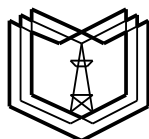


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации



КФЭУ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»

О. В. КЛЕЙДМАН

МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие

Казань
2023

УДК 620.1:378.14.015.62
ББК 30.12
К48

Клейдман, Ольга Владимировна
К48 **Механика : учебно-методическое пособие / О. В. Клейдман.**
– Казань : КГЭУ, 2021. – 40 с.

Изложены требования к содержанию и оформлению курсового проекта по дисциплине «Механика».

УДК 620.1:378.14.015.62
ББК 30.12

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие составлено с целью оказания помощи обучающимся, приступающим к выполнению курсовой работы по дисциплине «Механика», предполагающей расчет плоских стержневых систем на прочность при осевом растяжении-сжатии и построение эпюр внутренних силовых факторов в балках при плоском изгибе с различными видами закрепления. Объем часов, отведенный на выполнение курсовой работы, составляет 16 ч.

Выполнение курсовой работы направлено не только на приобретение знаний и навыков в области сопротивления материалов, позволяющих профессионально решать научно-производственные задачи, связанные с механическим деформированием, но и на формирование научного мировоззрения, развитие аналитического и логического мышлений.

В результате выполнения курсовой работы обучающийся должен:

- уметь применять знания аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления;
- демонстрировать понимание физических явлений и умение применять физические законы механики для решения типовых задач.

Условием качественного выполнения и защиты курсовой работы является самостоятельная творческая работа обучающихся с применением специальной и справочной литературы.

В целом курсовая работа должна быть законченной, выполненной самостоятельно. Руководитель работы обеспечивает систематические консультации, на которых можно уточнить правильность выполненных расчетов, а также получить ответы на вопросы, возникающие в ходе выполнения курсовой работы, и рекомендации по использованию литературы.

1. ЗАДАНИЕ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполнение курсового проекта сводится к решению двух задач, исходные данные к которым приведены в приложении: задача № 1 – приложение А, задача № 2 – приложение Б. Весь необходимый справочный материал приведен в приложении В. Номер варианта определяется по номеру в журнале группы.

Задача № 1. Найдите допустимое значение параметра нагрузки P с учетом возможной потери устойчивости сжатых стержней. Результаты представьте в табличной форме.

Расчетную схему примите в виде плоской фермы, изготовленной из стержней стандартного прокатного профиля, соединённых в узлах полными идеальными шарнирами (моменты изгиба равны нулю).

Для сжатых стержней допустимое напряжение:

$$[\sigma_k] = \varphi_k [\sigma],$$

где $\varphi_k = \varphi(\lambda)$ – коэффициент продольного изгиба (находится по табл. 1.1) [1].

Примите $[\sigma] = 160$ МПа.

Таблица 1.1

Таблица коэффициентов продольного изгиба для сталей марок Ст. 2 – Ст. 4.

λ	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
φ	1,00	0,99	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,81	0,75	0,69	
λ	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
φ	0,6	0,52	0,45	0,4	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19

Задача № 2. Постройте эпюры внутренних силовых факторов Q и M для балок, представленных на схемах приложения Б, исходные данные возьмите из табл. Б.1 и Б.2.

Рассмотрите плоский изгиб балки, при котором внешние силы и реакции опор действуют в одной плоскости и в поперечных сечениях возникают поперечная сила Q и изгибающий момент M . Графики, показывающие распределение внутренних сил вдоль оси стержня, выполните с соблюдением масштаба. Для каждого силового фактора Q , M строится отдельная эпюра. Способы закрепления стержня и возникающие реакции опор показаны на рис. 1.1.

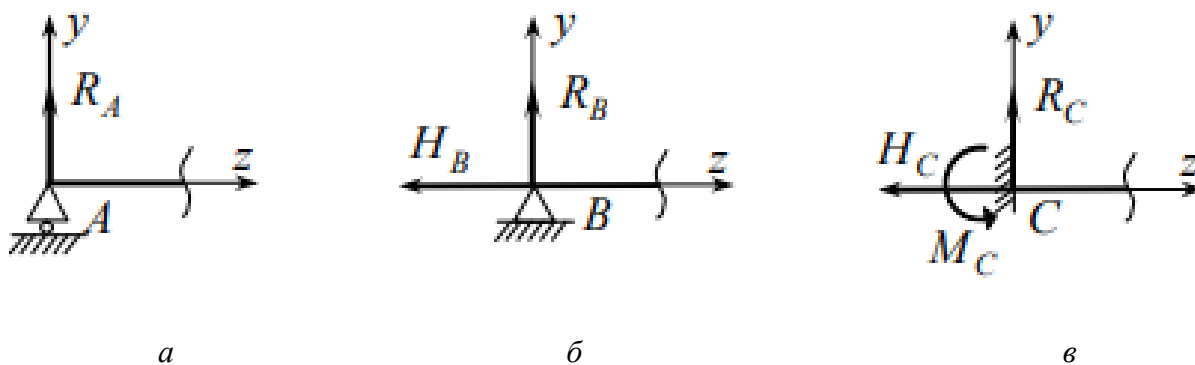


Рис. 1.1. Виды опор: *a* – шарнирно-подвижная по оси z ; *б* – шарнирно-неподвижная; *в* – жёсткая заделка

В шарнирно-подвижной опоре (рис. 1.1, *a*) перемещение точки A в вертикальном направлении равно нулю – возникает одна вертикальная реакция опоры. В шарнирно-неподвижной опоре (рис. 1.1, *б*) перемещения точки B в плоскости должны быть равными нулю, поэтому возникают две реакции. В заделке (рис. 1.1, *в*) в точке C невозможны перемещения и поворот стержня – возникают три реакции: силы по вертикали, горизонтали и момент.

2. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из двух отдельных частей пояснительной записки, соответственно заданиям. Числовые данные для выданных схем расчета приводятся в тексте задачи при изложении её решения и непосредственно на чертежах и рисунках в расчетно-пояснительной записке. Текстовая часть выполняется на обычной бумаге в клетку. Все схемы и эпюры выполняются с соблюдением правил черчения. Вычисления проводятся по правилам приближенных вычислений.

При исправлении проверенной курсовой работы не разрешается стирать сделанные преподавателем замечания. Исправления выполняются на отдельных листах и подшиваются в текст.

Выданные схемы задания с указанием темы и номера варианта подшиваются к соответствующей части курсовой работы. Работа без схем не принимается и считается защищенной, если студент прошел по ней собеседование.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Расчеты плоских стержневых систем на прочность при осевом растяжении-сжатии

Последовательность расчета следующая.

1. Укажите направления реакций шарнирных опор для выбранной схемы. Для плоской системы сил составьте уравнения равновесия и найдите реакции опор.

2. Определите продольные внутренние усилия в стержнях фермы, используя метод сечений [4]. Метод сечений основан на том, что любая мысленно отсечённая часть конструкции находится в равновесии под действием внутренних и внешних сил. Предварительно условно направьте все продольные усилия соответственно растяжению стержней (рис. 3.1).

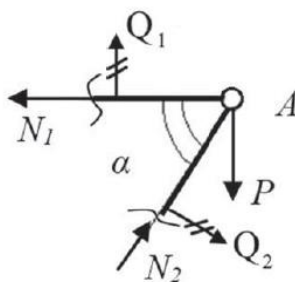


Рис. 3.1. Узел A фермы, нагруженный внешней силой P и продольными внутренними усилиями N_1 и N_2

На рис. 3.1 показано, что поперечных сил Q нет, направление продольного усилия N_1 соответствует растяжению первого стержня, направление N_2 – сжатию второго. Если найденные усилия из уравнений равновесия системы сходящихся сил для каждого узла имеют знак минус, считать стержень сжимающимся.

3. Для всех стержней дальнейшее решение и полученные результаты представить в табличной форме (табл. 3.1), где k – номер рассматриваемого стержня; l_k – длина стержня, м; N_k – найденное усилие в k -м стержне в зависимости от параметра нагрузки P , кН; растяжение/сжатие – характеристика нагружения стержня; λ_k – гибкость стержня, которая определяется только для сжатых стержней по формуле:

$$\lambda_k = \frac{\mu l_k}{i_y},$$

где μ – коэффициент приведения длины, для данного случая шарнирного закрепления концов стержней в ферме, $\mu = 1$; i_y – радиус инерции поперечного сечения стержня, соответствующий минимальному радиусу инерции сечения и, соответственно, максимальной гибкости стержня для данного сечения (приложение В); φ_k – коэффициент снижения допускаемых напряжений зависит от материала стержня и его гибкости ($\varphi_k = 1$ при растяжении и $\varphi_k < 1$ при сжатии); $[\sigma_k]$ – допускаемое напряжение для рассматриваемого стержня, МПа; P_k – ограничение на искомую нагрузку $P \leq P_k$ для k -го стержня, определяемое из условия прочности:

$$\sigma_k = \frac{N_k}{F} \leq [\sigma_k],$$

где F – площадь поперечного сечения, определяемая для данного сечения (приложение В).

Таблица 3.1

Форма записи результатов (образец)

k	l_k , м	N_k , кН	Растяжение/сжатие	λ_k	φ_k	$[\sigma_k]$, МПа	P_k , кН

Примеры решения приведены в пособии [2].

3.2. Построение эпюр внутренних силовых факторов в балках при плоском изгибе с различными видами закрепления

Алгоритм построения эпюр следующий.

1. Изобразите реакции опор. Убедитесь, что система статически определимая.

2. Запишите уравнения равновесия для всего стержня в виде суммы моментов относительно некоторых точек или суммы сил, найти опорные реакции. Для проверки правильности определения реакций запишите дополнительное уравнение равновесия системы. В тех случаях, когда стержневая система закреплена только в одной точке, реакции опоры можно не определять.

3. Установите число участков. Гранистерцами участков являются концы стержня и точки, в которых изменяется характер нагружения и приложены сосредоточенные сила или момент. На каждом участке выберите систему координат $Oxyz$.

4. Для определения внутренних сил в стержне используйте метод сечений. На каждом участке проводите сечение, перпендикулярное к оси стержня, рассекая его на две части. Одну из частей отбросьте. Воздействие отброшенной части на оставшуюся отсеченную часть замените внутренними силами N , Q , M с учётом правила знаков. Положительные величины N , Q , M показаны на рис. 3.2.

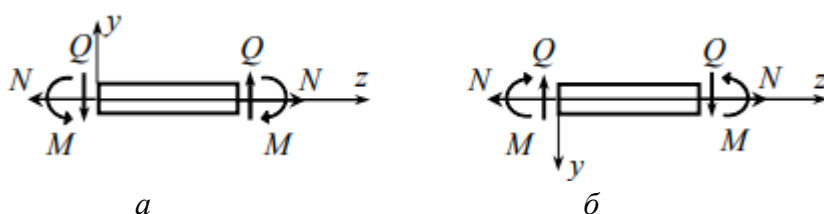


Рис. 3.2. Положительные направления внутренних усилий: a – ось y направлена вверх; b – ось y направлена вниз

Например, изгибающий момент M считается положительным, если он вызывает растяжение стержня в точках с положительной координатой y , на рис 3.2, b происходит растяжение нижнего волокна. Рассматривается равновесие оставшейся части, для нее записываются уравнения равновесия, из которых находятся внутренние силы.

5. Напишите аналитические выражения внутренних силовых факторов по участкам (графически покажите рассматриваемую часть балки и приложенные в проведенном сечении внутренние силовые факторы).

6. По вычисленным значениям постройте эпюры внутренних силовых факторов для всей длины стержня (графическая часть задания).

7. Проверьте правильность построения эпюр. Основные правила, используемые для проверки следующие:

Правило 1. Скачки в эпюре изгибающего момента M будут в точках, где приложены сосредоточенные моменты, а скачки в эпюре поперечной силы Q возникают в точках действия сосредоточенных сил, перпендикулярных к оси стержня.

Правило 2. Если в эпюре поперечной силы имеется скачок, то в этой точке эпюра изгибающего момента имеет излом.

Правило 3. Изгибающий момент M достигает экстремума в сечении, для которого $Q = 0$.

Правило 4. На участках, где поперечная сила $Q > 0$, изгибающий момент M возрастает при движении в направлении оси Oz , и наоборот.

Правило 5. Если на участке действует равномерно распределенная нагрузка q , то Q будет изменяться по линейному закону, а M – по закону квадратичной параболы.

Правило 6. На тех участках, где $Q = 0$, изгибающий момент M постоянен.

Примеры решения приведены в пособии [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Копнов, В. А. Сопротивление материалов. Руководство для решения задач и выполнения лабораторных и расчетно-графических работ : учебное пособие / В. А. Копнов, С. Н. Кривошапко. – Москва : Высшая школа 2005. – 69 с.

2. Москвин, В. Г. Сопротивление материалов. Примеры решения задач : практикум / В. Г. Москвин, О. В. Новикова, С. А. Монин. – Москва : Издательство МЭИ, 2020. – 80 с.

3. Серазутдинов, М. Н. Построение эпюр внутренних сил : учебное пособие / М. Н. Серазутдинов, Ф. С. Хайруллин. – Казань : Казанский государственный технологический университет, 2009. – 38 с.

