

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»

Кафедра «Строительная механика»

Е.А. Балакирева, А.С. Груздев, В.С. Надеждин

Сборник практических заданий
по курсу
«Сопротивление материалов»
для студентов очной формы обучения
Часть 1

МОСКВА
МАДИ
2021

Составители:

Е.А. Балакирева, А.С. Груздев, В.С. Надеждин

В сборнике представлены задания для самостоятельного выполнения студентами с целью успешного усвоения курса «Сопротивление материалов». Представлен справочный материал, необходимый для решения приведенных задач.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», 23.05.02 «Транспортные средства специального назначения», а также может быть использовано обучающимися родственных направлений подготовки.

© МАДИ,

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	5
1.РАСЧЕТ БРУСА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ.....	7
2.РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОГО БРУСА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ.....	12
3.РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ.....	15
4.РАСЧЕТ БРУСА ПРИ КРУЧЕНИИ.....	23
5.РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОГО БРУСА ПРИ КРУЧЕНИИ.....	29
6.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКОГО СЕЧЕНИЯ	32
7.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТАВНОГО ПЛОСКОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ.....	36
8.РАСЧЕТ КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ.....	40
9.РАСЧЕТ ДВУХОПОРНОЙ БАЛКИ.....	44
10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В БАЛКЕ И РАСЧЁТ ТРОСА	48
11. РАСЧЕТ ПЛОСКОЙ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ РАМЫ.....	51
12. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ТОЧКЕ ТЕЛА.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	57
Приложение А Геометрические характеристики простейших фигур.....	58
Приложение Б. Ряды нормальных линейных размеров.....	60
Приложение В ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент.....	62
Приложение Г ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент.....	64
Приложение Д ГОСТ Р 57837-2017. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Технические условия.....	66

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Во всех задачах, если не указано иное, принимается:

- деформации предполагаются линейно-упругими;
- сопротивление материалов при растяжении и сжатии считается одинаковым;
- собственный вес конструкции не учитывается;
- концентрация напряжений в сечениях не учитывается;
- при расчете на прочность использовать метод предельных состояний, если в условии задачи не указано иное.

При решении задач необходимо пользоваться Международной системой единиц (СИ). В частности, единица измерения силы – $1 \text{ [кН]} = 10^3 \text{ [Н]}$, единица измерения напряжений – $1 \text{ [МПа]} = 10^6 \text{ [Па]}$ и т.д.

Номер расчетной схемы для каждой задачи, если не указано иное, берется согласно порядковому номеру обучающегося в списке группы.

Исходные данные для решения каждой задачи, если не указано иное, студент должен взять из таблиц в соответствии со своим личным номером варианта (шифром) – четырехзначным числом и первыми четырьмя буквами русского алфавита. Четырехзначный шифр студент берет в соответствии с номером своей зачетной книжки – четыре цифры, начиная с последней цифры, например:

номер зачетной книжки 6 1 0 9 6 3

четырёхзначный вариант 3 6 9 0

Четыре буквы русского алфавита следует расположить под номером варианта, например:

вариант	3	6	9	0
буквы	А	Б	В	Г

Из каждого вертикального столбца любой таблицы, обозначенного внизу определенной буквой, надо взять только одно число, стоящее в той горизонтальной строке, номер которой совпадает с цифрой буквы.

Расчетно-графическая работа состоит из титульного листа, листа с исходными данными, расчетной части и графической части.

На титульном листе работы должны быть отображены: название ВУЗа, название кафедры, название дисциплины, номер расчетно-графической работы и ее название, Ф.И.О. студента, учебная группа,

вариант, Ф.И.О. преподавателя.

Перед решением каждой задачи расчетно-графической работы необходимо привести полностью ее условие с числовыми данными, составить аккуратный эскиз в масштабе и указать на нем все величины, необходимые для расчета.

Расчетная часть работы должна быть выполнена на листах формата А4 (210297 мм), сшитых между собой в виде книги.

Графическую часть работы следует выполнять карандашом с соблюдением правил черчения отдельно от расчетной части. Все расчетные схемы вычерчиваются в масштабе с указанием числовых значений размеров и силовых факторов, полученных в соответствии с исходными данными.

Решение должно сопровождаться краткими объяснениями и четкими схемами, на которых должны быть показаны все необходимые числовые величины.

При использовании формул необходимо: написать формулу в буквенном выражении, подставить числовые значения в системе СИ и привести окончательный результат с обязательным указанием размерности. Вычисления должны соответствовать необходимой точности.

1. РАСЧЕТ БРУСА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ

Для ступенчатого прямолинейного бруса, изображенного на рис. 1, требуется:

- 1) определить продольные силы N по участкам стержня и построить эпюру;
- 2) построить эпюру нормальных напряжений σ ;
- 3) построить эпюру продольных перемещений поперечных сечений w ;
- 4) определить работу внешних сил и внутреннюю потенциальную энергию деформации;
- 5) из условия прочности подобрать параметр площади поперечного сечения A .

Пункты 1-3 выполнить в общем виде, выразив искомые N , σ и w в долях q , l , E , A . Принять: длина $l_i = k_i \cdot l$, интенсивность распределенной нагрузки $q_i = a_i \cdot q$, сосредоточенная сила $P_i = b_i \cdot ql$, площадь поперечного сечения $A_i = c_i \cdot A$.

При расчетах принять: интенсивность распределенной нагрузки $q = 10$ кН/м, длина $l = 1$ м, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, расчетное сопротивление $R = 300$ МПа, коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,8$.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 1.

Таблица 1. Исходные данные

Номер строки	k_1	k_2	k_3	a_1	a_2	b_1	b_2	c_1	c_2	Коэффициент условий работы
0	1	2	3	1,0	0	1,5	3,0	1,5	1,0	0,8
1	1,5	2,25	3,25	0	1,2	2,0	3,2	1,6	1,2	0,82
2	2	2,5	3,5	1,4	0	2,5	3,4	1,7	1,3	0,84
3	2,5	2,75	3,75	0	1,6	3,0	3,6	1,8	1,4	0,86
4	3	3	4	1,8	0	3,5	3,8	1,9	1,5	0,88
5	3,5	3,25	4,25	0	2,0	4,0	4,0	2,0	1,	0,9

									6	
6	4	3,5	4,5	2,2	0	4,5	4,2	2,1	1,7	0,92
7	4,5	3,75	4,75	0	2,4	5,0	4,4	2,2	1,8	0,94
8	5	4	5	2,6	0	5,5	4,6	2,3	1,9	0,96
9	5,5	4,25	5,25	0	2,8	6,0	4,8	2,4	2,0	0,98
	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г	А

