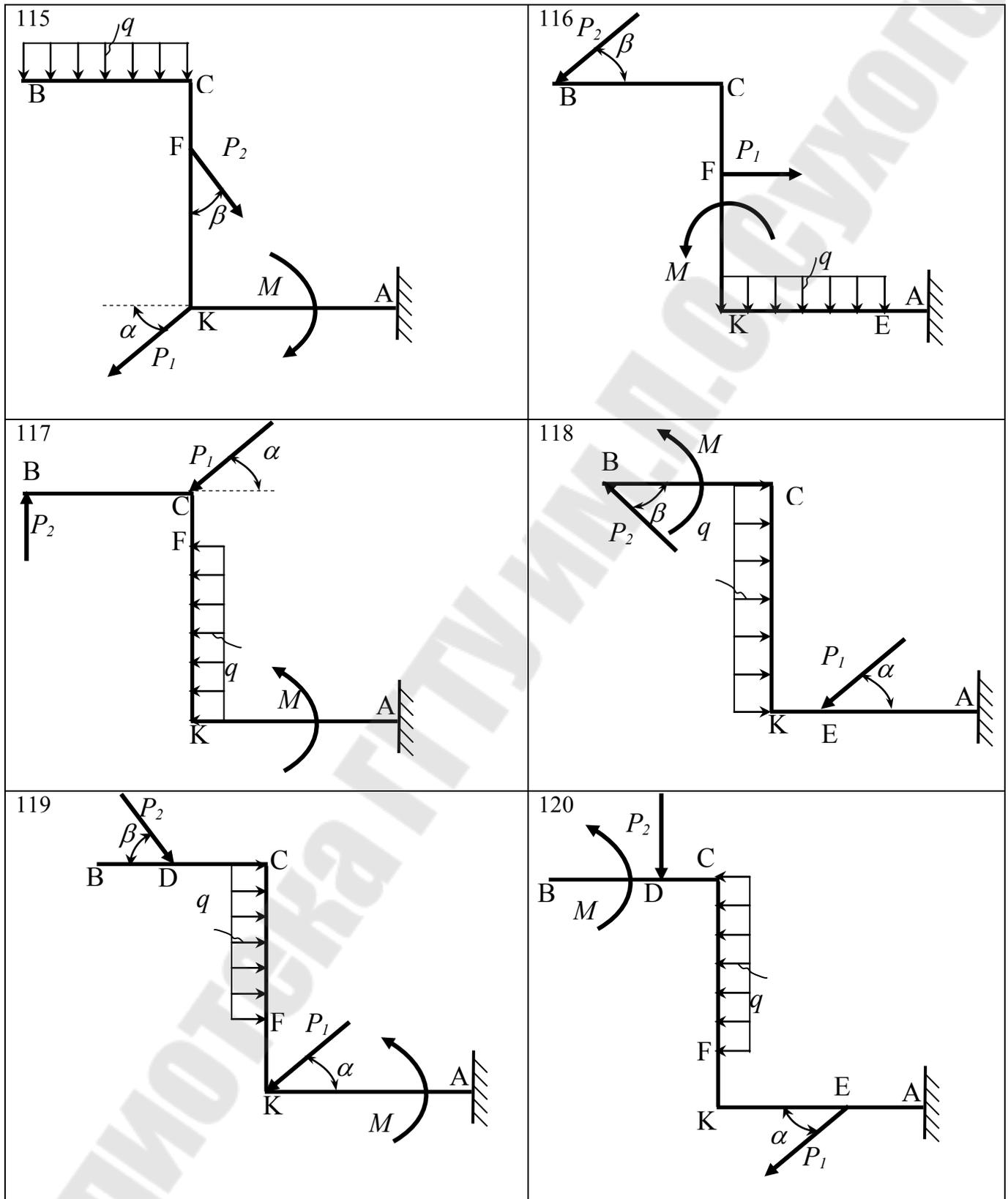


Таблица 1 Исходные данные

вариант	Внешние нагрузки						Линейные размеры, м												
	P_1 , Н	P_2 , Н	M , Нм	q , Н/м	α , град	β , град	AB	AK	BC	KD	KE	DF	KB	AE	BF	KC	KF	CD	AF
1	10	20	25	2	30	45	4	3	2	1	1,5	1	-	-	-	-	-	-	-
2	20	13	30	1	45	60	5	5	3	3	4	1							
3	15	34	35	3	60	30	6	10	7	4	5	1,5							
4	25	12	40	4	45	30	4	7	6	1,5	4	1,5							
5	30	11	45	5	30	45	7	9	5	4	7	2							
6	12	36	50	6	60	45	8	4	2	5	1	2							
7	16	38	55	7	30	60	9	8	5	7	3	1							
8	25	10	60	8	45	30	10	5	2	8	3	1,5							
9	24	40	15	9	60	45	8	9	7	6	4	1							
10	26	39	20	10	45	30	9	5	3	5	1	3							
11	13	35	25	1	30	60	6	4	2	4	1,5	1,5							
12	14	32	35	2	45	60	7	3	1	5	1,5	1							
13	17	31	40	3	60	30	5	6	4	3	3	1							
14	18	30	30	4	30	45	4	8	6	2	5	1,5							
15	19	39	45	5	45	60	-	8	-	2	2	1	6	-	-	-	-	-	-
16	21	12	50	6	60	30		10		5	5	1,5	8						
17	22	40	55	7	30	60		9		7	4	2	10						
18	23	36	60	8	45	30		7		4	3	3	8						
19	26	10	15	9	60	45		6		3	2	3	7						
20	27	11	20	10	30	45		5		5	3	3	9						
21	28	16	25	9	45	60		8		6	4	4	11						
22	29	17	30	8	30	45		12		4	5	2	7						
23	31	18	35	7	60	30		10		3	3	1	5						
24	34	20	40	6	45	30		9		2	4	1	4						

вариант	Внешние нагрузки						Линейные размеры, м												
	P_1 , Н	P_2 , Н	M , Нм	q , Н/м	α , град	β , град	AB	AK	BC	KD	KE	DF	KB	AE	BF	KC	KF	CD	AF
25	36	21	45	5	30	60		8		4	2	1,5	6						
26	38	22	50	4	45	30		7		3	3	4	8						
27	39	24	55	3	60	45		9		4	4	3	9						
28	40	23	60	1	45	30		10		6	5	2	10						
29	32	25	55	0,5	30	60		11		5	4	4	12						
30	33	12	40	2	45	30		7		2	2	6	9						
31	35	17	50	3	60	45	-	12	-	3	5	-	4	-	2	5	-	-	-
32	37	26	45	4	45	60		10		2	4		6		3	4			
33	10	34	30	5	30	60		9		5	3		5		2	6			