4. Жуков, В. Г. Механика. Сопротивление материалов : учебное пособие / В. Г. Жуков. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 416 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/3721> (дата обращения: 10.12.2021).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

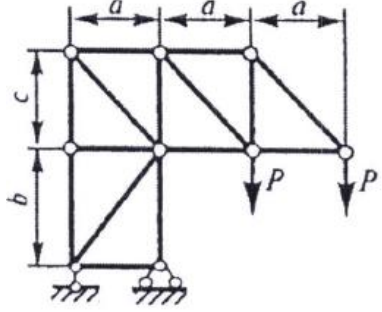
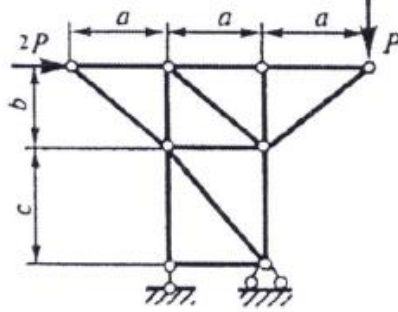
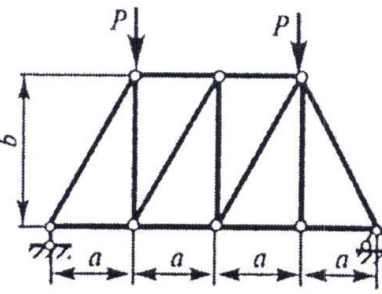
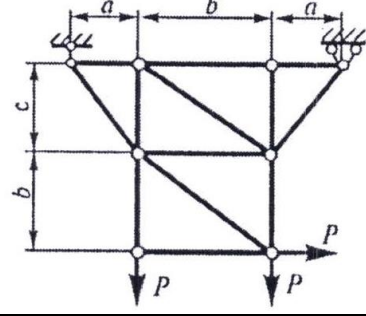
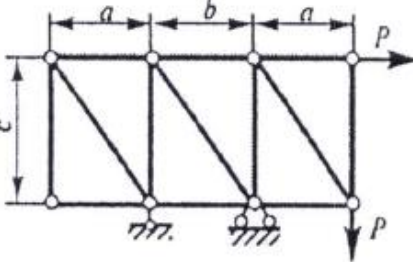
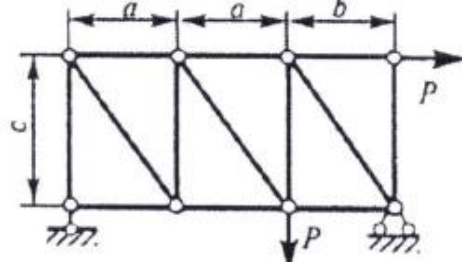
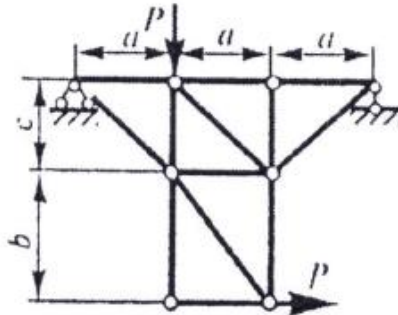
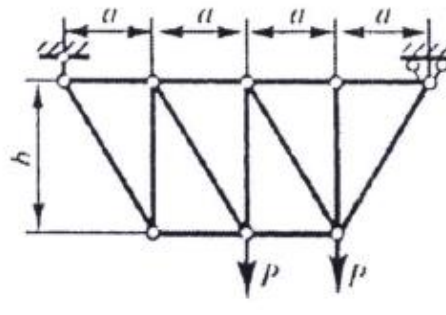
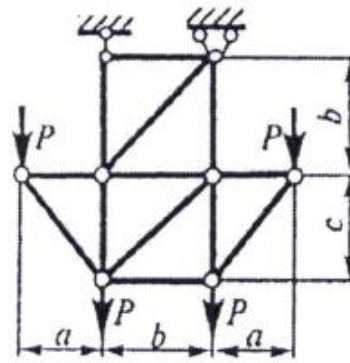
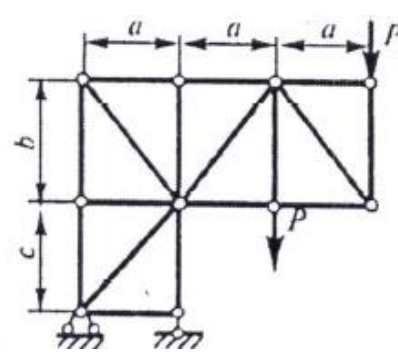
Таблица А.1

Исходные данные к задаче № 1

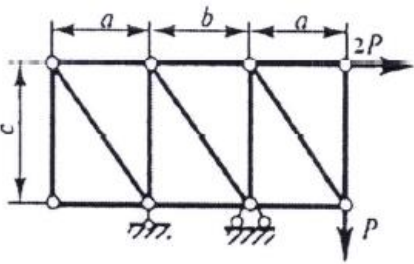
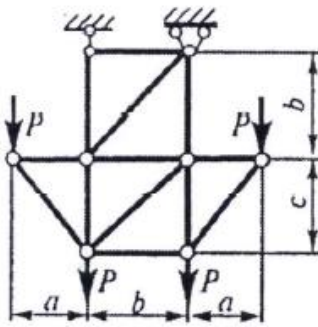
Номер варианта	a , м	b , м	c , м	Прокатный профиль
1	2,0	1,8	2,5	Швеллер № 22
2	2,0	2,4	1,8	Двутавр № 18
3	1,8	2,0	1,6	Швеллер № 18
4	2,0	1,7	1,5	Двутавр № 10
5	1,5	2,2	2,5	Швеллер № 18
6	1,8	2,0	2,0	Двутавр № 20
7	1,4	1,7	1,6	Швеллер № 22
8	1,8	2,0	1,8	Двутавр № 10
9	2,0	1,1	1,6	Швеллер № 20
10	1,5	1,8	2,0	Двутавр № 30
11	1,4	1,5	2,0	Швеллер № 28
12	1,6	2,0	1,5	Двутавр № 20
13	1,8	1,5	2,0	Швеллер № 40
14	2,0	1,7	1,6	Двутавр № 28
15	1,5	2,8	1,5	Швеллер № 30
16	2,0	2,0	2,2	Двутавр № 30
17	2,0	1,8	1,8	Швеллер № 20
18	1,1	2,2	1,6	Двутавр № 29
19	2,0	2,4	1,8	Швеллер № 39
20	1,0	1,8	1,5	Двутавр № 16
21	1,4	2,4	2,8	Швеллер № 18
22	1,9	2,0	2,3	Двутавр № 14
23	1,7	1,0	1,7	Швеллер № 12
24	1,9	2,7	1,7	Двутавр № 10
25	2,2	2,6	1,9	Швеллер № 28
26	1,8	2,8	1,9	Двутавр № 30
27	1,7	2,4	2,0	Швеллер № 18
28	1,3	1,6	1,6	Двутавр № 14
29	1,5	1,9	1,8	Швеллер № 39
30	1,4	2,0	1,7	Двутавр № 28

Плоские шарнирно-стержневые конструкции

Номер варианта	Схема	Номер варианта	Схема
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	

Номер варианта	Схема	Номер варианта	Схема
9		10	
11		12	
13		14	
15		16	
17		18	

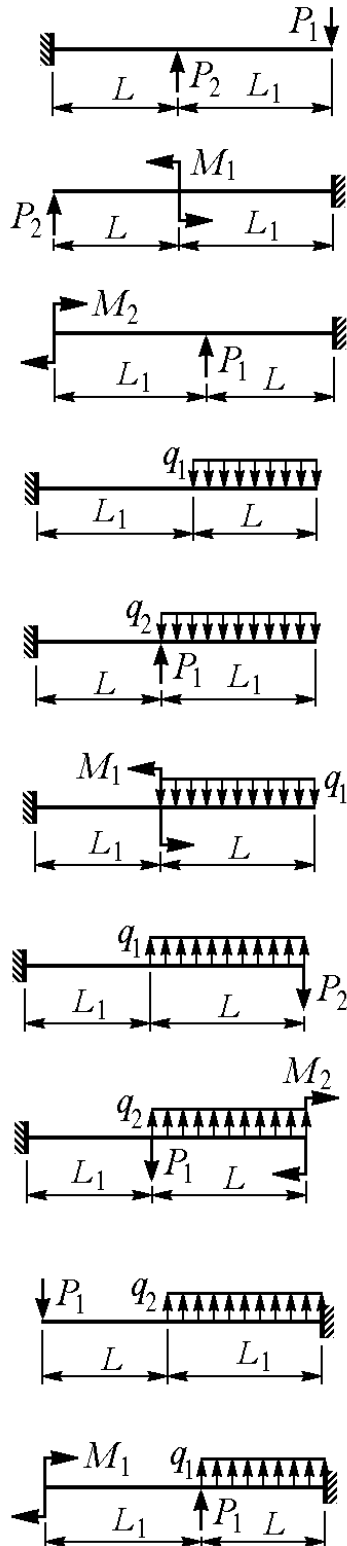
Номер варианта	Схема	Номер варианта	Схема
19		20	
21		22	
23		24	
25		26	
27		28	

Номер варианта	Схема	Номер варианта	Схема
29	 <p>Diagram of a truss structure with three panels. The top chord is supported by a pin support at the left end and a roller support at the right end. The bottom chord is supported by two roller supports. The horizontal dimensions are a, b, and a from left to right. The vertical height is c. A horizontal force $2P$ is applied at the top right node, pointing to the right. A vertical force P is applied at the bottom right node, pointing downwards.</p>	30	 <p>Diagram of a truss structure with three panels. The top chord is supported by two pin supports. The bottom chord is supported by two roller supports. The horizontal dimensions are a, b, and a from left to right. The vertical height is c. Vertical forces P are applied at the top left, top right, and bottom middle nodes, all pointing downwards.</p>

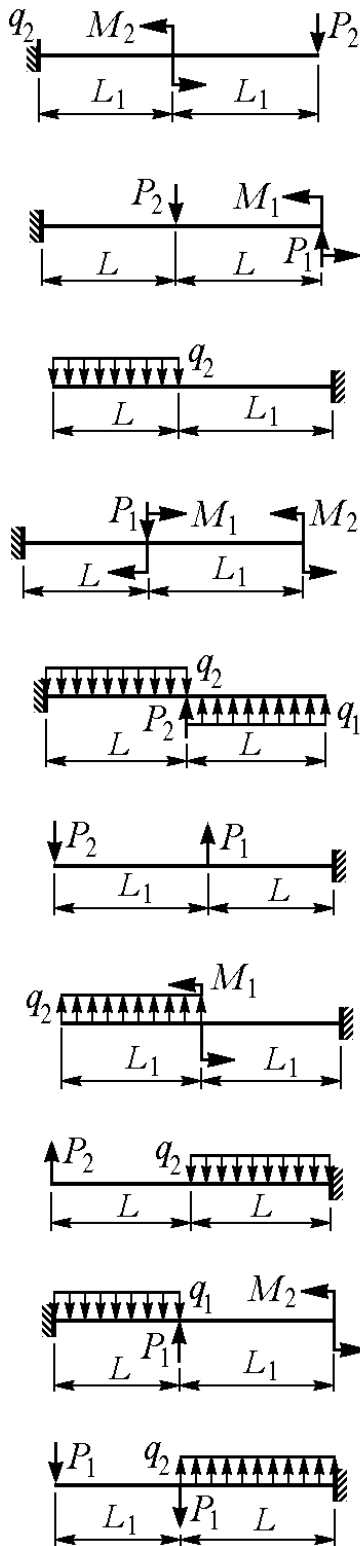
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схемы консольно закреплённых балок