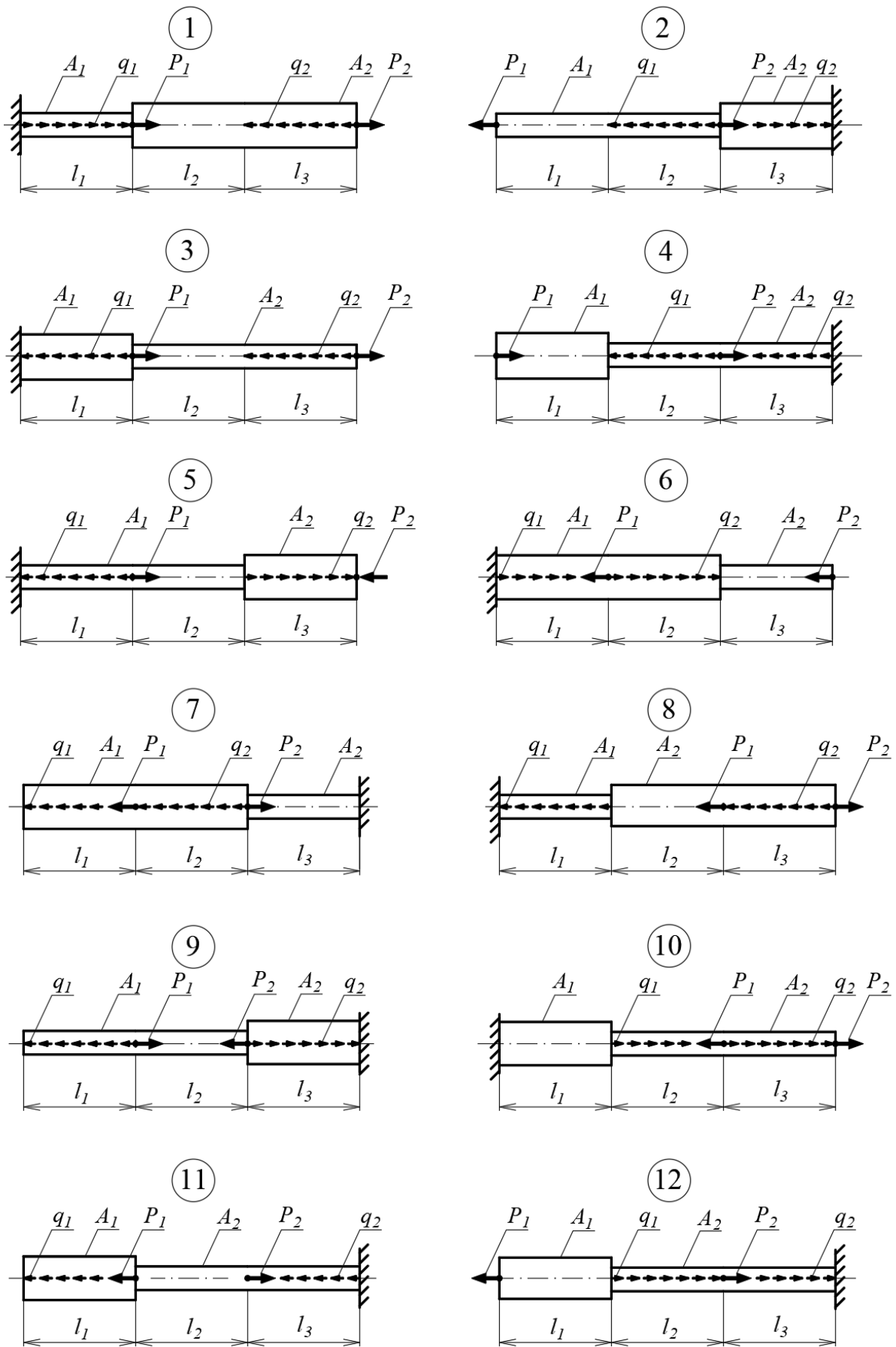


Рис. 1

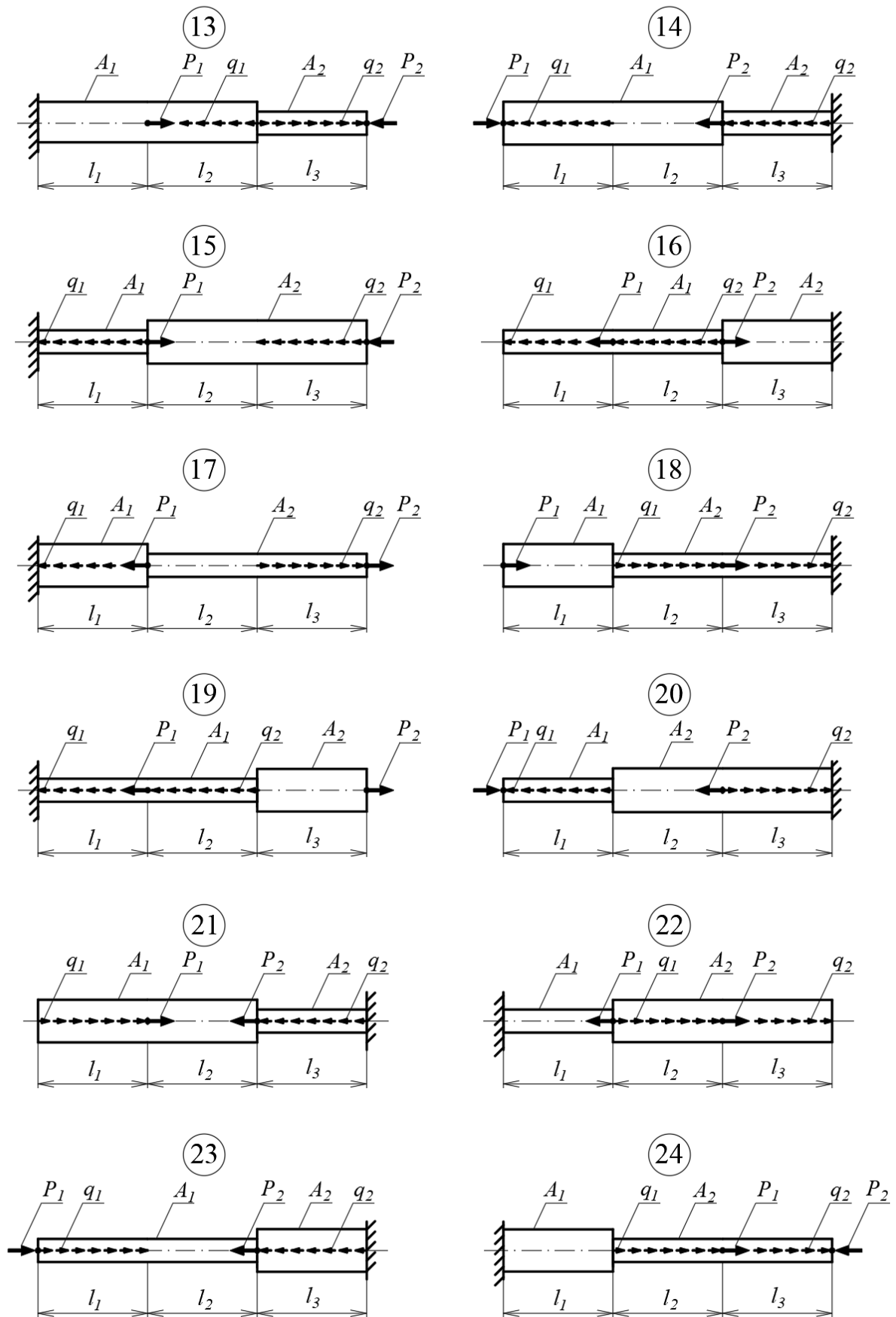


Рис. 1 (продолжение)

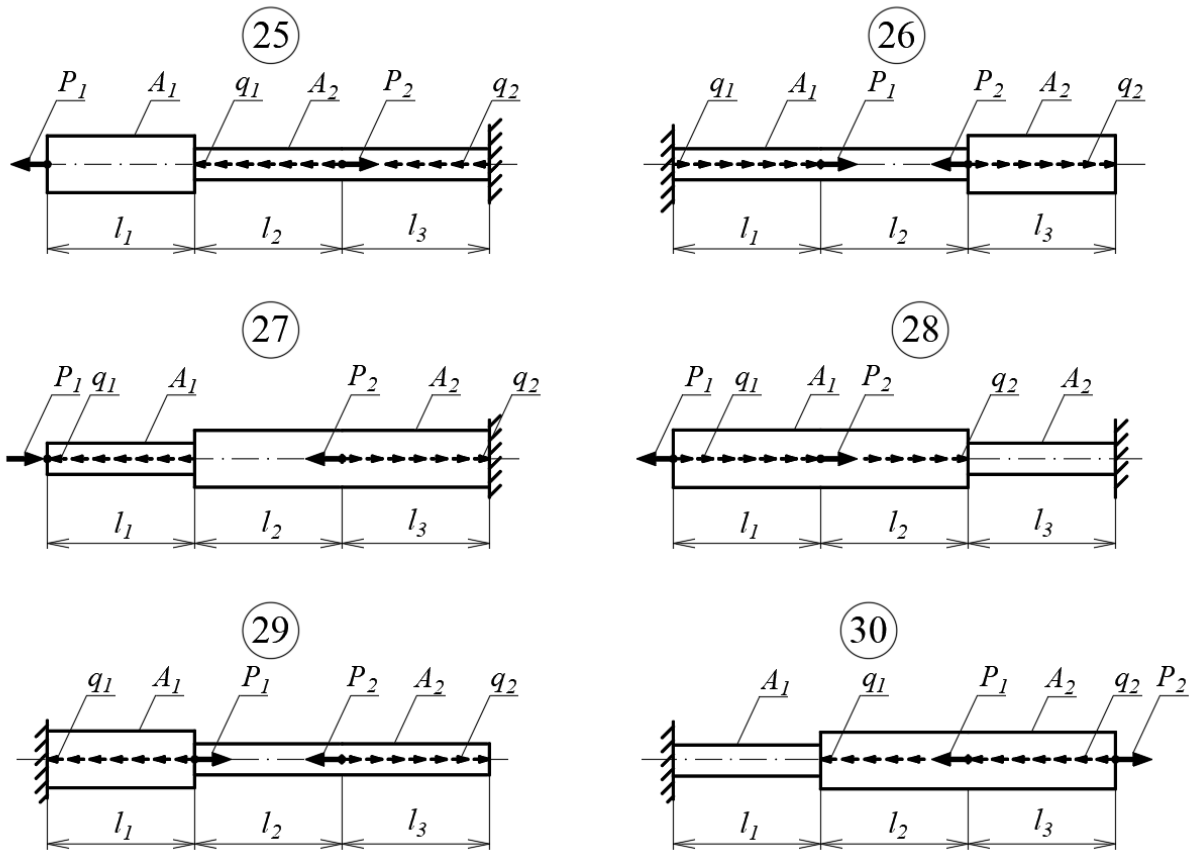


Рис. 1 (продолжение)

2. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОГО БРУСА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ

Для ступенчатого прямолинейного бруса, изображенного на рис. 2, требуется:

- 1) определить продольные силы N по участкам стержня и построить эпюру;
- 2) построить эпюру нормальных напряжений σ ;
- 3) построить эпюру продольных перемещений поперечных сечений w ;
- 4) определить запас прочности.

Принять: модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, расчетное сопротивление $R = 300$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 2.

Таблица 2. Исходные данные

Номер строки	Длина, м			P_1 , кН	P_2 , кН	A_1 , см ²	A_2 , см ²	q , кН/м
	l_1	l_2	l_3					
0	1	2	3	20	100	5	12	10
1	1,5	2,25	3,25	30	50	10	14	15
2	2	2,5	3,5	10	20	15	16	20
3	2,5	2,75	3,75	40	10	20	18	25
4	3	3	4	50	30	25	22	30
5	3,5	3,25	4,25	60	40	30	24	35
6	4	3,5	4,5	80	30	35	26	40
7	4,5	3,75	4,75	70	80	40	28	45
8	5	4	5	90	90	45	32	50
9	5,5	4,25	5,25	100	70	50	34	55
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г