34	11	40	35	6	45	30		8		2	5		3		1	4			
35	12	25	20	7	60	45		7		2	4		7		5	3			
36	13	24	25	8	45	60		6		1	2		8		6	3			
37	15	27	30	9	30	45		8		1	5		4		2	2			
38	17	30	15	10	45	60		11		2	3		6		3	3			
39	19	32	20	9	60	30		9		3	4		8		5	4			
40	21	11	25	0,5	45	30		5		2	3		5		2	4			
41	23	37	30	8	30	45		4		1,5	2		4		1,5	3			
42	24	40	35	7	45	60		6		4	3		7		4	6			
43	14	26	40	6	60	45		7		2	3		5		3	4			
44	18	23	45	5	45	30		8		3	4		6		3	5			
45	20	32	50	4	30	45		10		4	3		4		2	5			
46	22	40	55	3	45	60	-	2	5	-	-	-	-	1	-	6	4	4	-
47	25	34	60	2	60	45		4	6					3		8	6	4	
48	26	34	40	1	45	30		5	7					3		9	7	5	

вариант	Внешние нагрузки						Линейные размеры, м												
	P_1 , Н	P_2 , Н	M , Нм	q , Н/м	α , град	β , град	AB	AK	BC	KD	KE	DF	KB	AE	BF	KC	KF	CD	AF
49	28	40	30	3	30	45		6	8					4		4	3	6	
50	30	12	20	2	60	45		3	5					2		6	4	3	
51	29	10	15	4	45	30		7	9					5		3	2	6	
52	27	13	25	5	60	45		8	10					4		5	3	8	
53	31	14	35	6	30	45		5	6					3		7	5	5	
54	40	15	45	0,5	45	60		6	7					3		8	6	5	
55	39	17	55	7	30	45		4	6					2		10	7	4	
56	33	18	60	8	45	30		3	5					1,5		5	3	3	
57	35	16	55	9	60	45		5	6					3		6	4	4	
58	31	19	50	10	45	60		6	7					4		4	2	5	
59	36	20	45	9	30	45		3	4					2		6	4	3	
60	32	21	40	8	45	60		4	6					1		5	3	4	
61	34	24	35	7	60	30	-	4	3	-	2	-	-	-	-	4	2	1,3	-
62	37	26	30	6	45	30		5	4		1					5	3	2	
63	38	23	25	5	60	30		6	5		4					6	4	3	
64	10	28	20	4	30	45		7	5		3					7	3	2	
65	15	24	15	3	45	60		8	4		3					8	5	2	
66	20	22	20	0,5	60	45		9	5		4					9	3	4	
67	21	25	25	2	30	60		4	5		5					8	2	2	
68	11	31	30	1	45	30		5	3		2					5	3	2	
69	14	30	35	2	60	45		3	4		4					6	1	1	
70	16	32	40	3	45	60		5	3		3					7	4	1	
71	19	34	45	4	60	45		7	3		2					4	3	1,5	
72	23	36	50	5	30	45		6	4		4					6	4	3	