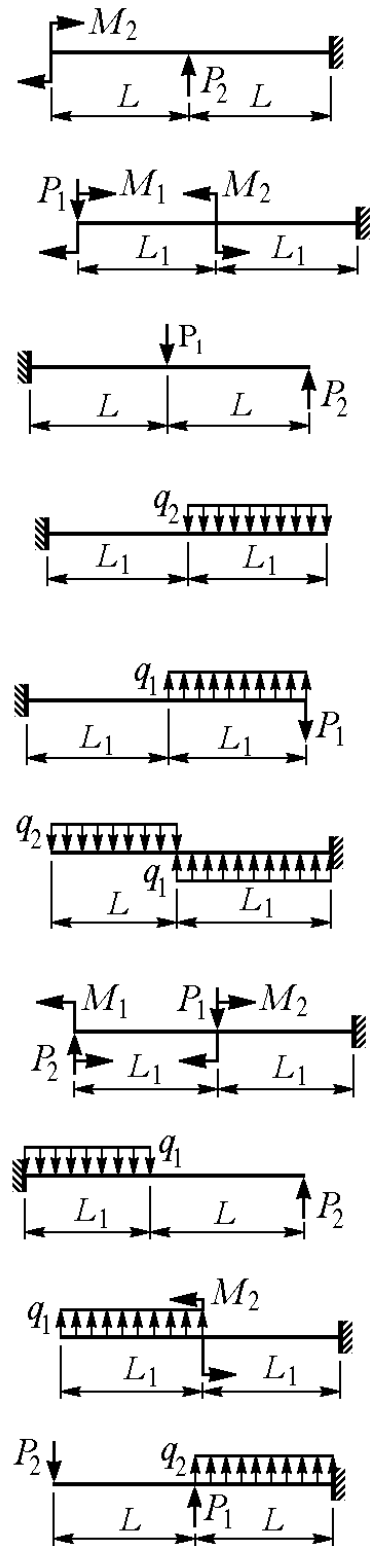
Вариант 1



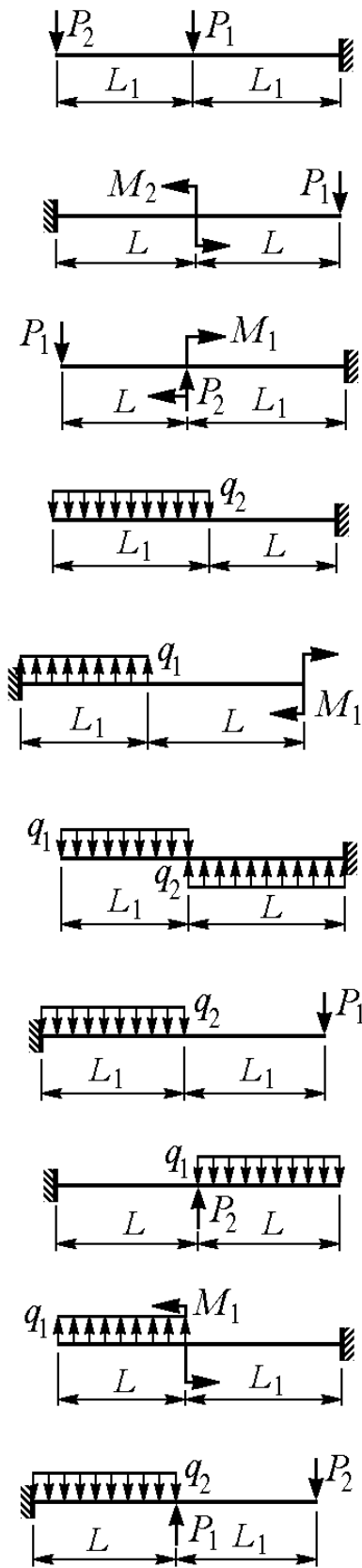
Вариант 2



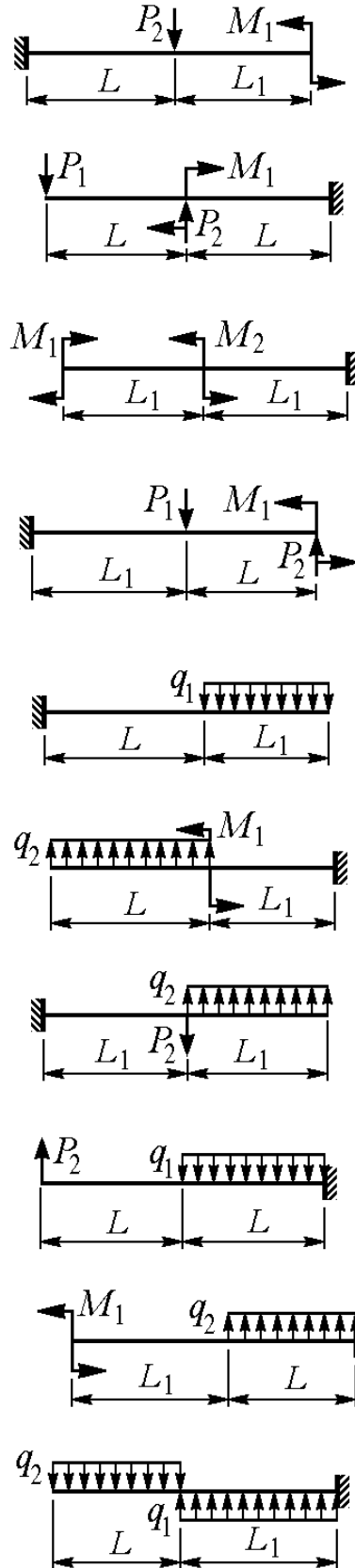
Вариант 3



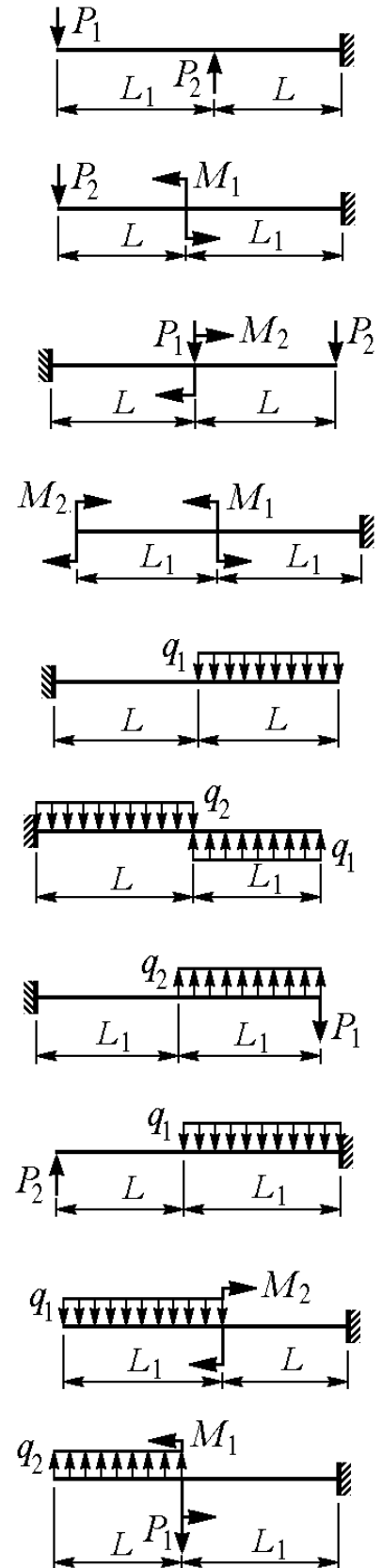
Вариант 4



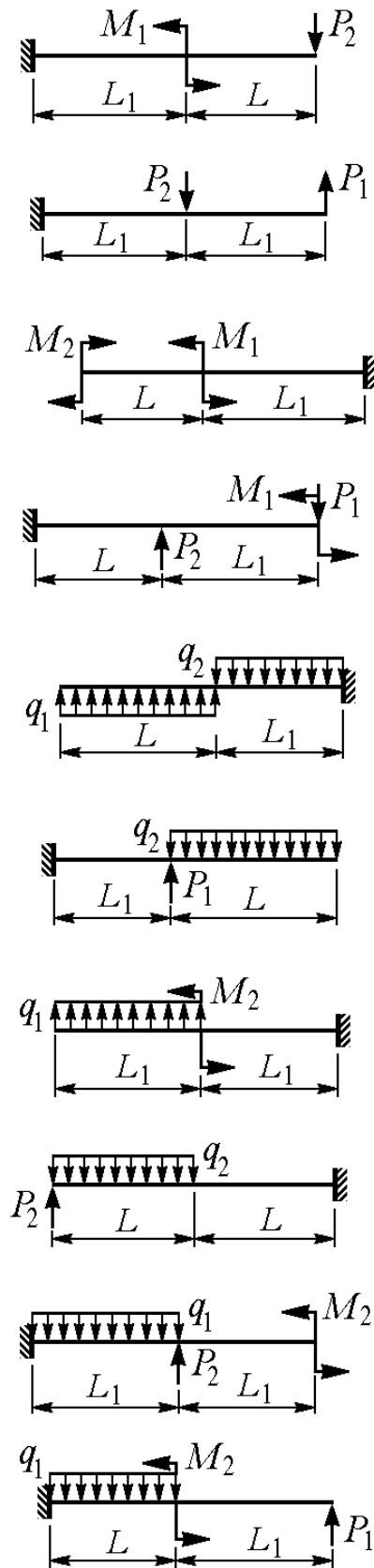
Вариант 5



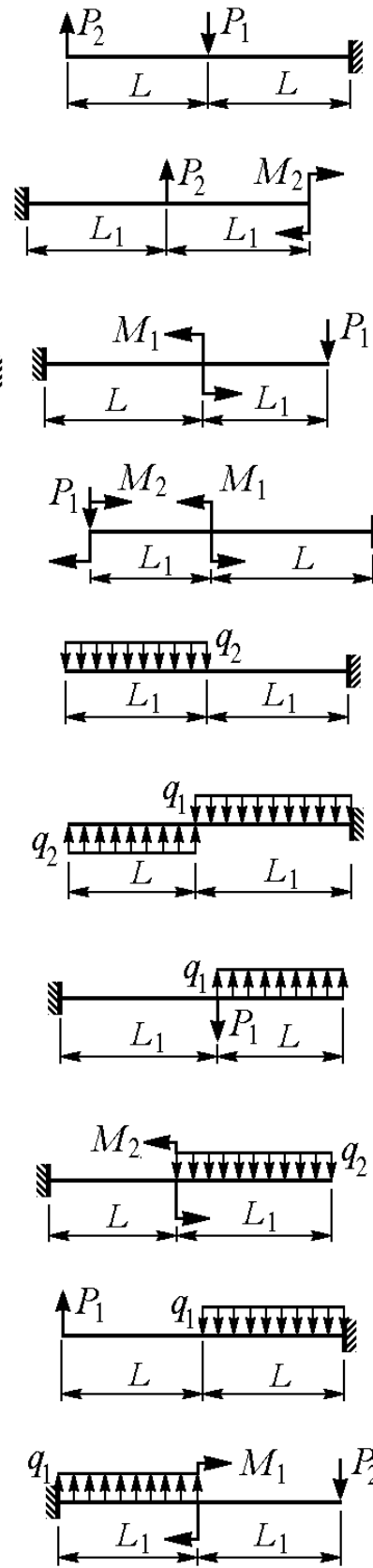
Вариант 6



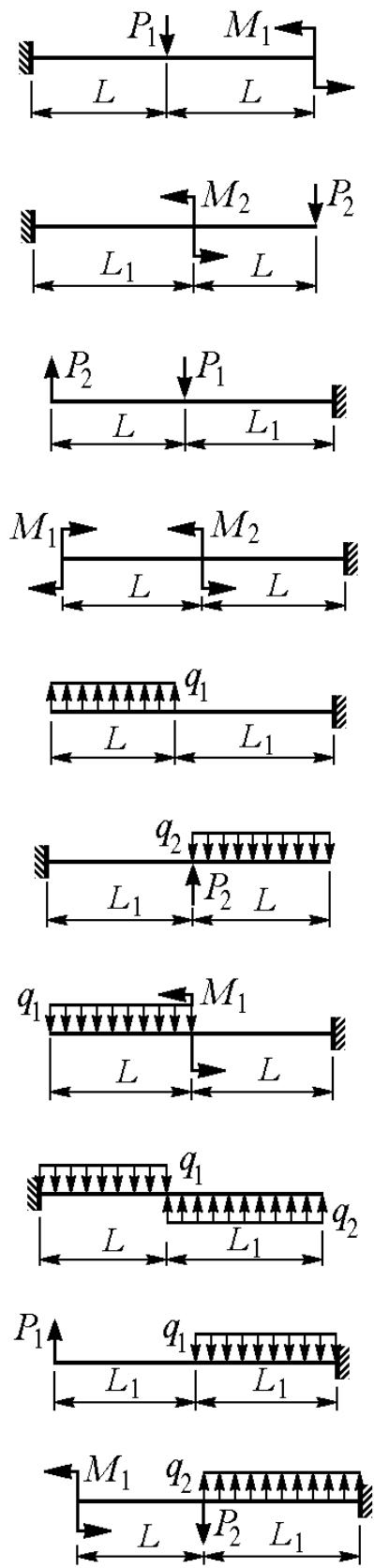
Вариант 7



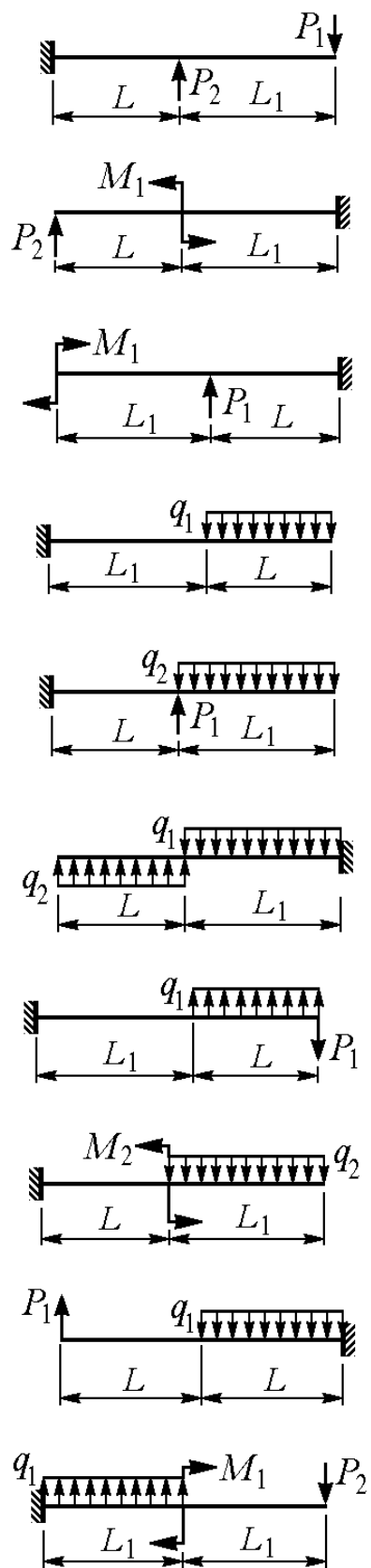
Вариант 8



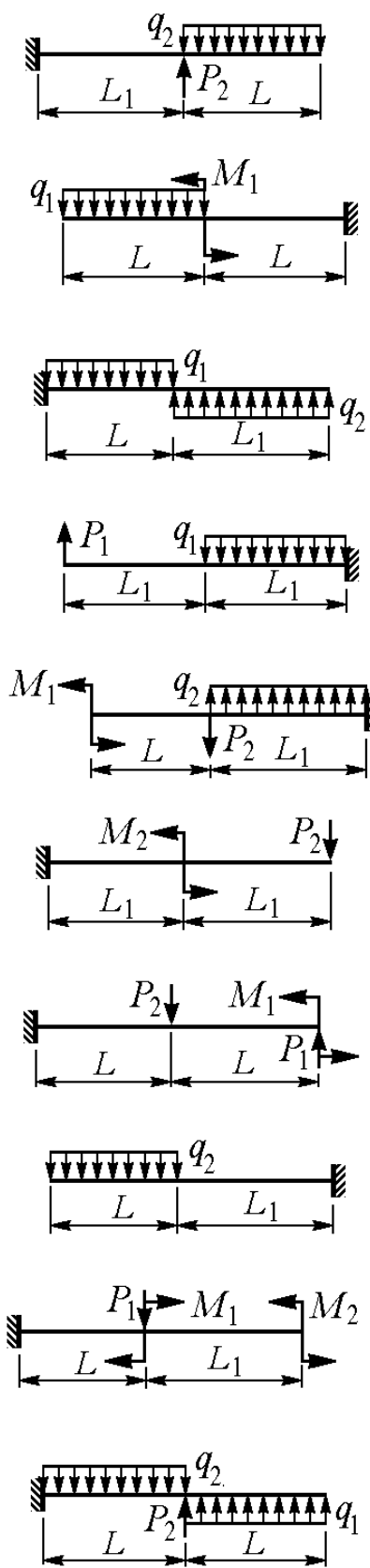
Вариант 9



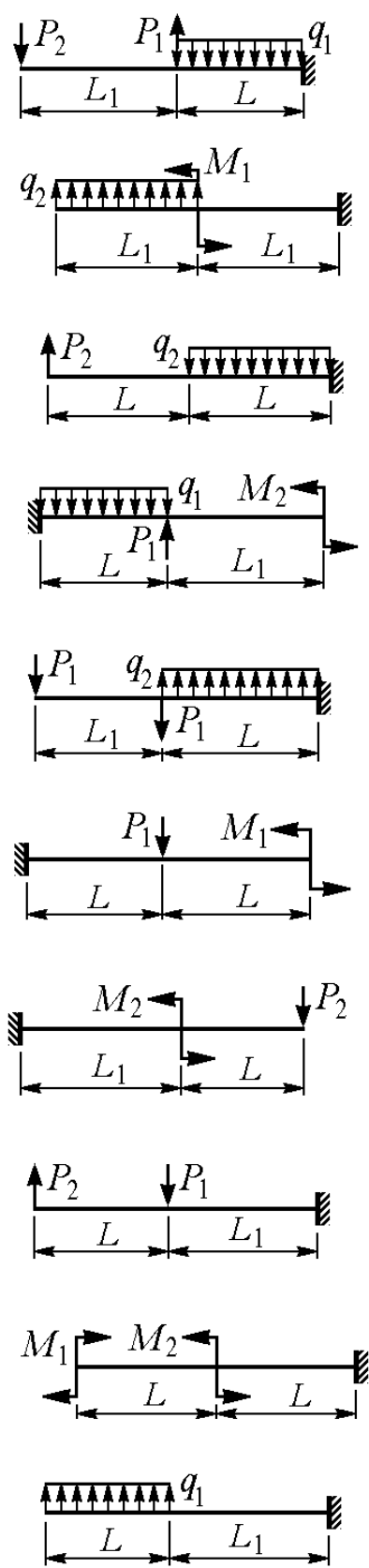
Вариант 16



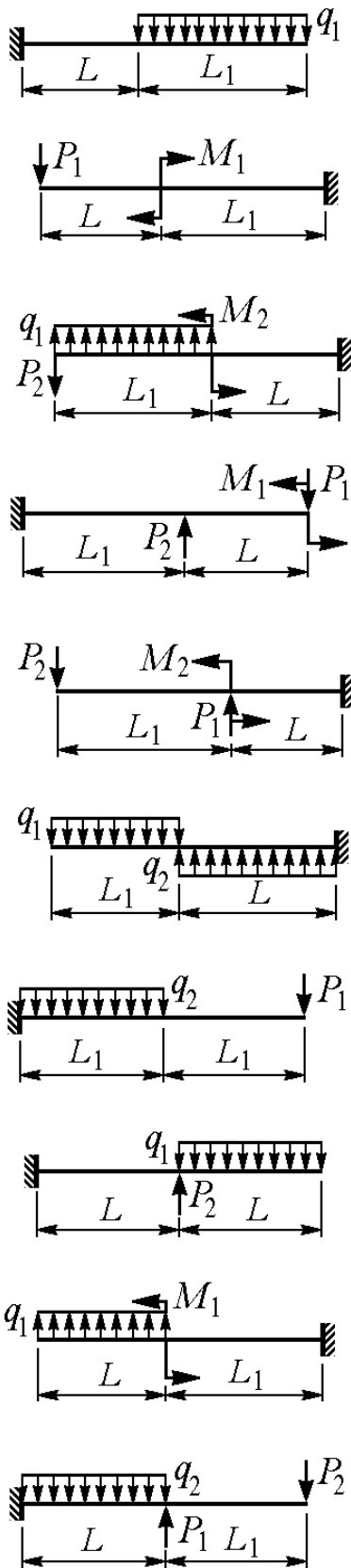
Вариант 17



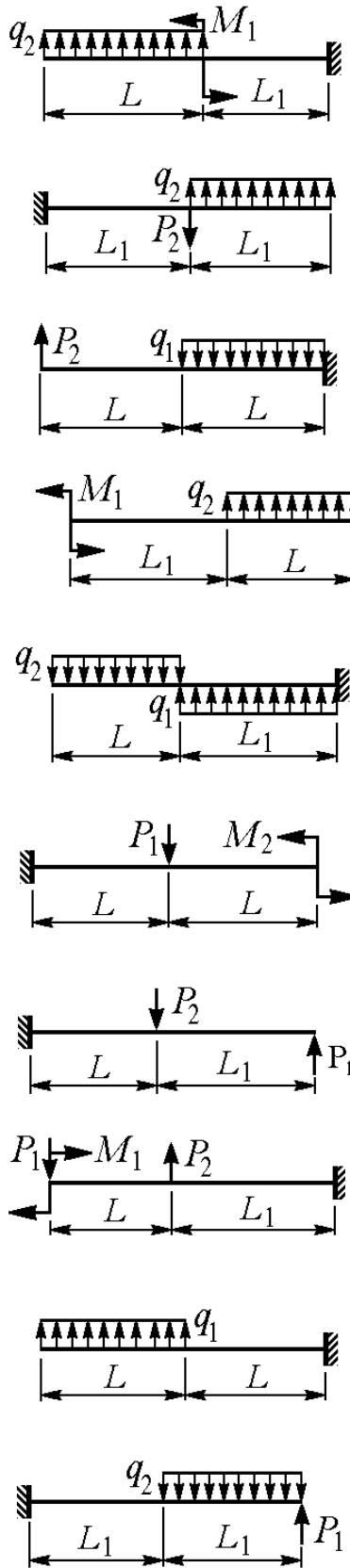
Вариант 18



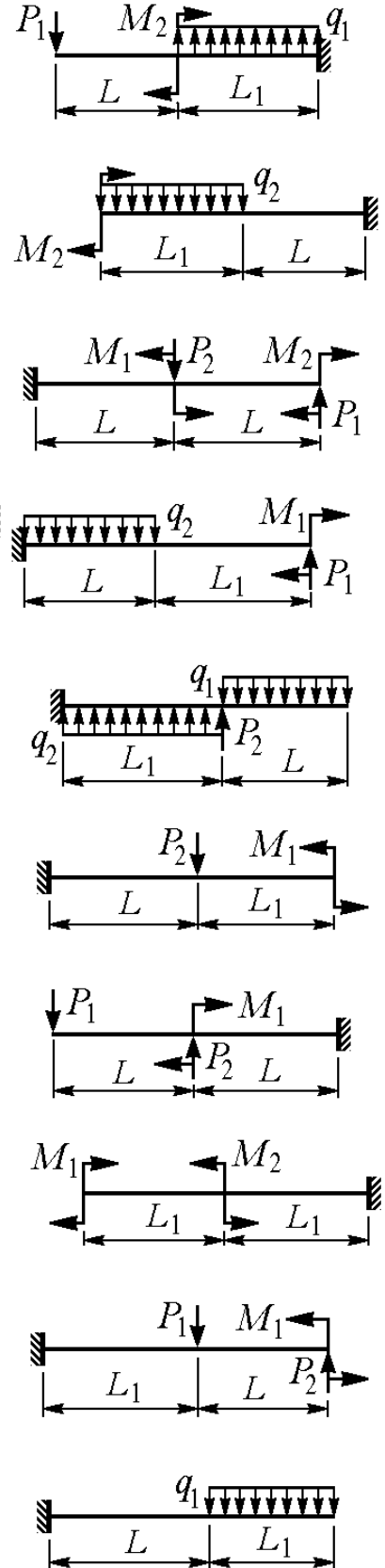