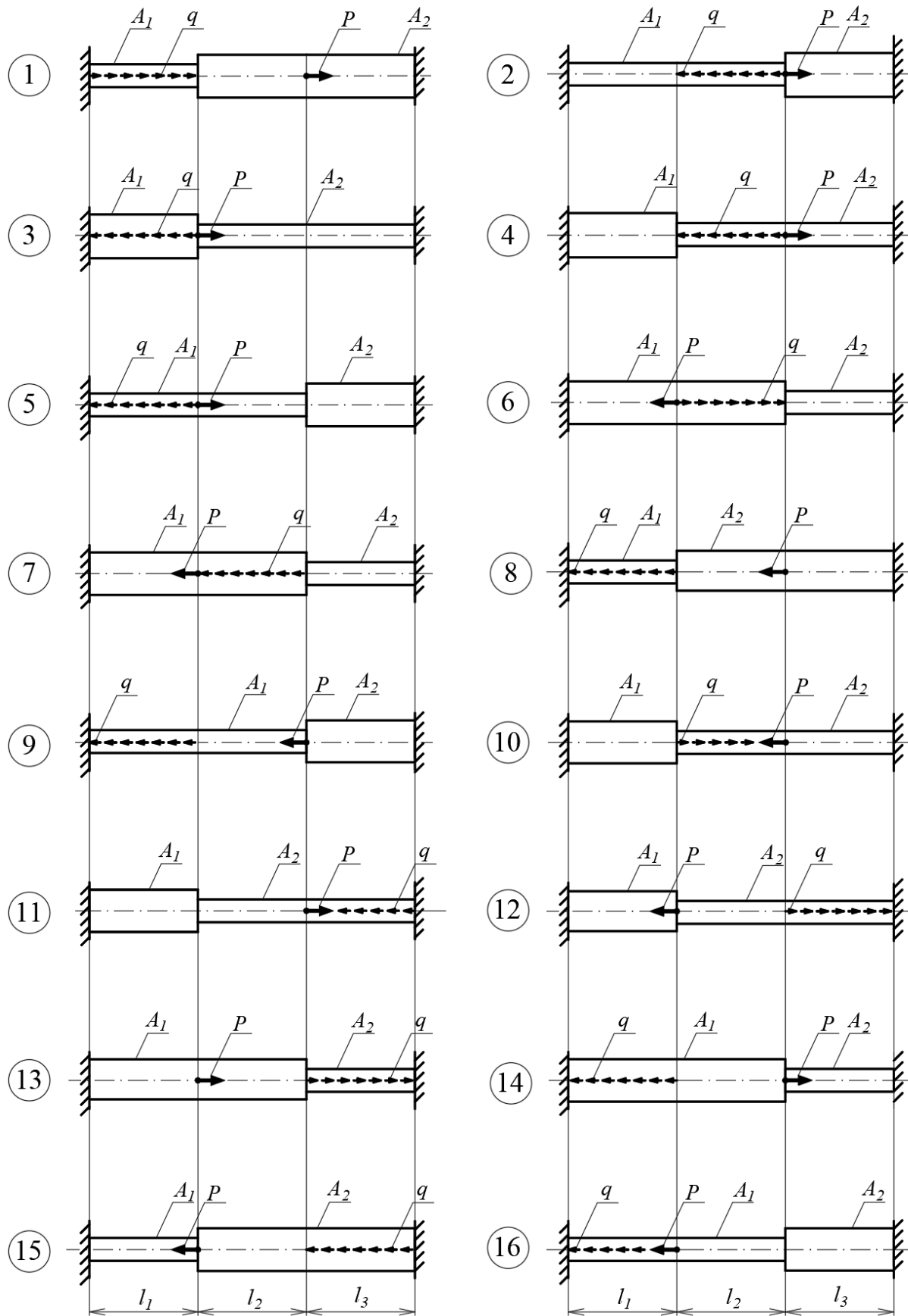


Рис. 2

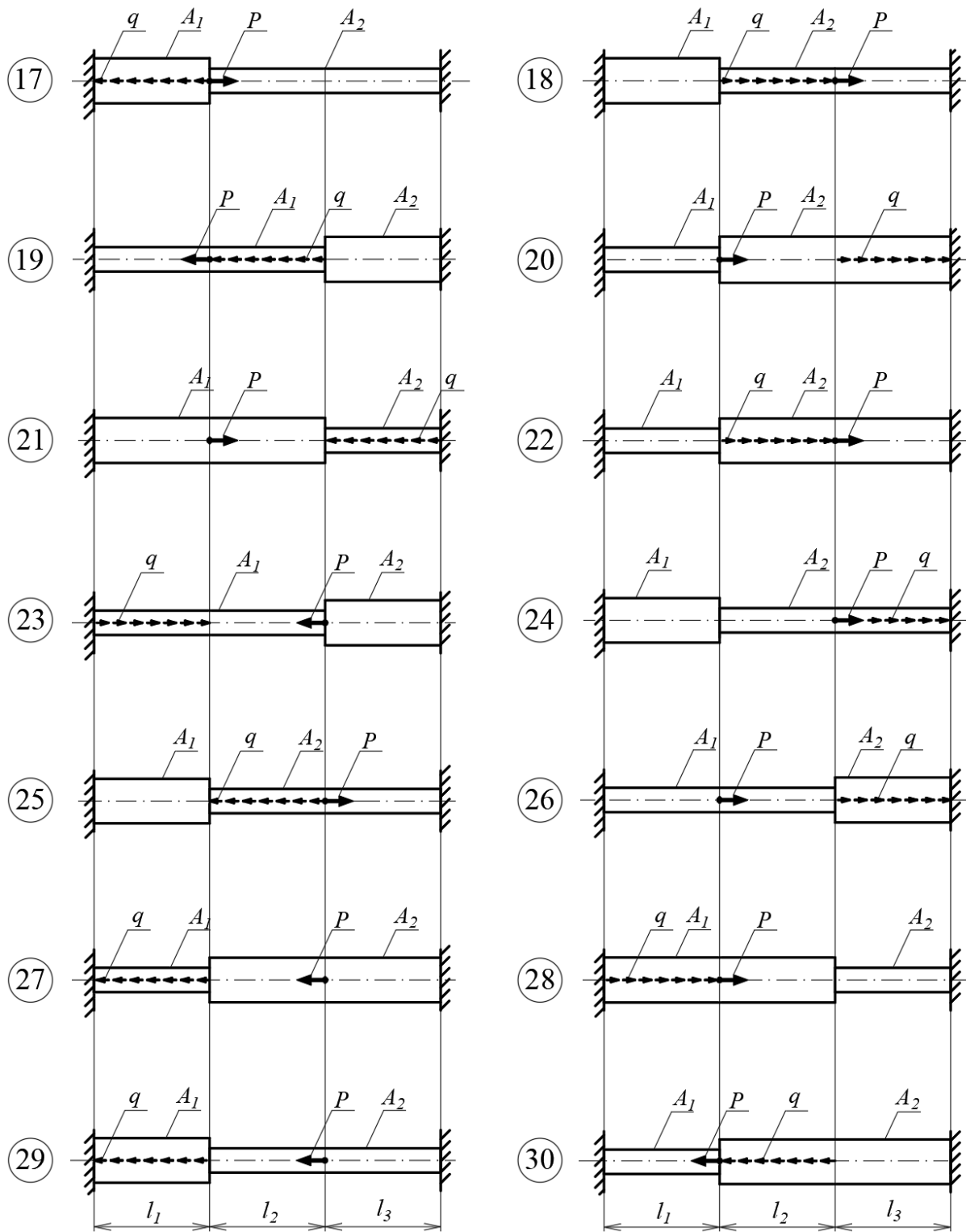


Рис. 2 (продолжение)

3. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ

СХЕМА 1.

Стержневая система, изображенная на рис. 3.1, состоит из невесомого абсолютно жесткого бруса, связанного с двумя стержнями. Требуется:

- 1) определить продольные силы в стержнях;
- 2) определить нормальные напряжения в стержнях;
- 3) используя условие прочности по допускаемым напряжениям, определить минимальное значение площади поперечного сечения A стержней.

Пункт 1 и 2 выполнить в общем виде, выразив искомые величины в долях q , l , A .

Принять: длина $l_i = k_i \cdot l$, длина $l = 1$ м, сосредоточенная сила $P_i = a_i \cdot ql$, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, предел текучести материала = 300 МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 3.1.

Таблица 3. Исходные данные

Номер строки	a	q , кН/м	k_1	k_2	k_3	Коэффициент запаса по текучести n_T
0	0,5	10	1,0	2,0	1,5	1,4
1	0,6	15	1,1	2,1	1,6	1,5
2	0,7	20	1,2	2,2	1,7	1,6
3	0,8	25	1,3	2,3	1,8	1,7
4	0,9	30	1,4	2,4	1,9	1,8
5	1,0	35	1,5	2,5	2,0	1,9
6	1,1	40	1,6	2,6	2,1	2,0
7	1,2	45	1,7	2,7	2,2	2,1
8	1,3	50	1,8	2,8	2,3	2,2
9	1,4	55	1,9	2,9	2,4	2,3
	А	Б	В	Г	А	Б