вариант	Внешние нагрузки						Линейные размеры, м												
	P_1 , Н	P_2 , Н	M , Нм	q , Н/м	α , град	β , град	AB	AK	BC	KD	KE	DF	KB	AE	BF	KC	KF	CD	AF
73	27	38	55	7	45	60		4	5		3				5	2	2		
74	29	40	60	6	60	30		7	8		2				4	4	6		
75	30	33	55	8	30	45		4	6		3				8	2	3		
76	12	35	45	9	45	60		5	4		2				9	3	2		
77	14	37	30	10	60	30		3	4		3				5	2	2		
78	16	39	25	4	45	60		5	6		2				6	3	3		
79	18	11	40	0,5	30	45	-	8	3	4	-	-	9	7	-	-	-	-	5
80	22	10	20	5	45	30		9	5	5			11	9				4	
81	24	13	15	6	60	30		10	4	6			9	6				3	
82	23	12	25	7	45	60		11	6	7			12	10				7	
83	29	14	30	8	30	45		7	5	3			8	6				4	
84	32	16	35	1	45	30		8	4	4			7	5				3	
85	35	15	40	2	60	30		6	6	4			8	6				4	
86	38	17	25	3	45	60		5	4	3			7	5				3	
87	40	19	15	4	30	45		8	5	4			9	7				4	
88	37	18	20	5	45	60		6	6	3			10	8				5	
89	36	17	30	6	60	30		7	4	4			8	5				3	
90	15	20	35	0,5	30	45	-	8	5	5	-	-	9	5	-	-	-	-	2
91	40	25	40	2	45	90		5		2	6						2		
92	35	23	34	3	60	30		6		3	7						4		
93	45	27	20	4	30	45		3		5	9						1		
94	36	34	25	5	45	60		4		6	8						2		
95	38	12	30	1	60	30		2		3	6						1		
96	50	14	35	0,5	45	90		3		5	7						2		

Продолжение таблицы 1

вариант	Внешние нагрузки						Линейные размеры, м												
	P_1 , Н	P_2 , Н	M , Нм	q , Н/м	α , град	β , град	AB	AK	BC	KD	KE	DF	KB	AE	BF	KC	KF	CD	AF
97	10	16	40	2,5	30	60		10		8	10					7			
98	15	18	25	3	60	45	-	6	-	1	3	-	-	-	-	4	-	-	
99	25	12	20	4,5	30	60		7		-	5	6			7	-			
100	24	13	15	3	45	30		8			7	7			8				
101	35	14	10	6	30	60		9			4	8			10				
102	30	10	15	5	60	45		12			6	4			5				
103	20	21	20	3	45	90		4			2	5			6				
104	14	20	25	1	30	30		6			3	3			4				
105	18	14	30	2	45	45		8			6	9			7				
106	22	24	35	6	60	60		9			8	10			8				
107	24	30	40	7	45	60		10			5	5			6				
108	23	12	20	3	30	45	-	12	-	-	4	-	8	-	-	9	-	-	
109	14	15	20	2	45	60		10	6		8				10	8	4		
110	18	16	30	4	30	45		9	9		5				8	5	7		
111	20	17	15	5	60	30		8	10		4				5	4	8		
112	22	19	25	2	45	30		6	7		3				6	3	5		
113	24	20	30	1	60	45		7	8		5				9	6	6		
114	30	22	15	2,5	30	60		9	10		7				4	1	4		
115	26	23	24	1,5	45	30		5	6		3				6	4	2		
116	25	25	40	1	60	45		4	6		2				7	3	4		
117	20	24	30	0,5	30	60		12	10		7				8	6	6		
118	13	28	35	4	45	30		6	8		4				3	1	5		
119	14	21	40	2	60	30		8	9		7				4	2	4		
120	18	20	35	3	30	45		9	6		6				6	3	2		

Литература

1. Бутенин, Н.В., Курс теоретической механики / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. – СПб.: Лань, 1998.- 730 с.
2. Старжинский, В.М. Теоретическая механика / В.М. Старжинский / Учебник: краткий курс по полной программе вузов. - М.: Наука, 1980.- 464 с.
3. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики / С.М. Тарг - М.: Высшая школа, 1986. – 416 с.
4. Добронравов, В.В. Курс теоретической механики / В.В. Добронравов, Н.Н. Никитин. – Часть 1.- М.: Высшая школа, 1983. – 575 с.
5. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики / А.А. Яблонский. – Часть 2.- М.: Высшая школа, 1984. – 430 с.
6. Сборник задач по теоретической механике / К.С. Колесников [и др.]; под общ. ред. К.С. Колесникова - М.: Наука, 1983. – 320 с.

Иноземцева Наталья Владимировна

РАВНОВЕСИЕ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ СИЛ

**Практикум
по курсу «Теоретическая механика»
для студентов технических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 24.11.14.

Рег. № 91Е.
<http://www.gstu.by>