Вариант 22



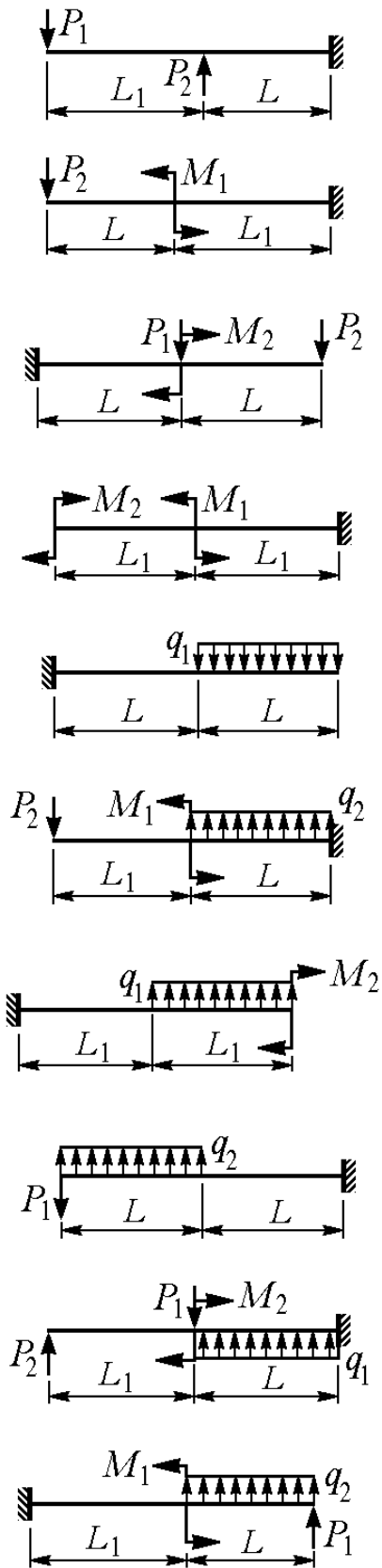
Вариант 23



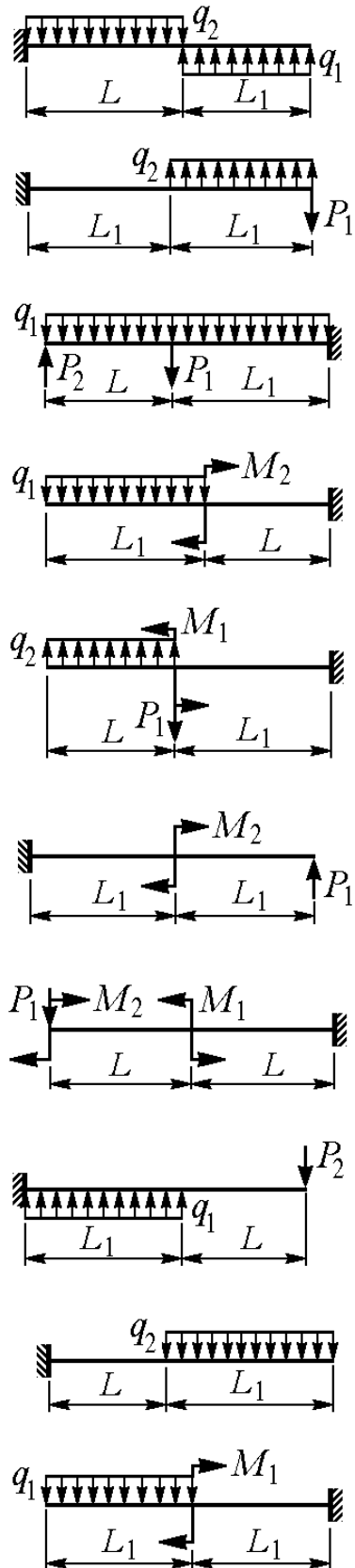
Вариант 24



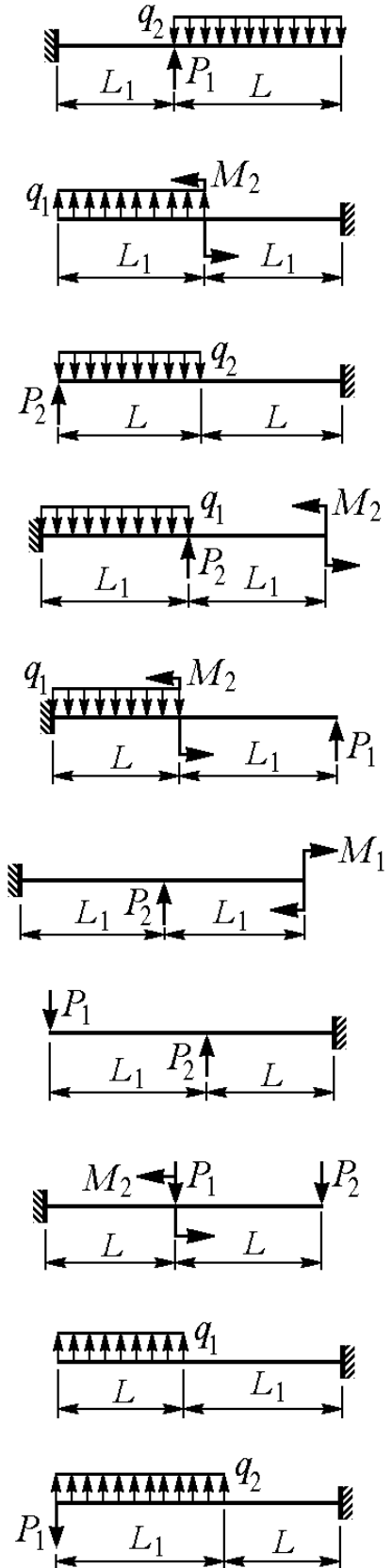
Вариант 25



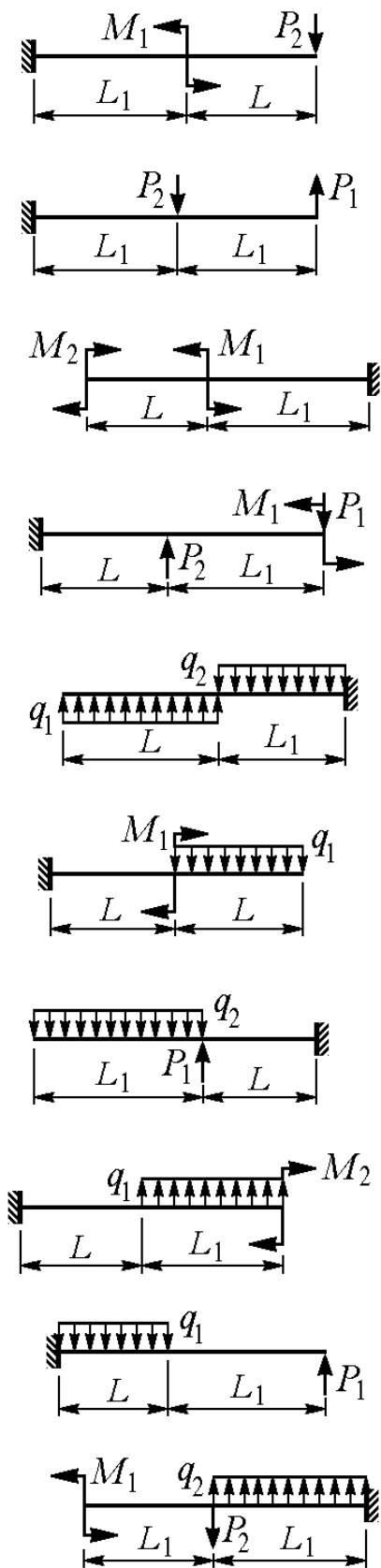
Вариант 26



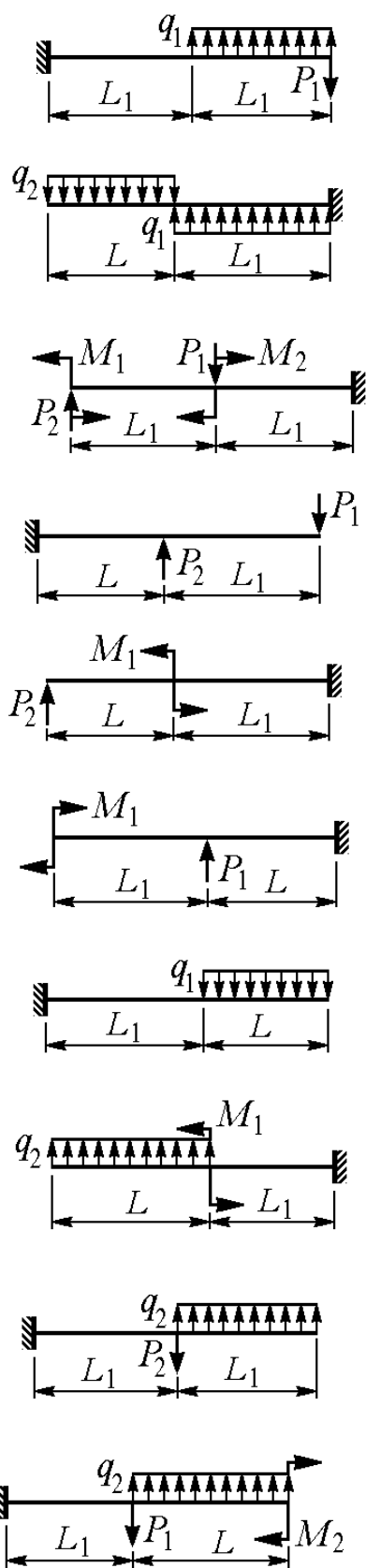
Вариант 27



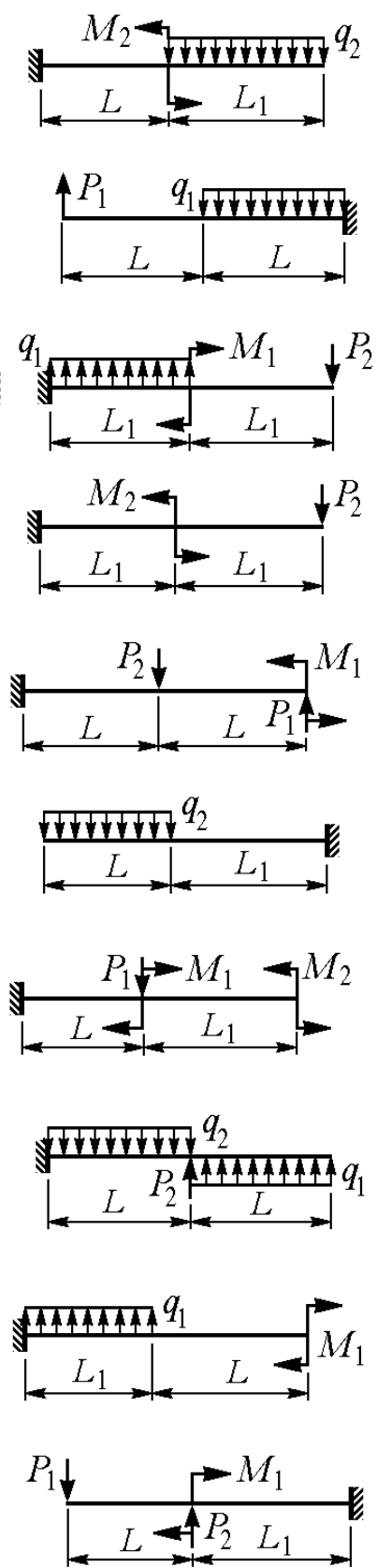
Вариант 28



Вариант 29

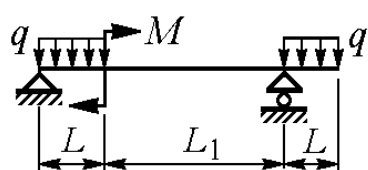
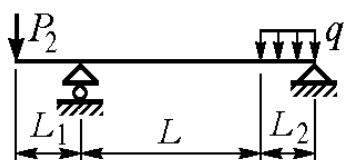
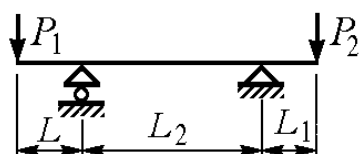
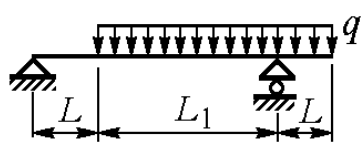
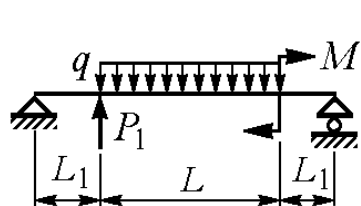
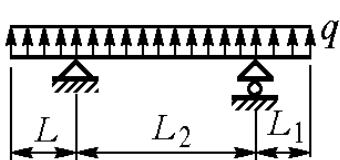
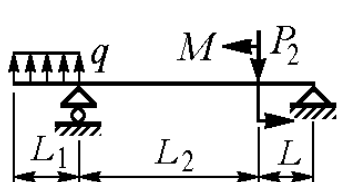
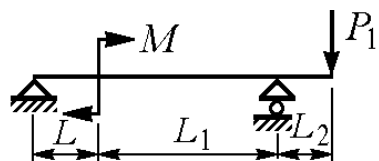


Вариант 30