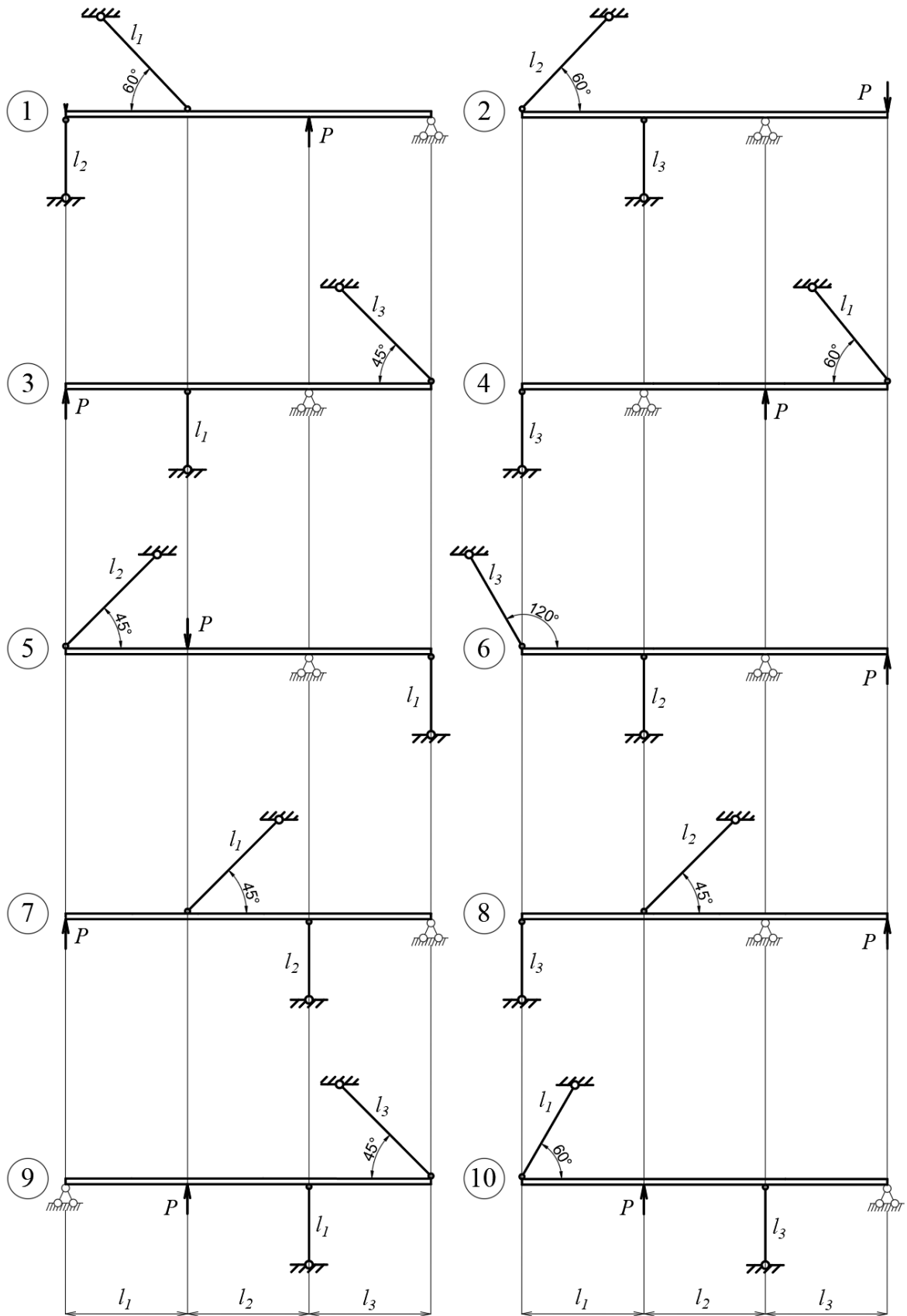


Рис. 3.1

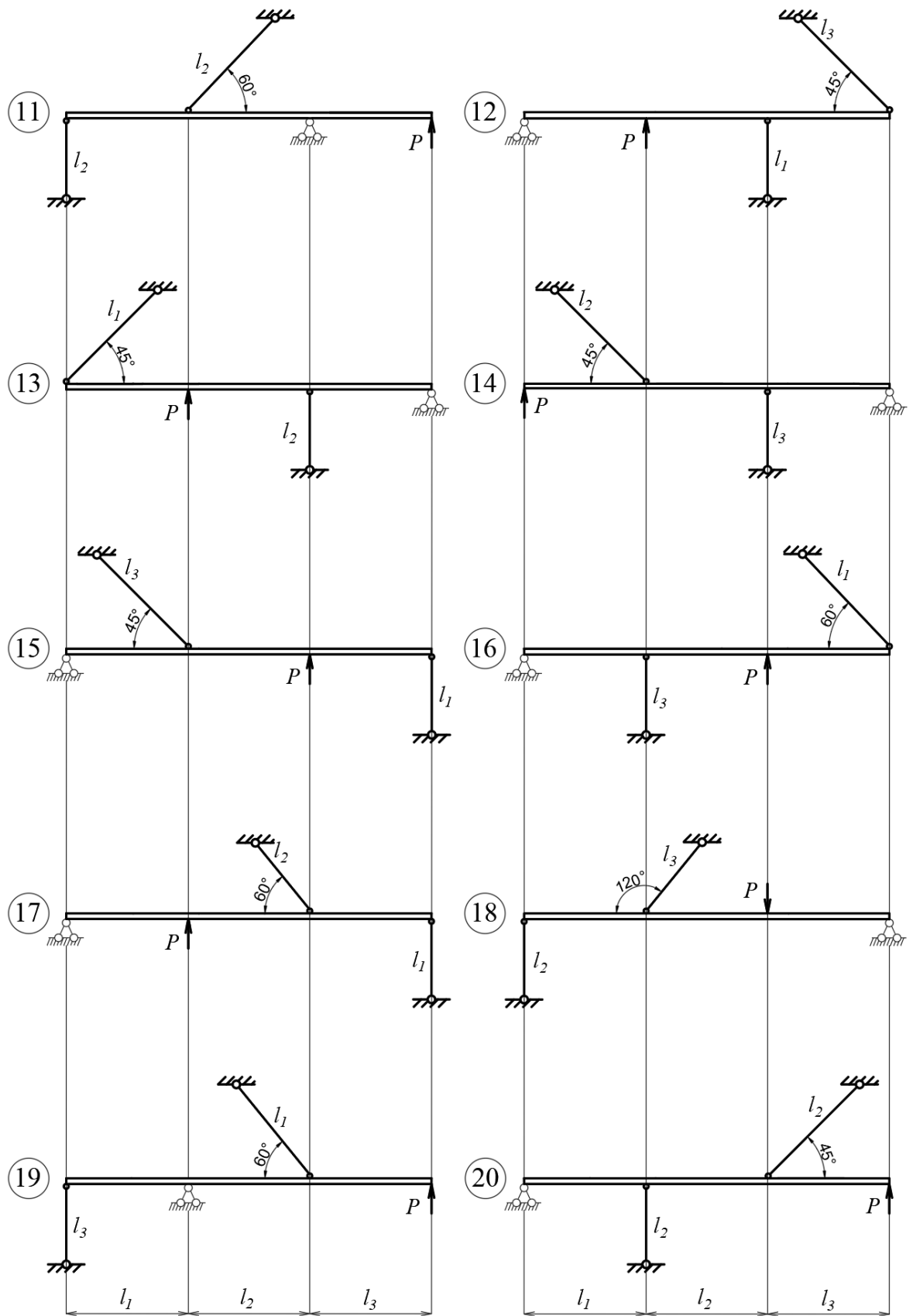


Рис. 3.1 (продолжение)

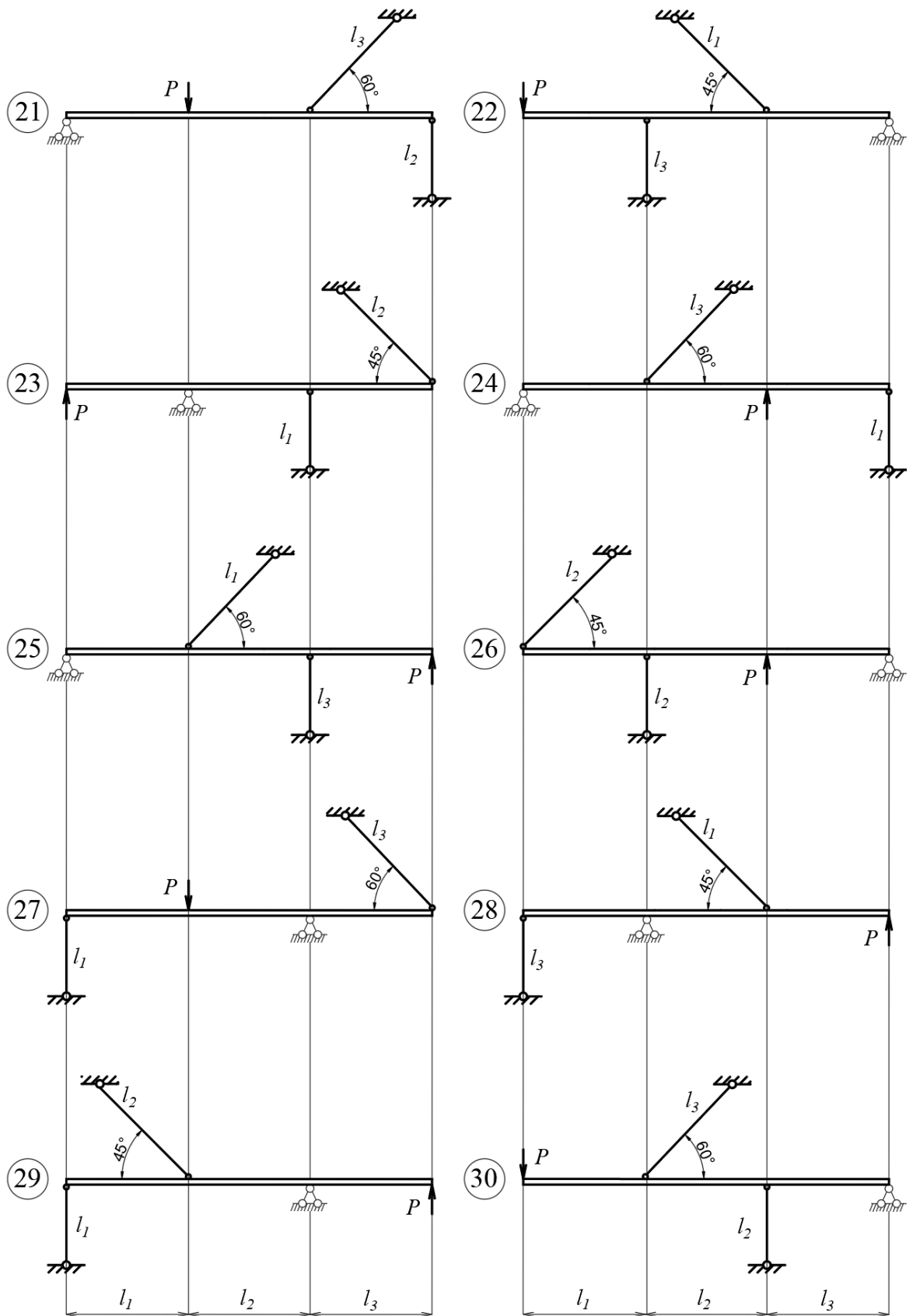


Рис. 3.1 (продолжение)

СХЕМА 2.

Для стержневой системы (рис. 3.2), состоящей из трех стержней, которые с одной стороны жестко заделаны, а с другой стороны соединены между собой абсолютно жестким диском, требуется:

- 1) определить продольные силы N по участкам для всех стержней системы;
- 2) построить эпюру нормальных напряжений σ для всех стержней;
- 3) построить эпюру продольных перемещений поперечных сечений w для всех стержней;
- 4) определить запас прочности.

Пункты 1-3 выполнить в общем виде, выразив искомые величины в долях q, l, E, A_1 .

Принять: длина $l_i = k_i \cdot l$, сосредоточенная сила $P = b \cdot ql$, площадь поперечного сечения $A_2 = c \cdot A_1, A_3 = d \cdot A_1$.

При расчете принять: интенсивность распределенной нагрузки $q = 10$ кН/м, длина $l = 1$ м, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, расчетное сопротивление $R = 300$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 3.2.

Таблица 3.2. Исходные данные

Номер строки	№ расчетной схемы	k_1	k_2	k_3	$A_1, \text{см}^2$	b	c	d
0	10	1	2	3	10	1,5	1,5	2,5
1	1	1,5	2,25	3,25	12,5	2,0	1,6	2,6
2	2	2	2,5	3,5	15	2,5	1,7	2,7
3	3	2,5	2,75	3,75	17,5	3,0	1,8	2,8
4	4	3	3	4	20	3,5	1,9	2,9
5	5	3,5	3,25	4,25	22,5	4,0	2,0	3,0
6	6	4	3,5	4,5	25	4,5	2,1	3,1
7	7	4,5	3,75	4,75	27,5	5,0	2,2	3,2
8	8	5	4	5	30	5,5	2,3	3,3
9	9	5,5	4,25	5,25	32,5	6,0	2,4	3,4
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г