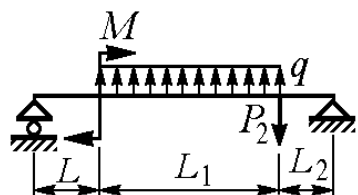
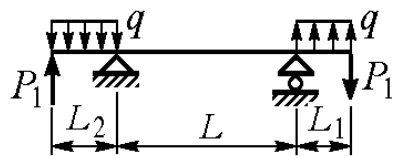
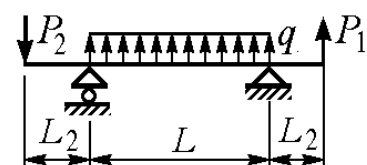
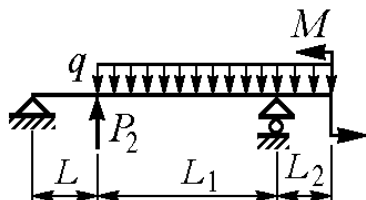
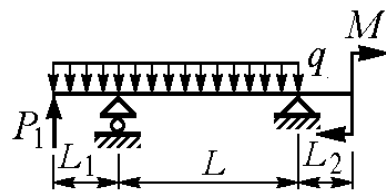
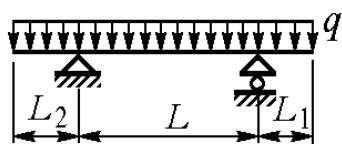
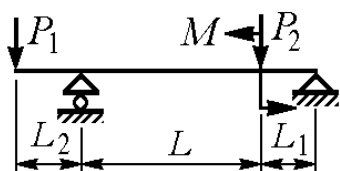
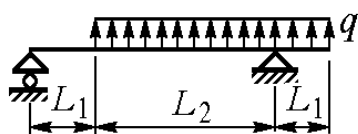


Схемы свободно-опёртых балок

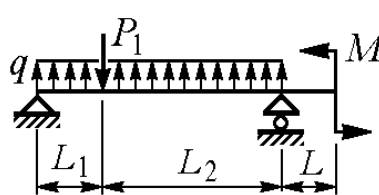
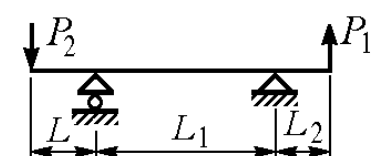
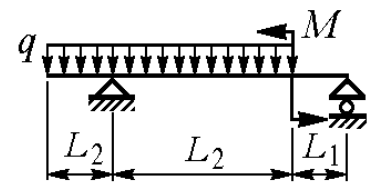
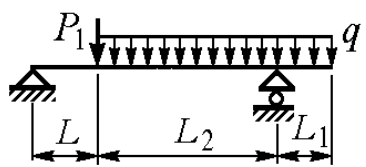
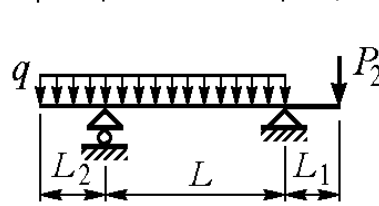
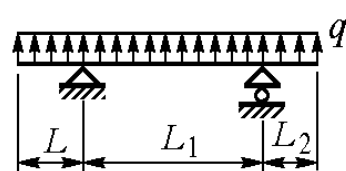
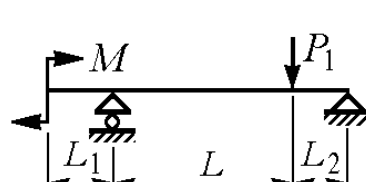
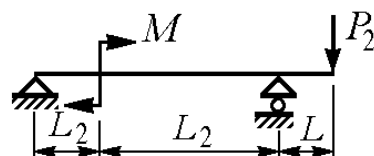
Вариант 1