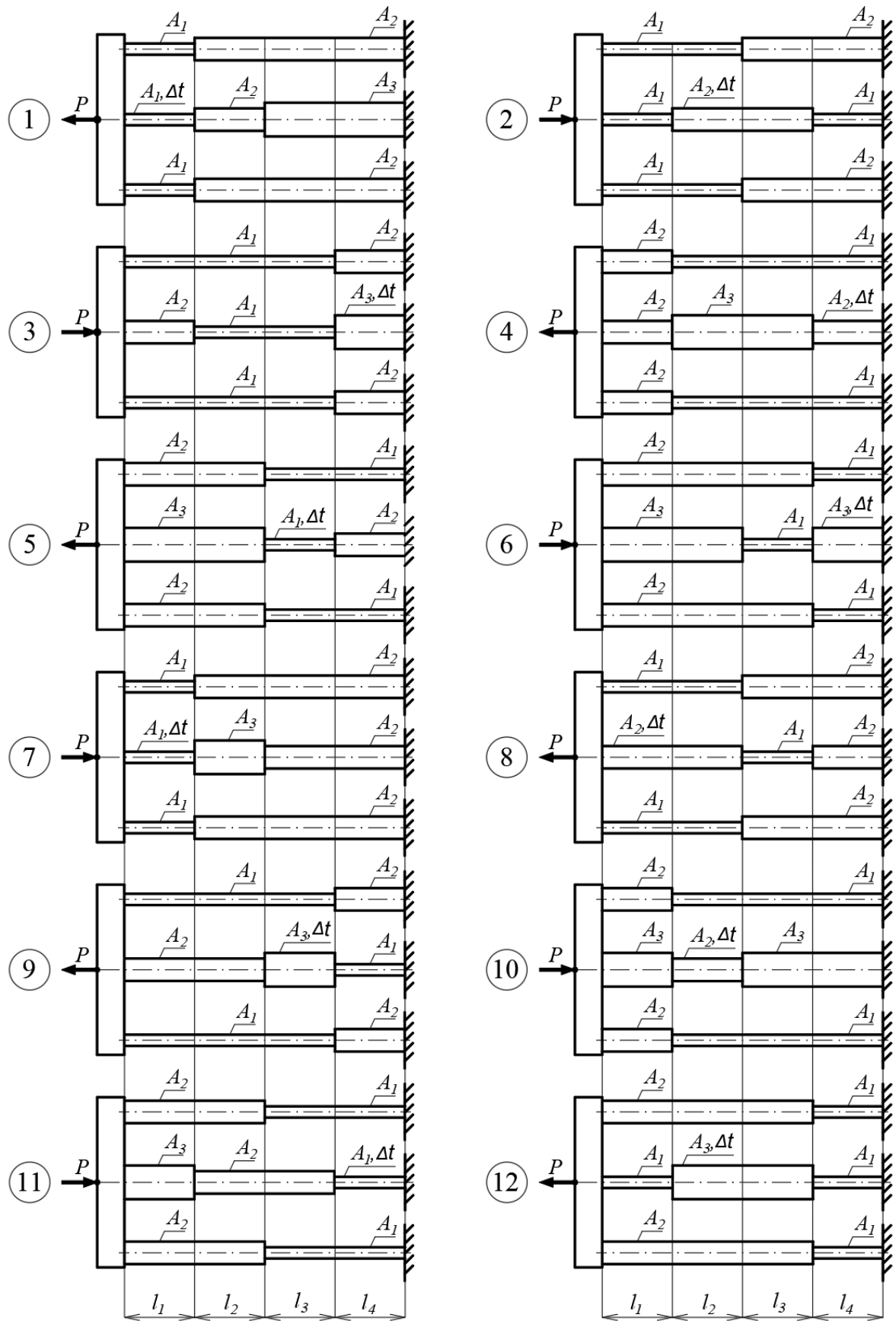


Рис. 3.2

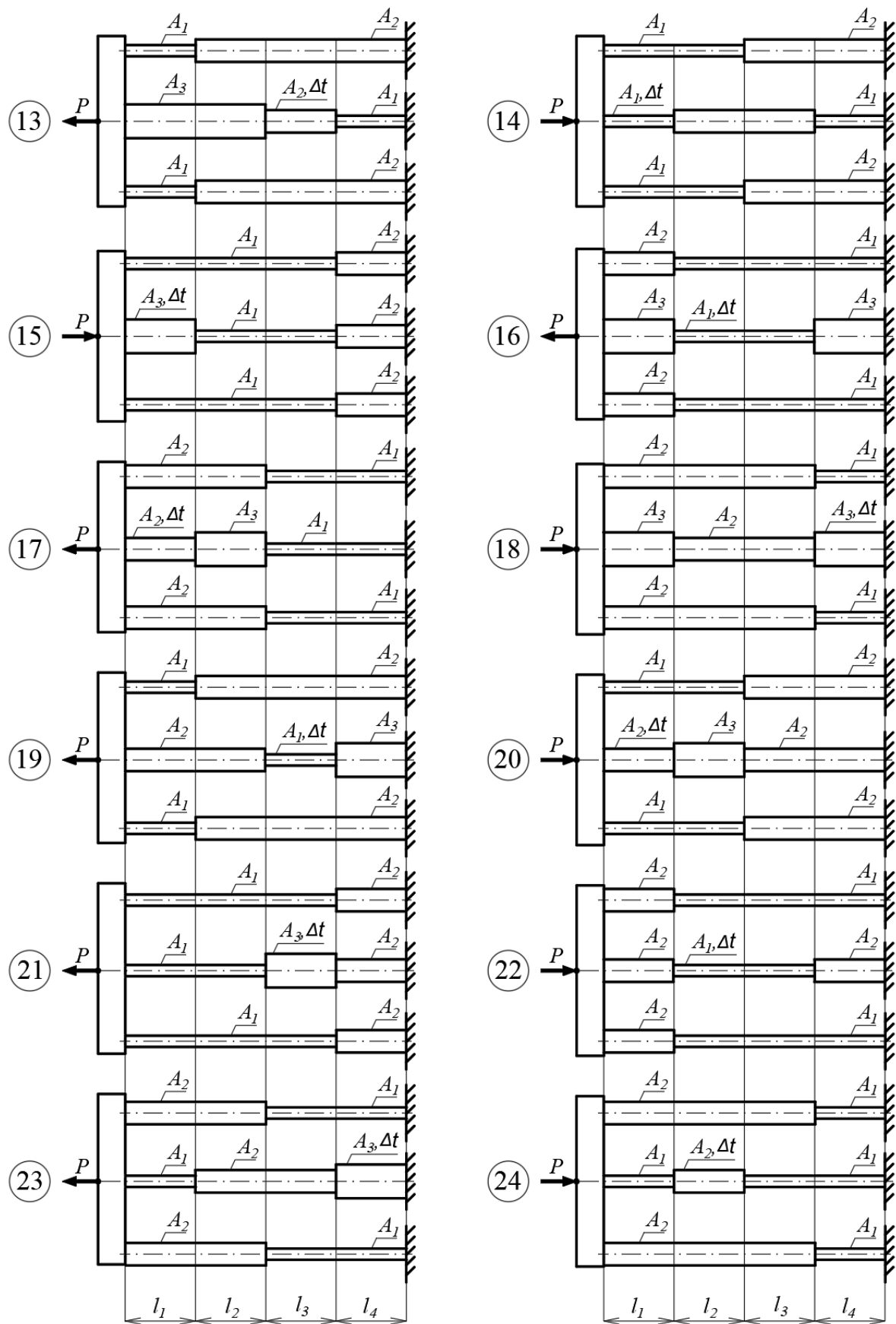


Рис. 3.2 (продолжение)

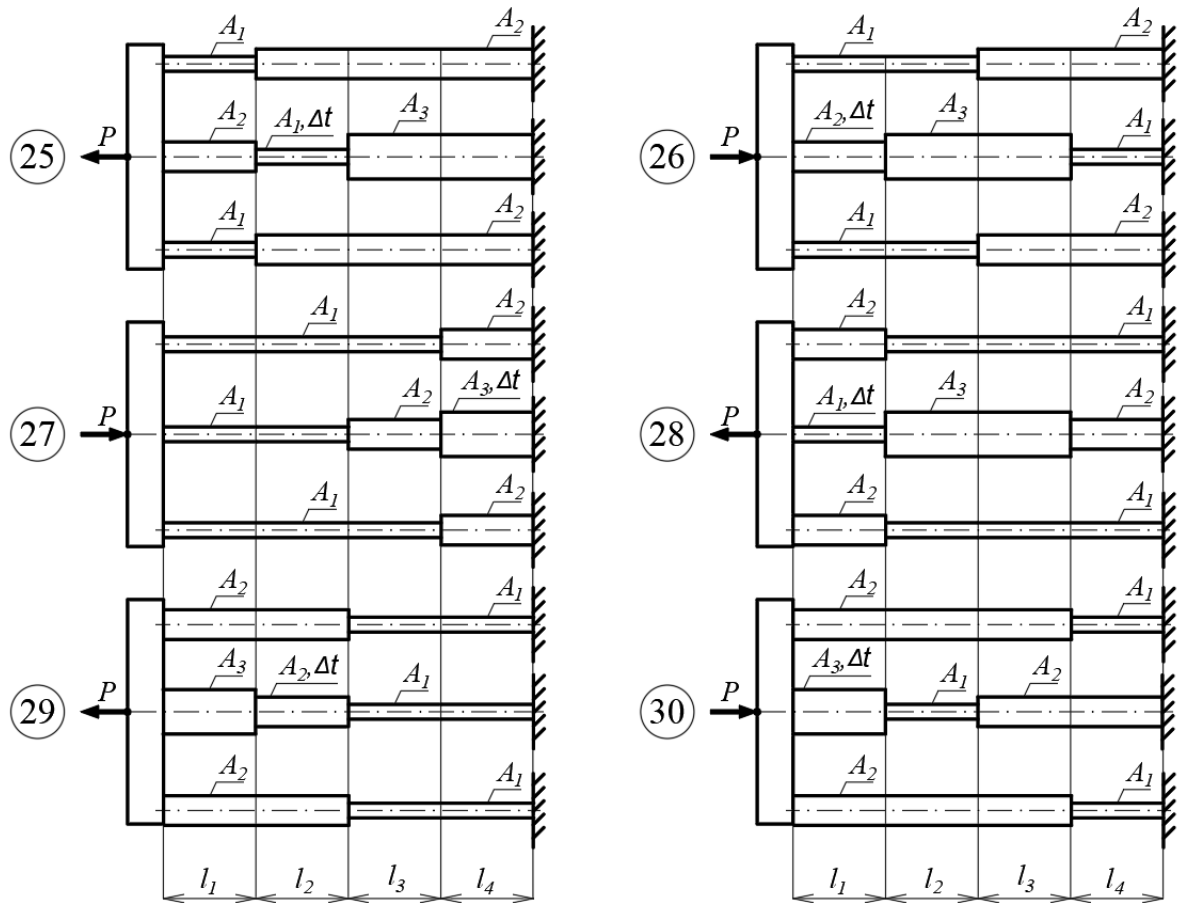


Рис. 3.2 (продолжение)

4. РАСЧЕТ БРУСА ПРИ КРУЧЕНИИ

Для ступенчатого бруса, имеющего круглые поперечные сечения, изображенного на рис. 4.3, требуется:

- 1) определить крутящие моменты $M_{кр}$ и построить эпюру;
- 2) построить эпюру относительных углов закручивания θ ;
- 3) построить эпюру взаимных углов поворота поперечных сечений φ ;
- 4) построить эпюру касательных напряжений τ_{max} ;
- 5) определить работу внешних моментов и потенциальную энергию деформации;

6) из условий прочности по допускаемым напряжениям и жесткости при кручении определить величину диаметра d поперечного сечения бруса. Принять, что участок диаметром d_1 имеет тонкостенное сечение с толщиной равной $d_1/10$ (рис. 4.1), участок диаметром d_2 имеет сплошное круглое сечение (рис. 4.2).

Пункты 1-5 выполнить в общем виде, выразив $M_{кр}$, θ , φ , τ_{max} в долях m , l , G , d . Принять: длина $l_i = k_i \cdot l$, интенсивность распределенного момента $m_i = a \cdot m$, сосредоточенный момент $M_i = b_i \cdot ml$, диаметр поперечного сечения $d_i = c_i \cdot d$.

При определении геометрических размеров принять: интенсивность распределенного момента $m = 20$ Нм/м, длина $l = 0,25$ м, модуль сдвига $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, предел текучести материала $\tau_T = 160$ МПа, допускаемый относительный угол закручивания $[\theta] = 1$ град/м. Полученный размер диаметра вала округлить в большую сторону до ближайшего значения по норморяду (приложение Б).

Исходные данные для расчета взять из таблицы 4.