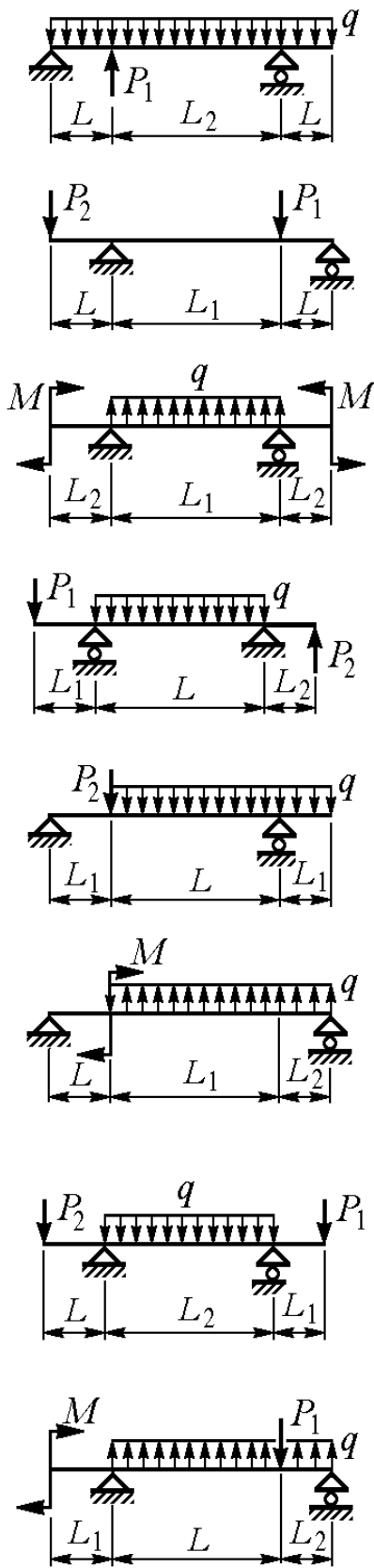
Вариант 2



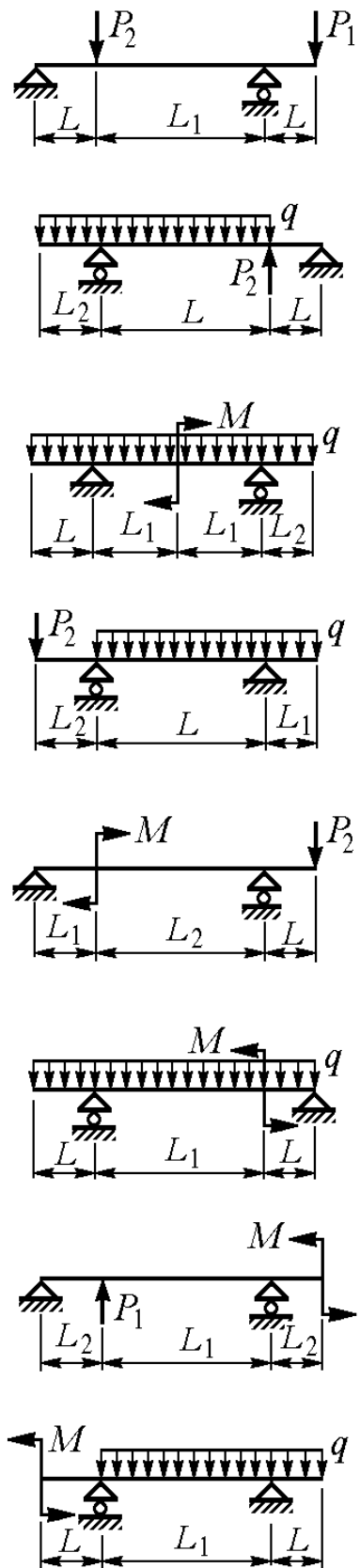
Вариант 3



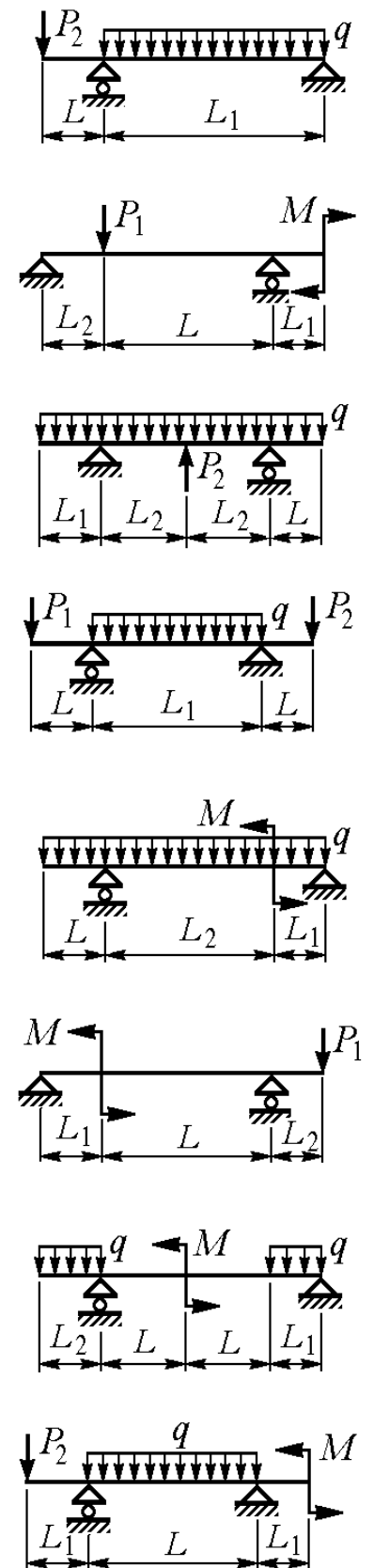
Вариант 4



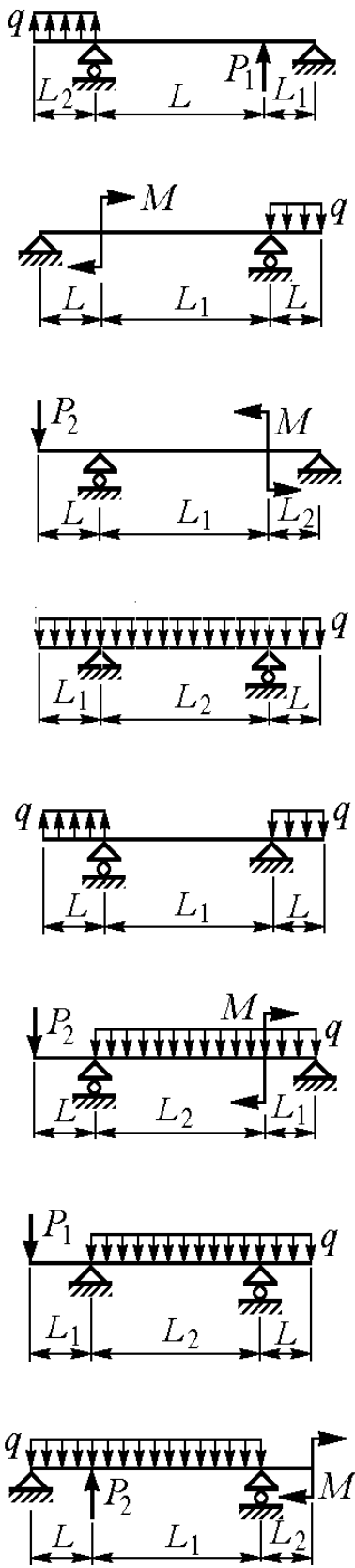
Вариант 5



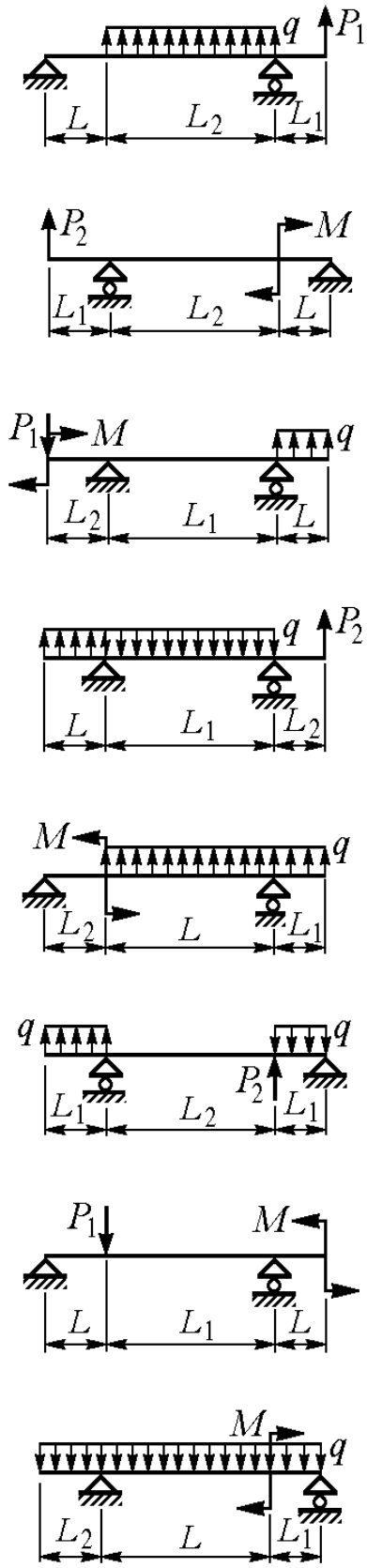
Вариант 6



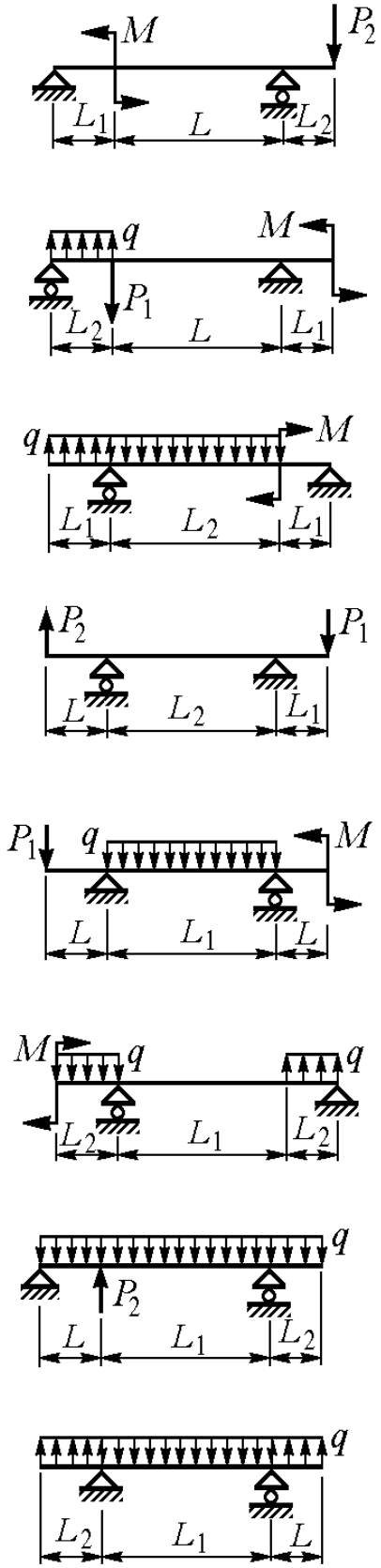
Вариант 10



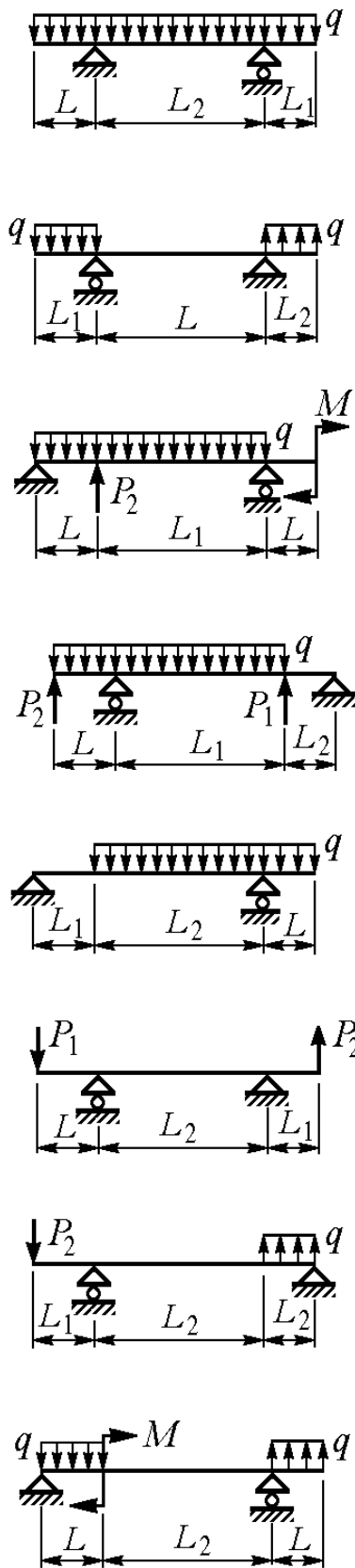
Вариант 11



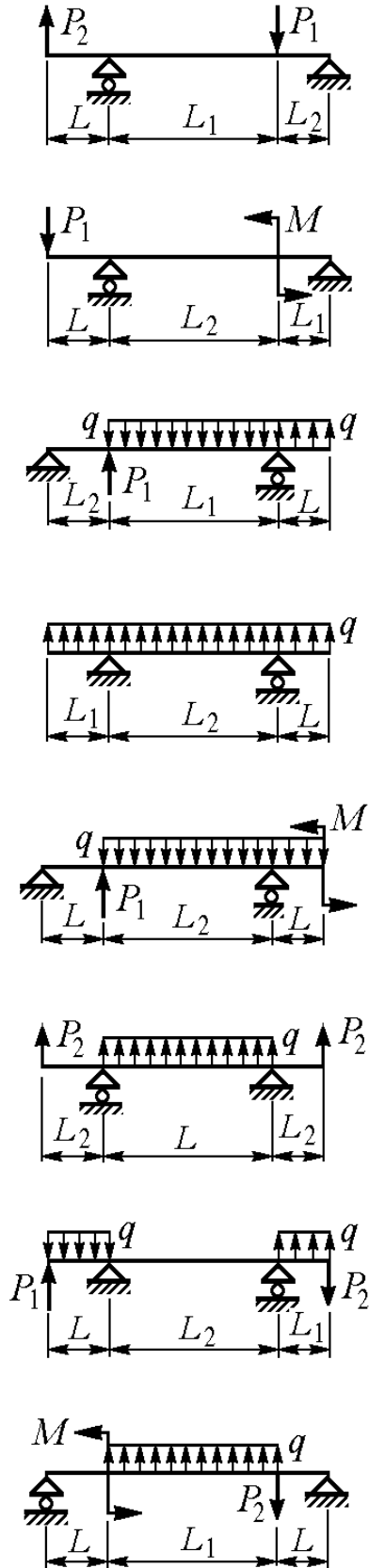
Вариант 12



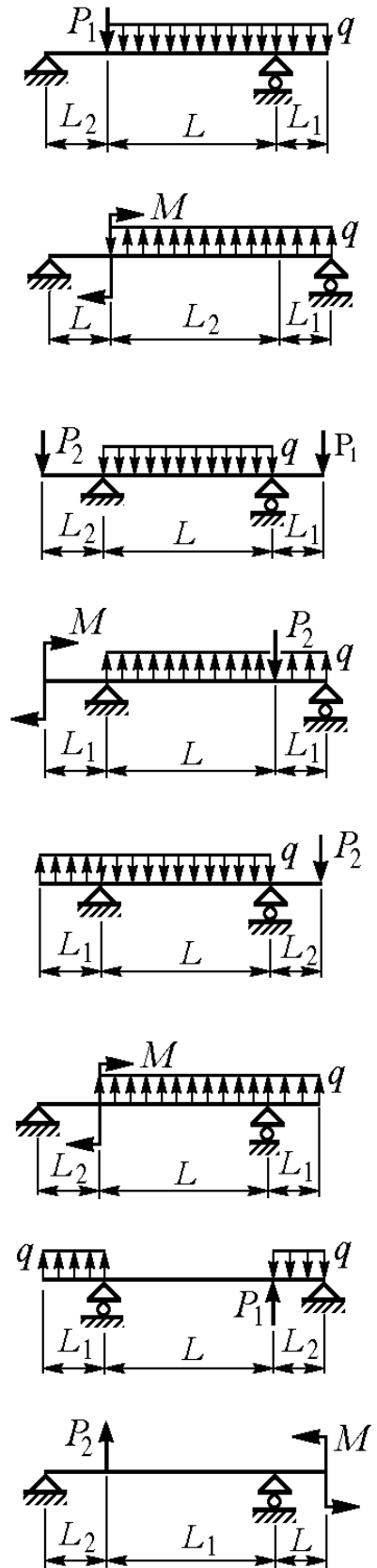
Вариант 13



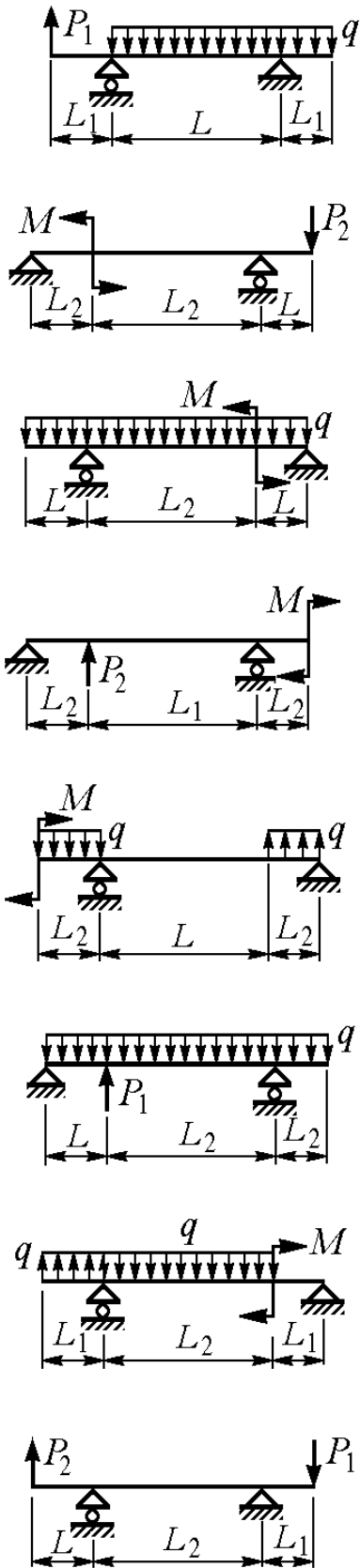
Вариант 14



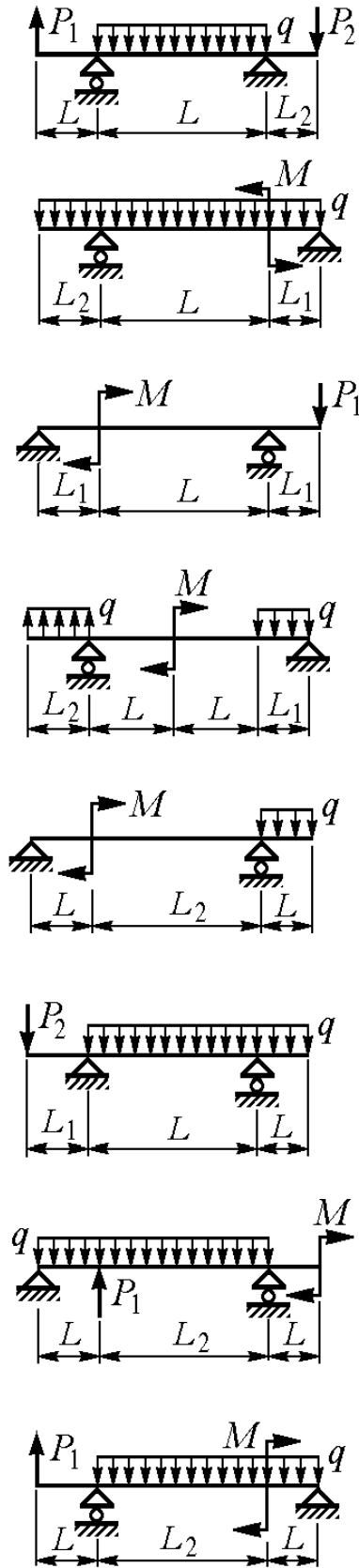
Вариант 15



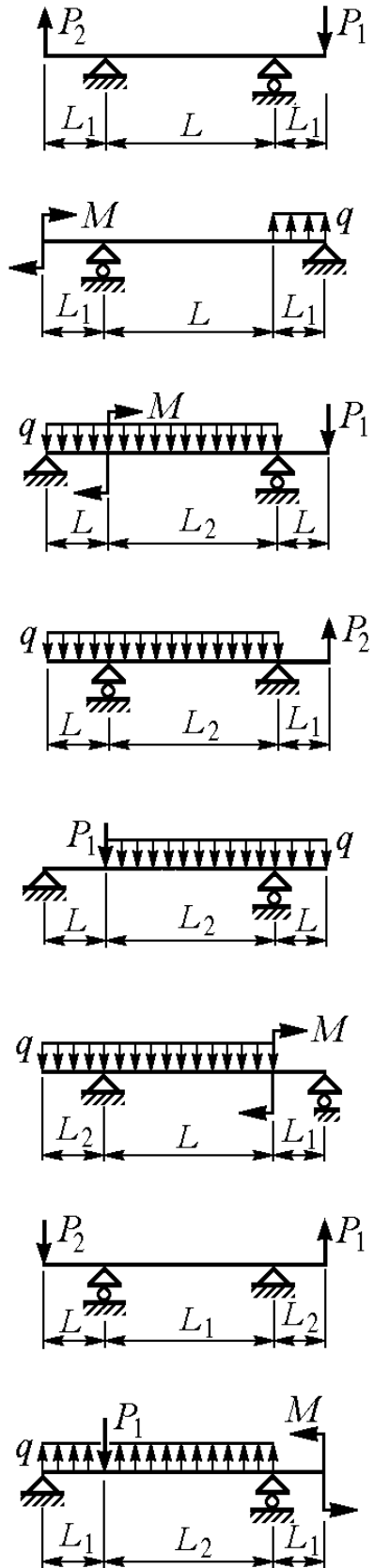
Вариант 16



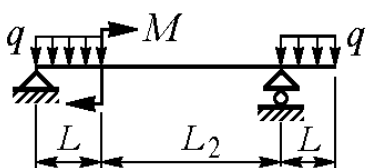
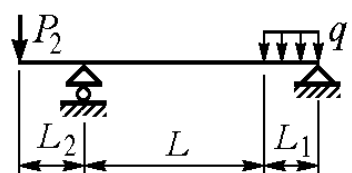
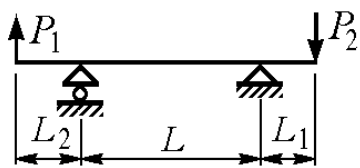
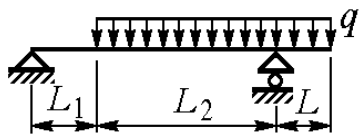
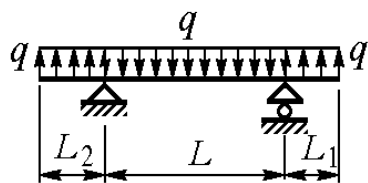
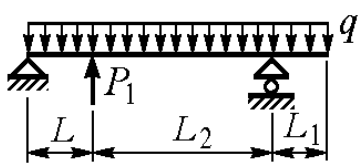
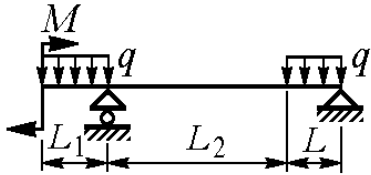
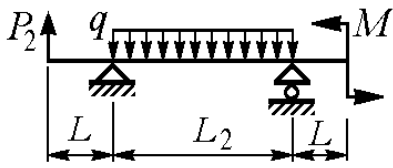
Вариант 17



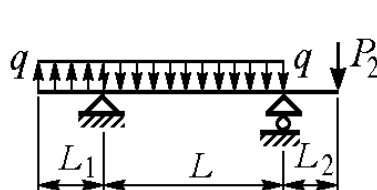
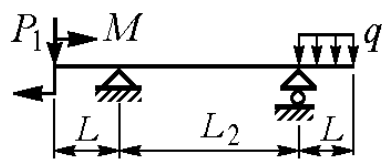
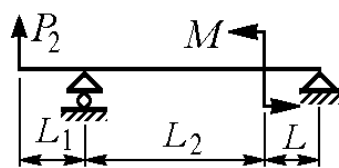
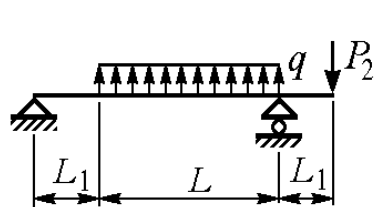
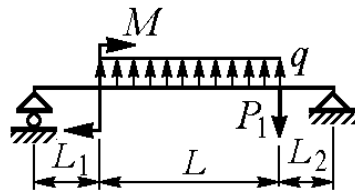
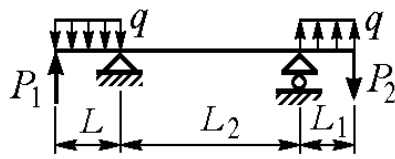
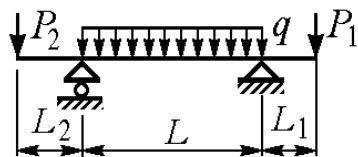
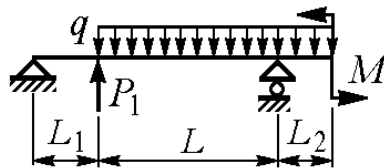
Вариант 18



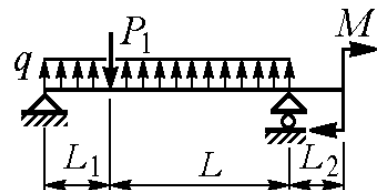
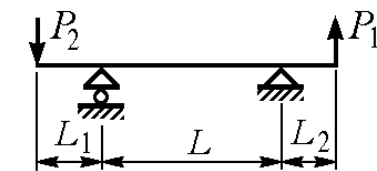
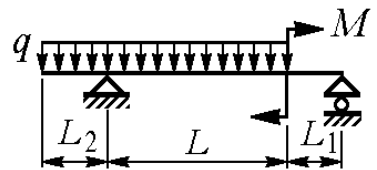
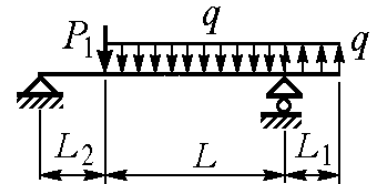
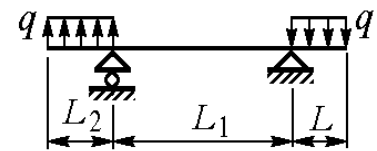
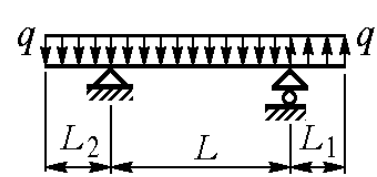
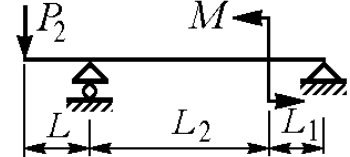
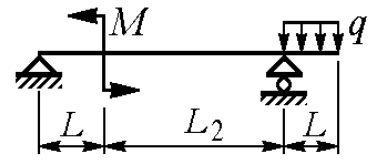
Вариант 19