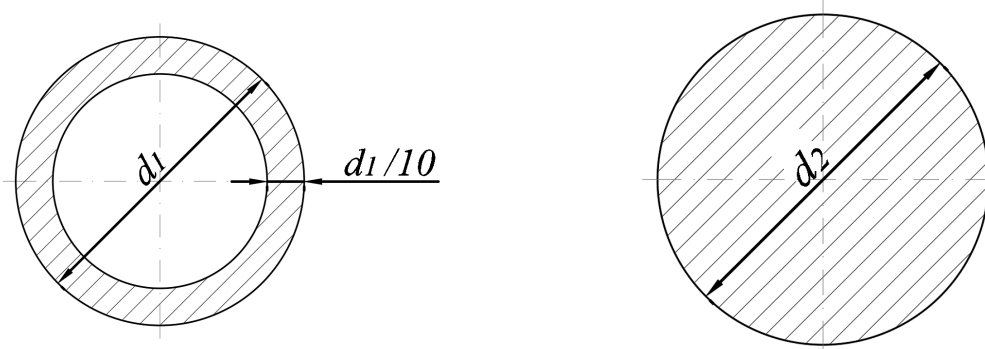


Рис. 4.1

Рис. 4.2

Таблица 4. Исходные данные

Номер строки	k_1	k_2	k_3	a	b_1	b_2	c_1	c_2	Коэффициент запаса по текучести n_T
0	1	2	3	1,0	1,5	3,0	0,80	1,50	1,4
1	1,5	2,25	3,25	0	2,0	3,2	0,85	1,55	1,5
2	2	2,5	3,5	1,4	2,5	3,4	0,90	1,60	1,6
3	2,5	2,75	3,75	0	3,0	3,6	0,95	1,65	1,7
4	3	3	4	1,8	3,5	3,8	1,00	1,70	1,8
5	3,5	3,25	4,25	0	4,0	4,0	1,05	1,75	1,9
6	4	3,5	4,5	2,2	4,5	4,2	1,10	1,80	2,0
7	4,5	3,75	4,75	0	5,0	4,4	1,15	1,85	2,1
8	5	4	5	2,6	5,5	4,6	1,20	1,90	2,2
9	5,5	4,25	5,25	0	6,0	4,8	1,25	2,00	2,5
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А

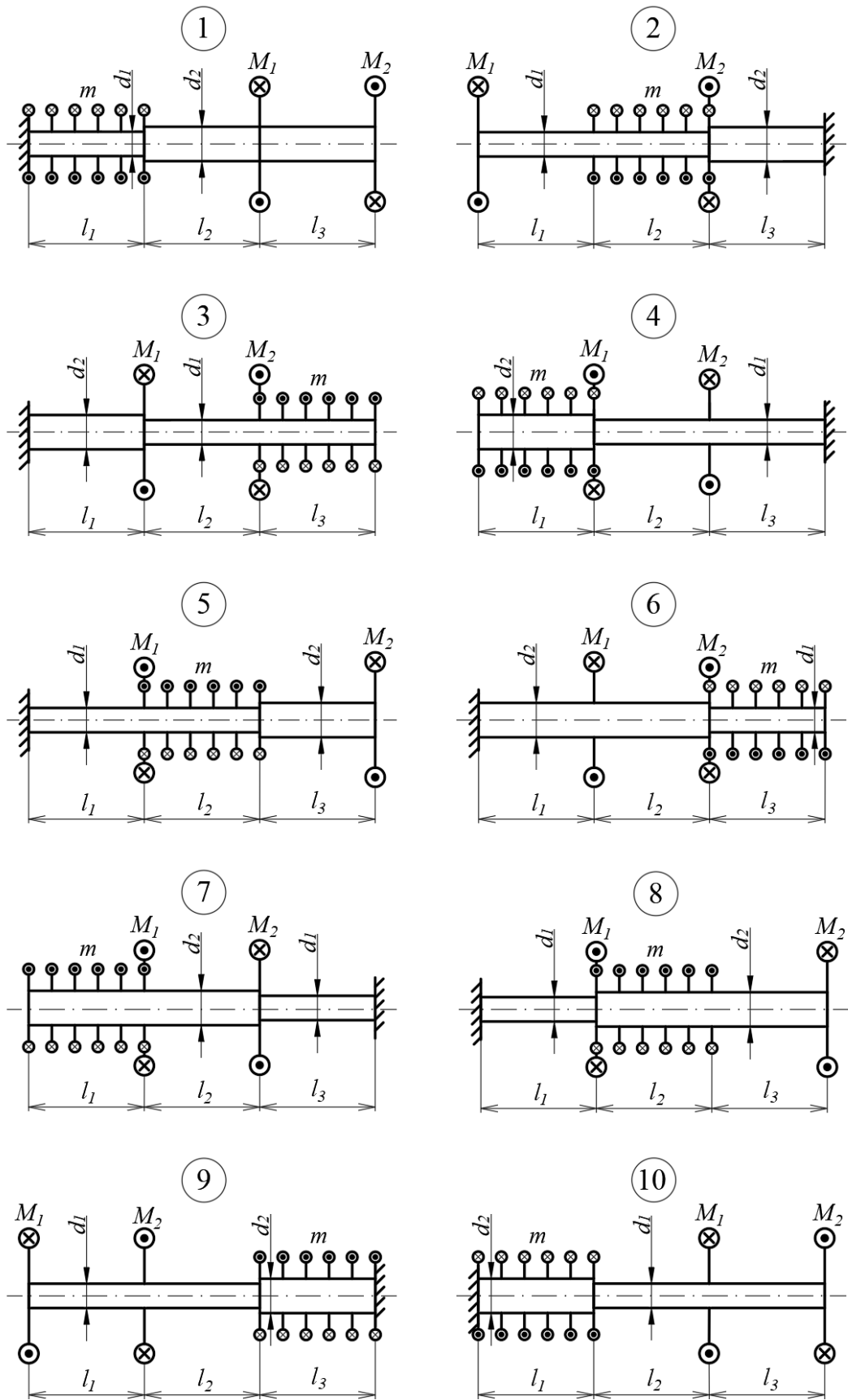


Рис. 4.1

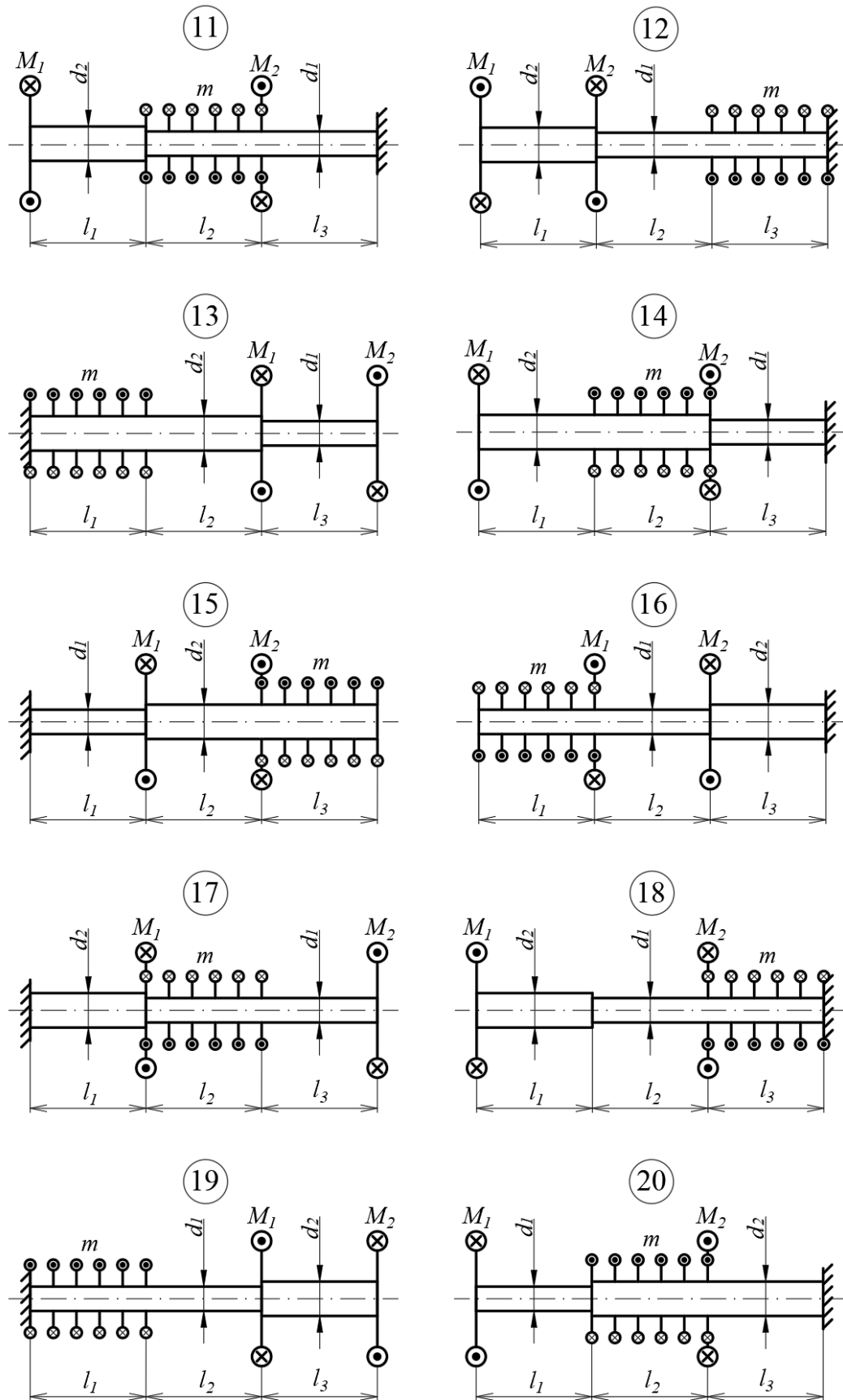


Рис. 4.1 (продолжение)

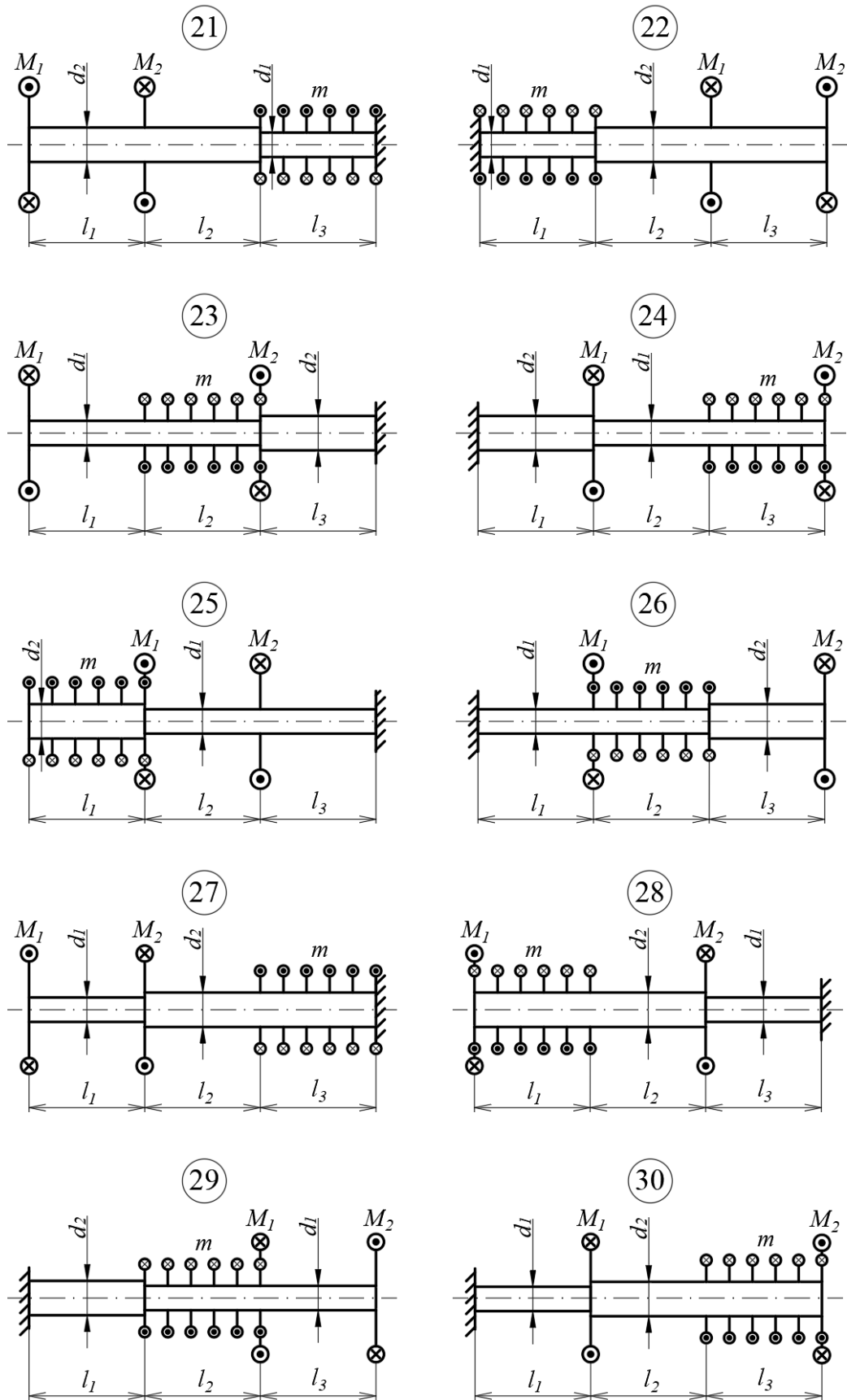


Рис. 4.1 (продолжение)

5. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОГО БРУСА ПРИ КРУЧЕНИИ

Для бруса, изображенного на рис. 5, требуется:

- 1) определить крутящие моменты $M_{кр}$ и построить эпюру;
- 2) построить эпюру относительных углов закручивания θ ;
- 3) построить эпюру углов поворота поперечных сечений φ ;
- 4) построить эпюру касательных напряжений τ_{max} ;
- 5) из условия прочности по допускаемым напряжениям и жесткости при кручении определить величину диаметра d круглого поперечного сечения бруса.

Пункты 1-3 выполнить в общем виде, выразив $M_{кр}$, θ , τ_{max} в долях m , l , G , d . Принять: длина $l_i = k_i \cdot l$, сосредоточенный момент $M_i = b_i \cdot ml$, диаметр круглого поперечного сечения $d_i = c_i \cdot d$.

При определении геометрических размеров принять: интенсивность распределенного момента $m = 20$ Н, длина $l = 0,25$ м, модуль сдвига $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, предел текучести материала $\tau_T = 160$ МПа, допускаемый относительный угол закручивания $[\theta] = 1$ град/м. Полученный размер диаметра вала округлить в большую сторону до ближайшего значения по норморяду.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 5.

Таблица 5. Исходные данные

Номер строки	k_1	k_2	k_3	b_1	b_2	c_1	c_2	Коэффициент запаса текучести n_T
0	1	2	3	1,5	3,0	0,5	0,75	1,4
1	1,5	2,25	3,25	2,0	3,2	0,6	0,85	1,5
2	2	2,5	3,5	2,5	3,4	0,7	0,95	1,6
3	2,5	2,75	3,75	3,0	3,6	0,8	1,05	1,7
4	3	3	4	3,5	3,8	0,9	1,15	1,8
5	3,5	3,25	4,25	4,0	4,0	1,0	1,25	1,9
6	4	3,5	4,5	4,5	4,2	1,1	1,35	2,0
7	4,5	3,75	4,75	5,0	4,4	1,2	1,45	2,1
8	5	4	5	5,5	4,6	1,3	1,55	2,2
9	5,5	4,25	5,25	6,0	4,8	1,4	1,65	2,3
	А	Б	В	Г	А	В	Г	Б