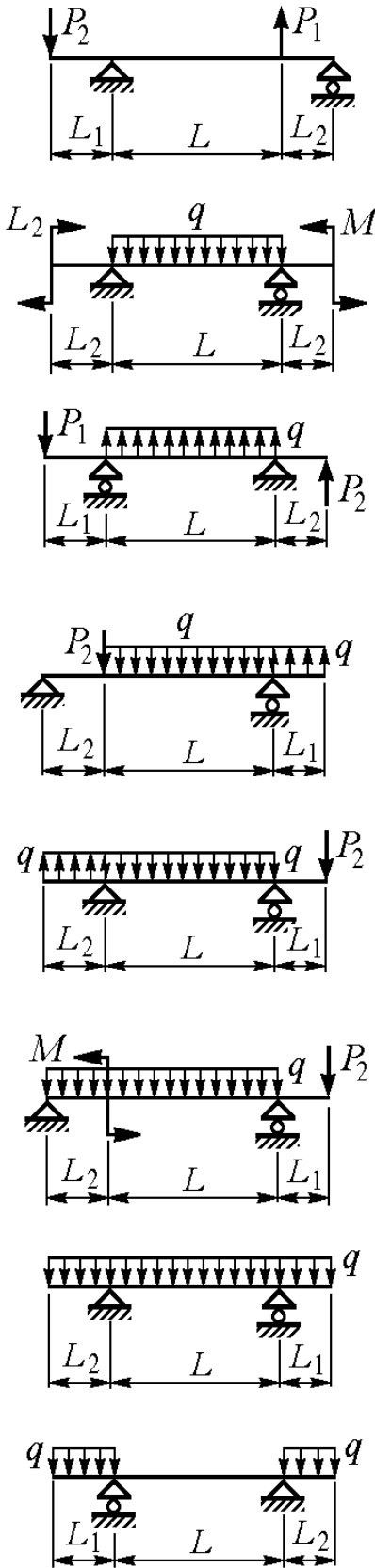
Вариант 20



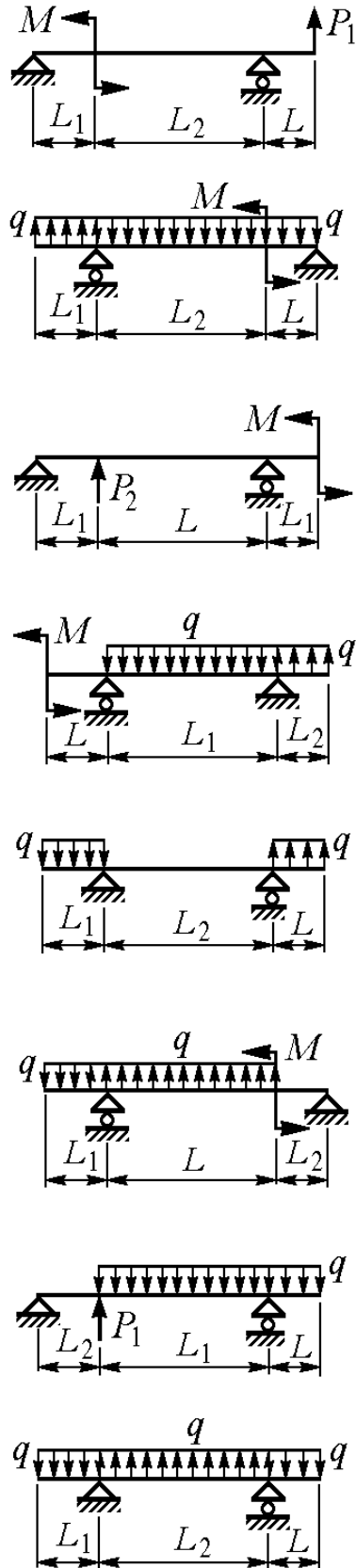
Вариант 21



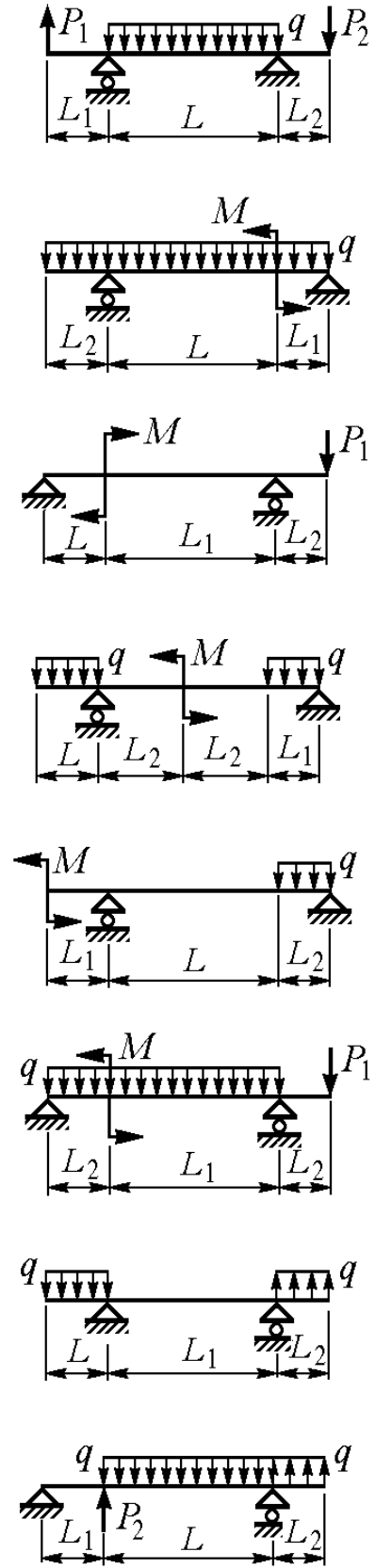
Вариант 22



Вариант 23



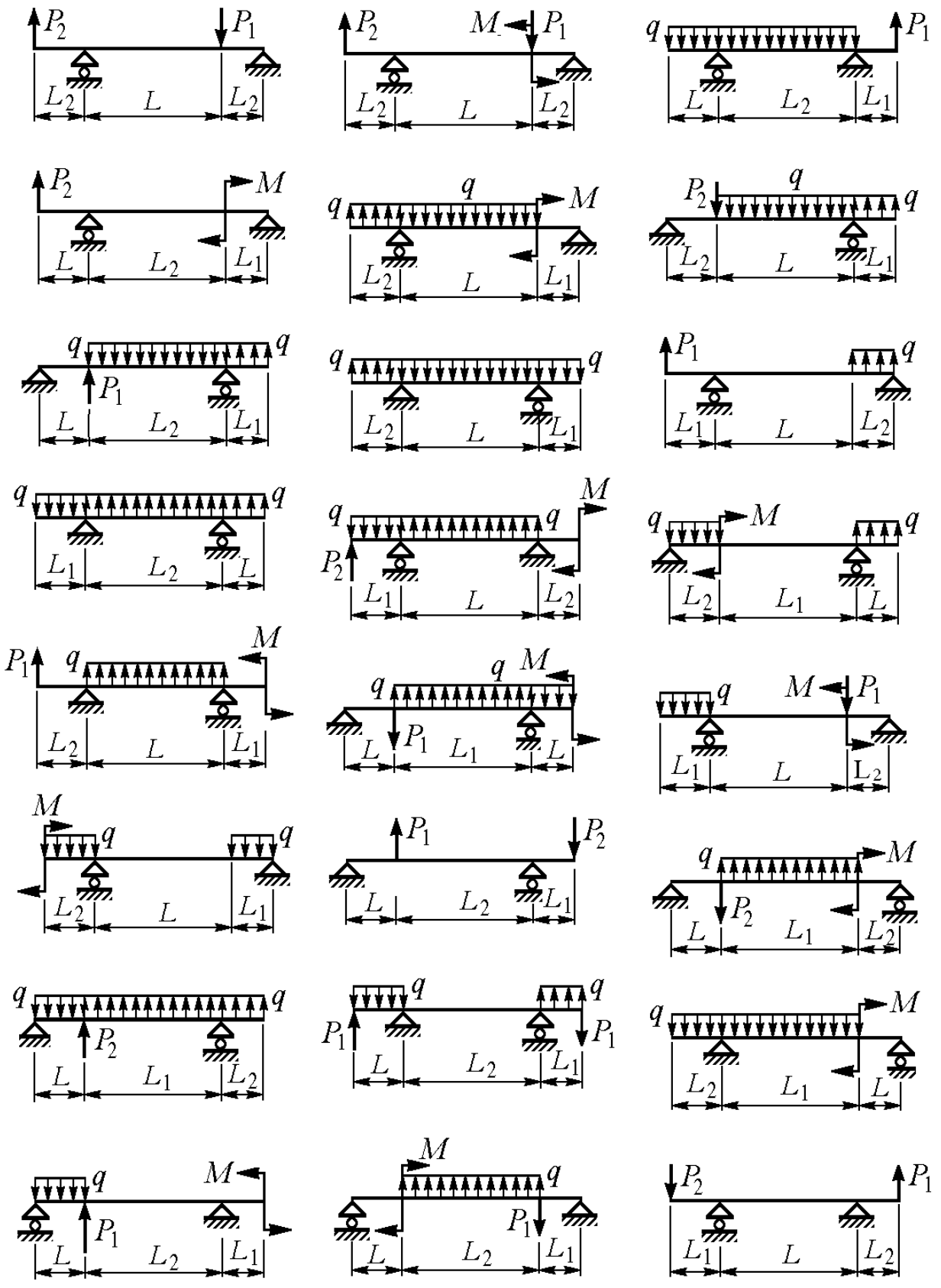
Вариант 24



Вариант 25

Вариант 26

Вариант 27



Вариант 28

Вариант 29

Вариант 30

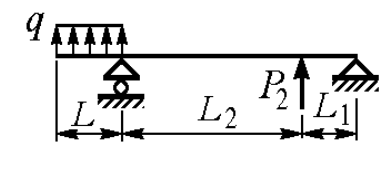
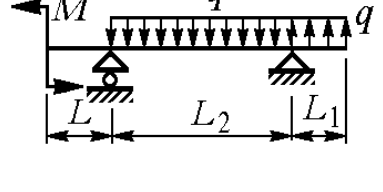
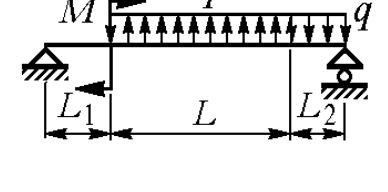
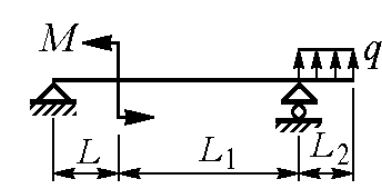
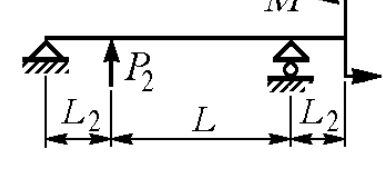
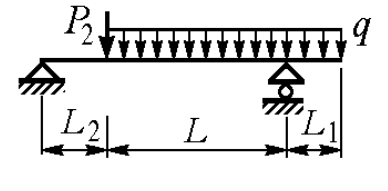
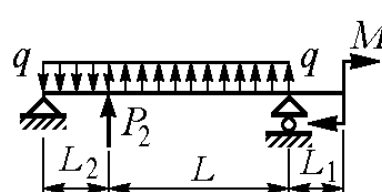
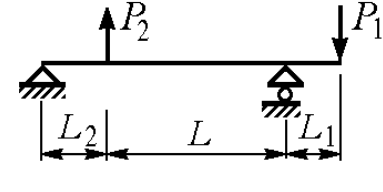
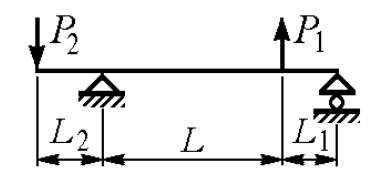
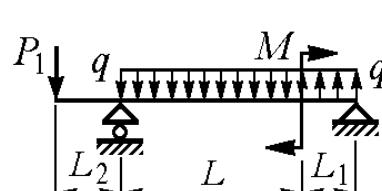
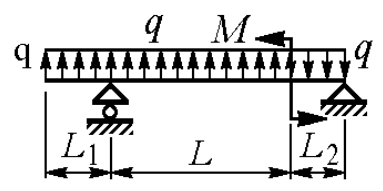
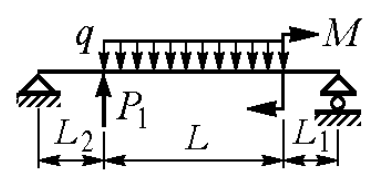
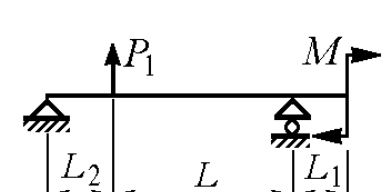
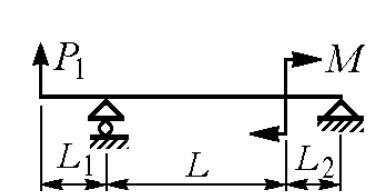
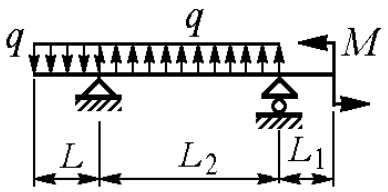
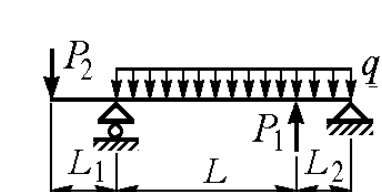
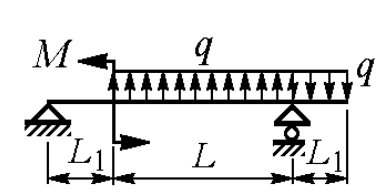
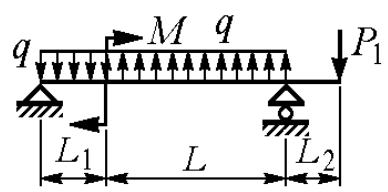
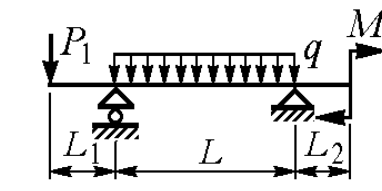
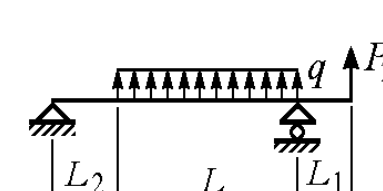
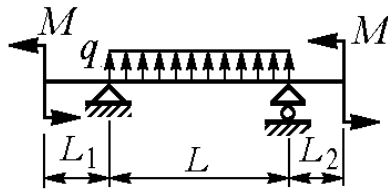
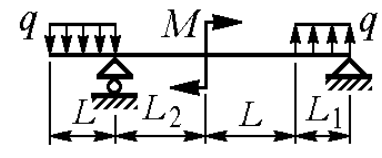
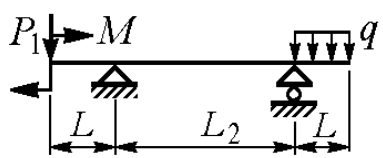
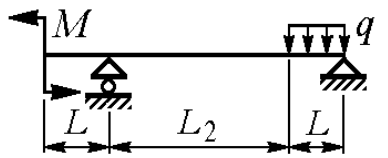


Таблица Б.1

Исходные данные к задаче № 2 (консольно закреплённые балки)

Номер строки	L , м	L_1/L	P_1 , кН	P_2 , кН	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	M_1 , кН·м	M_2 , кН·м
1	1,0	0,5	4,0	2,5	8	3,5	2,5	6,5
2	1,5	1,4	7,5	2,0	2	1,5	9,0	5,0
3	2,0	0,8	2,0	3,5	3	2,5	8,5	4,5
4	2,5	0,6	2,5	5,0	4	6	5,0	3,0
5	3,0	0,5	3,0	5,5	8,5	2	5,5	2,5
6	1,0	1,3	3,5	3,5	2,5	1,5	3,5	10,0
7	1,5	0,8	4,0	3,0	3,5	4,5	3,0	5,5
8	2,0	0,5	4,5	1,5	2	5,5	6,5	3,5
9	2,5	0,6	5,0	1,0	7	2,5	10,0	4,0
0	3,0	0,4	5,5	2,5	5	3	2,5	4,5

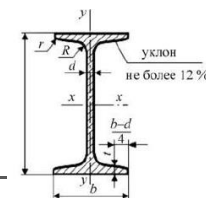
Таблица Б.2

Исходные данные к задаче № 2 (свободно-опёртые балки)

Номер строки	L , м	L_1/L	L_2/L	P_1 , кН	P_2 , кН	q , кН/м	M , кН·м	T , кН·м
1	2,0	0,8	1,3	1,0	1,5	1	2,5	0,5
2	1,5	1,4	2,4	1,5	3,0	2	2,0	1,0
3	2,0	0,5	1,5	2,0	2,5	3	1,5	2,5
4	4,0	1,4	0,6	2,5	4,0	1	5,0	3,0
5	3,0	2,5	0,5	3,0	2,5	2	4,5	3,5
6	1,0	1,5	1,0	3,5	2,5	3	2,5	3,5
7	6,0	0,4	1,4	4,0	2,0	1	3,0	4,0
8	2,0	0,5	1,5	4,5	1,5	2	1,5	2,0

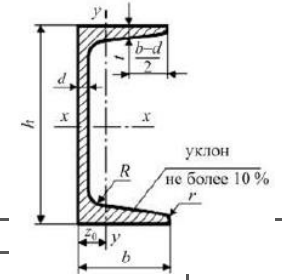
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Сталь горячекатаная. Балки двутавровые ГОСТ 8239-89 (рис. В.1)



Номер балки	h, мм	b, мм	d, мм	t, мм	Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей						
							x-x				y-y		
							I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см
10	100	55	4,5	7,2	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	7,8	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
18a	180	100	5,1	8,3	25,4	19,90	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,80	2,12
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07
20a	200	110	5,2	8,6	28,9	22,70	2030	203,0	8,37	114,0	155,0	28,20	2,32
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
22a	220	120	5,4	8,9	32,8	25,80	2790	254,0	9,22	143,0	206,0	34,30	2,50
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
24a	240	125	5,6	9,8	37,5	29,40	3800	317,0	10,10	178,0	260,0	41,60	2,63
27	270	125	6,0	9,8	40,2	31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54
27a	270	135	6,0	10,2	43,2	33,90	5500	407,0	11,30	229,0	337,0	50,00	2,80
30	300	135	6,5	10,2	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69
30a	300	145	6,5	10,7	49,9	39,20	7780	518,0	12,50	292,0	436,0	60,10	2,95
33	330	140	7,0	11,2	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
36	360	145	7,5	12,3	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,98
40	400	155	8,3	13,0	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
45	450	160	9,0	14,2	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09
50	500	170	10,0	15,2	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23
55	550	180	11,0	16,5	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
60	600	190	12,0	17,8	138,0	108,00	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54
65	650	200	12,0	19,2	153,0	120,00	101400	3120,0	25,8	1800,0	2170,0	217,00	3,77
70	700	210	13,0	20,8	176,0	138,00	134600	3840,0	27,7	2230,0	2730,0	260,00	3,94
70a	700	210	15,0	24,0	202,0	158,00	152700	4360,0	27,5	2550,0	3240,0	309,00	4,01
70б	700	210	17,5	28,2	234,0	184,00	175370	5010,0	27,4	2940,0	3910,0	373,00	4,09

Сталь горячекатаная. Швеллеры ГОСТ 824097



Номер балки	h, мм	b, мм	d, мм	t, мм	Площадь сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей								
							x - x				y - y				z ₀ , см
							I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	S _x , см ³	I _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см		
5	50	32	4,4	7,0	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,59	5,61	2,75	0,954	1,16	
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	5,90	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,080	1,24	
8	80	40	4,5	7,4	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	13,30	12,80	4,75	1,190	1,31	
10	100	46	4,5	7,6	10,90	8,59	174,0	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44	
12	120	52	4,8	7,8	13,30	10,40	304,0	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54	
14	140	58	4,9	8,1	15,60	12,30	491,0	70,2	5,60	40,8	45,4	11,00	1,70	1,67	
14a	140	62	4,9	8,7	17,00	13,30	545,0	77,8	5,66	45,1	57,5	13,30	1,84	1,87	
16	160	64	5,0	8,4	18,10	14,20	747,0	93,4	6,42	54,10	63,3	13,80	1,87	1,80	
16a	160	68	5,0	9,0	19,50	15,30	823,0	103,0	6,49	59,4	78,8	16,40	2,01	2,00	
18	180	70	5,1	9,7	20,70	16,30	1090,0	121,0	7,24	69,8	86,0	17,00	2,04	1,94	
18a	180	74	5,1	9,3	22,20	17,40	1190,0	132,0	7,32	76,1	105,0	20,00	2,18	2,13	
20	200	76	5,2	9,0	23,40	18,40	1520,0	152,0	8,07	87,80	113,0	20,50	2,20	2,07	
20a	200	80	5,2	9,7	25,20	19,80	1670,0	167,0	8,15	95,9	139,0	24,20	2,35	2,28	
22	220	82	5,4	9,5	26,70	21,00	2110,0	192,0	8,89	110,0	151,0	25,10	2,37	2,21	
22a	220	87	5,4	10,2	28,80	22,60	2330,0	212,0	8,99	121,0	187,0	30,00	2,55	2,46	
24	240	90	5,6	10,0	30,60	24,00	2900,0	242,0	9,73	139,0	208,0	31,60	2,60	2,42	
24a	240	95	5,6	10,7	32,90	25,80	3180,0	265,0	9,84	151,0	254,0	37,20	2,79	2,67	
27	270	95	6,0	10,5	35,20	27,70	4160,0	308,0	10,90	178,0	262,0	37,30	2,73	2,47	
30	300	100	6,5	11,0	40,50	31,80	5810,0	387,0	12,00	224,0	327,0	43,60	2,84	2,52	
33	330	105	7,0	11,7	46,50	36,50	7980,0	484,0	13,10	281,0	410,0	51,80	2,97	2,59	
36	360	110	7,5	12,6	53,40	41,90	10820,0	601,0	14,20	350,0	513,0	61,70	3,10	2,68	
40	400	115	8,0	13,5	61,50	48,30	15220,0	761,0	15,70	444,0	642,0	73,40	3,23	2,75	

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1.Задание и исходные данные для выполнения курсового проекта.....	4
2.Требования к содержанию и оформлению курсового проекта.....	5
3.Методические указания по выполнению курсового проекта.....	6
3.1. Расчеты плоских стержневых систем на прочность при осевом растяжении-сжатии	6
3.2. Построение эпюр внутренних силовых факторов в балках при плоском изгибе с различными видами закрепления	7
Библиографический список	10
Приложения	11

Учебное издание

Клейдман Ольга Владимировна

МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие

Кафедра энергетического машиностроения КГЭУ

Редактор С. Н. Чемоданова
Компьютерная верстка И. В. Красновой

Подписано в печать 14.12.2023.
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л.
0,37. Заказ 371/эл.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51