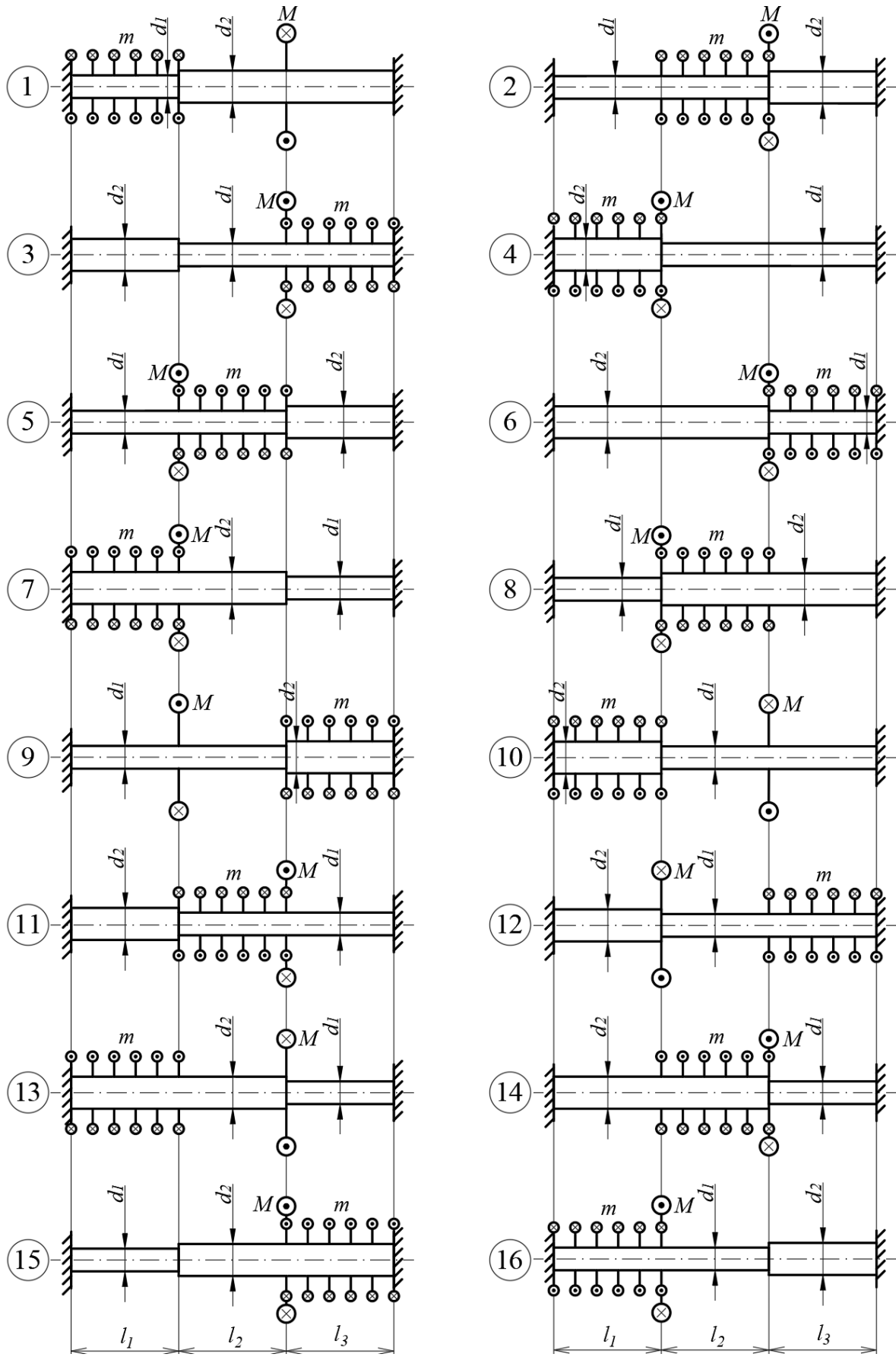


Рис. 5

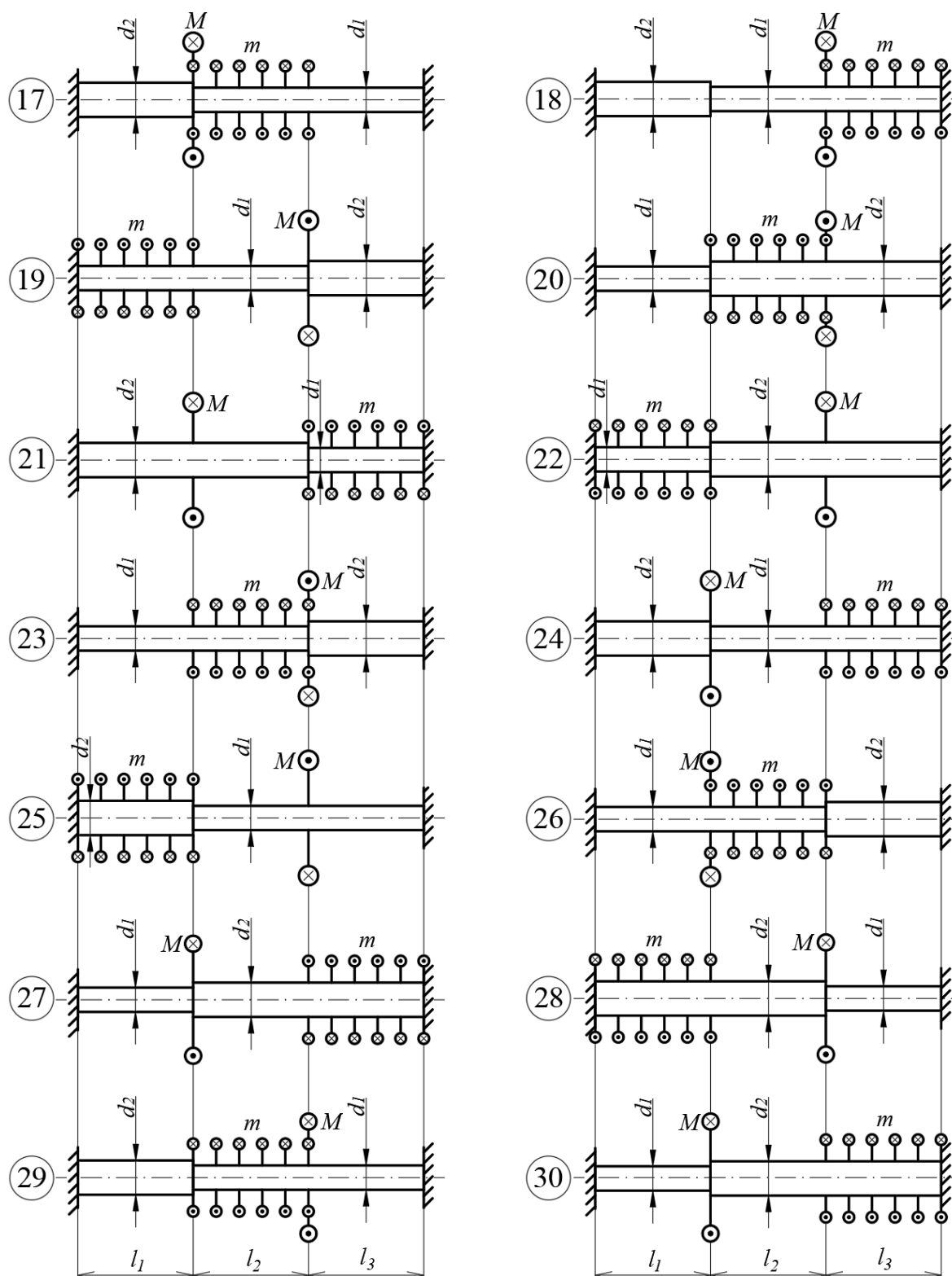


Рис. 5 (продолжение)

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКОГО СЕЧЕНИЯ

Для плоского сечения с одной осью симметрии, изображенного на рис. 6, требуется:

- 1) определить положение центра тяжести сечения;
- 2) определить положение главных центральных осей сечения;
- 3) определить главные центральные осевые моменты инерции;
- 4) определить моменты сопротивления сечения относительно главных центральных осей сечения.

Принять: $a_i = k_i \cdot a$.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 6.

Таблица 6. Исходные сечения

Номер строки	k_1	k_2	k_3	k_4
0	12	12	2,0	2,0
1	13	13	2,2	2,2
2	14	14	2,4	2,4
3	15	15	2,6	2,6
4	16	16	2,8	2,8
5	17	17	3,0	3,0
6	18	18	3,2	3,2
7	19	19	3,4	3,4
8	20	20	3,6	3,6
9	21	21	3,8	3,8
	А	Б	В	Г

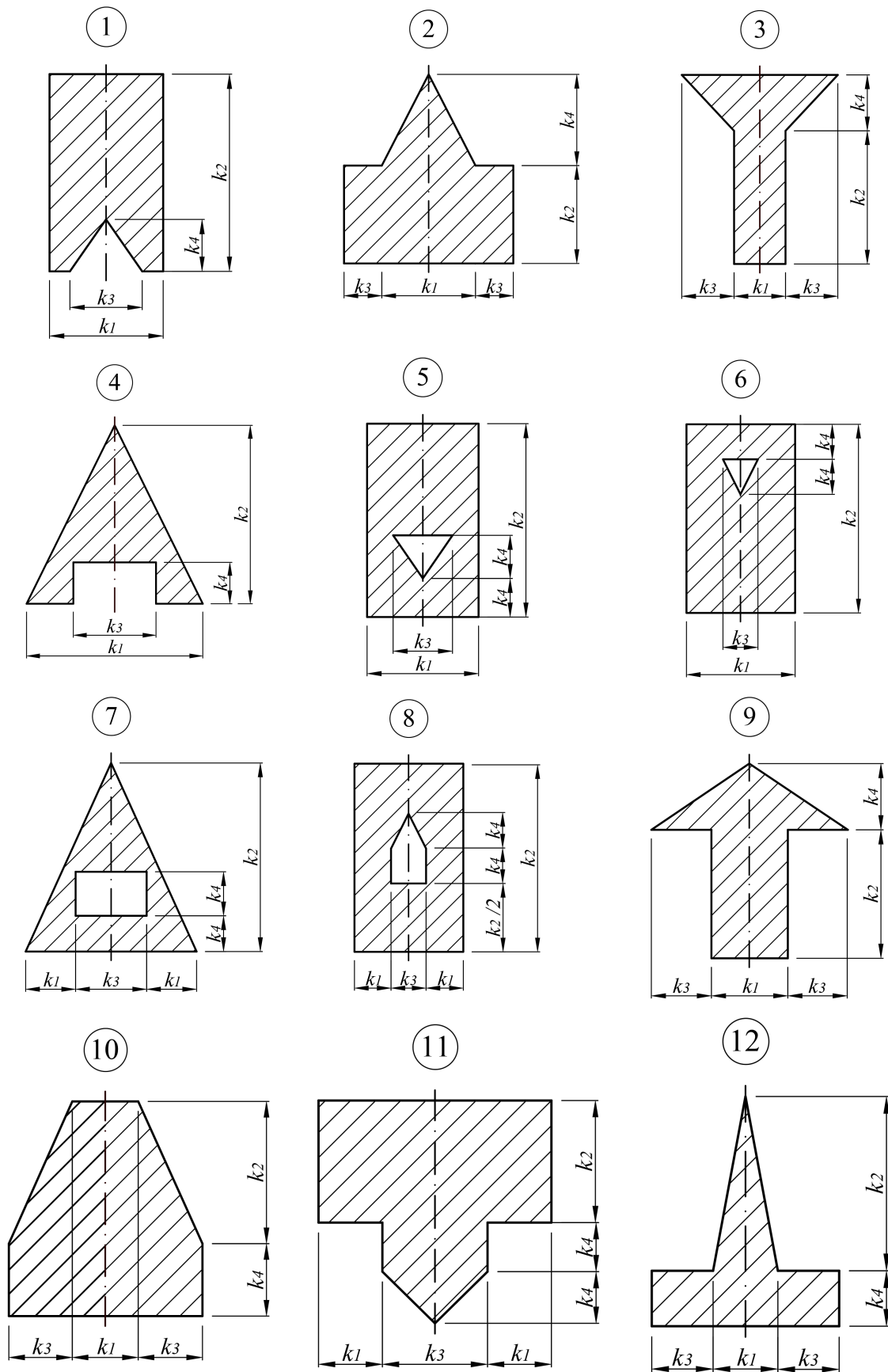


Рис. 6

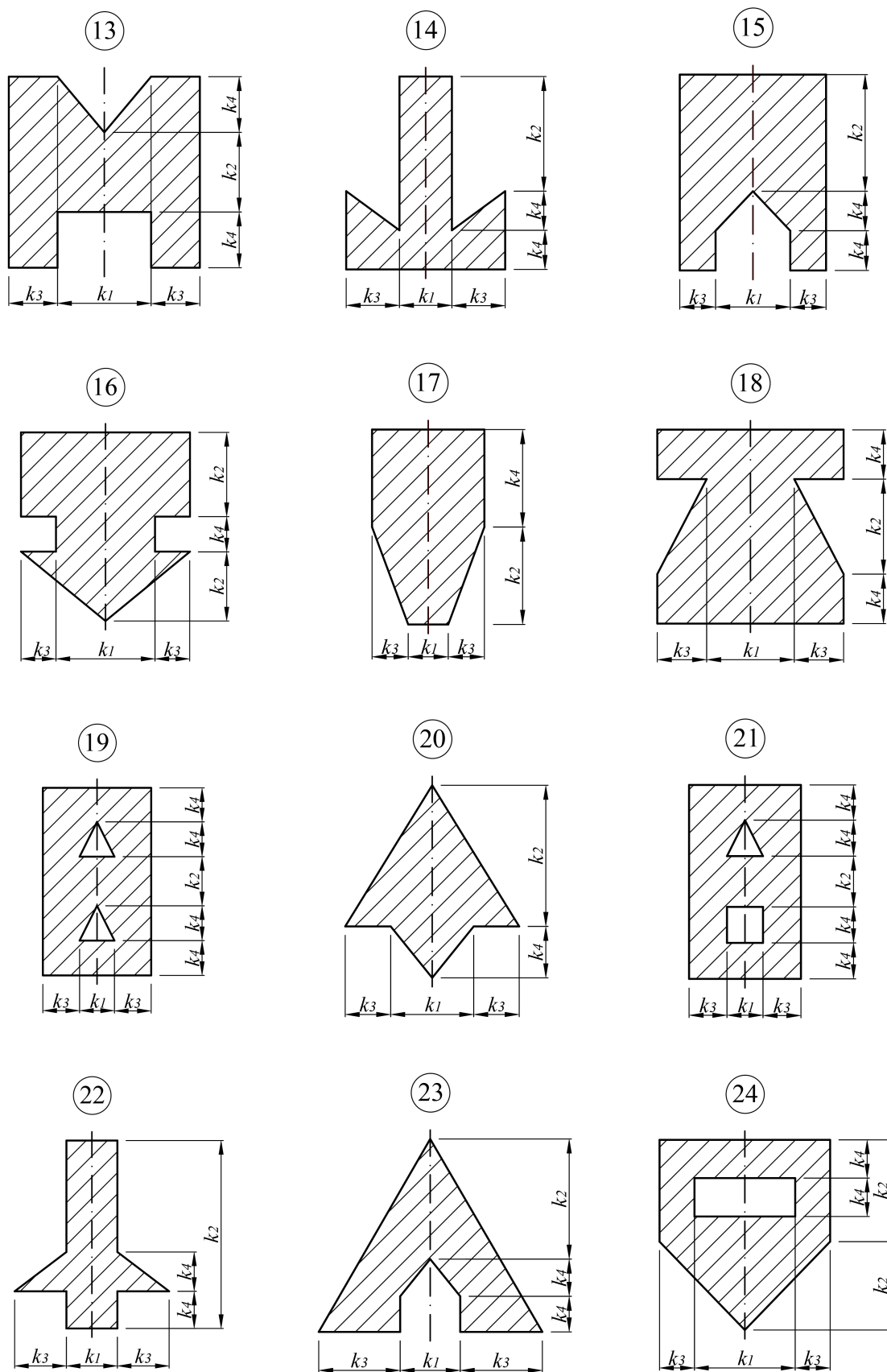


Рис. 6 (продолжение)

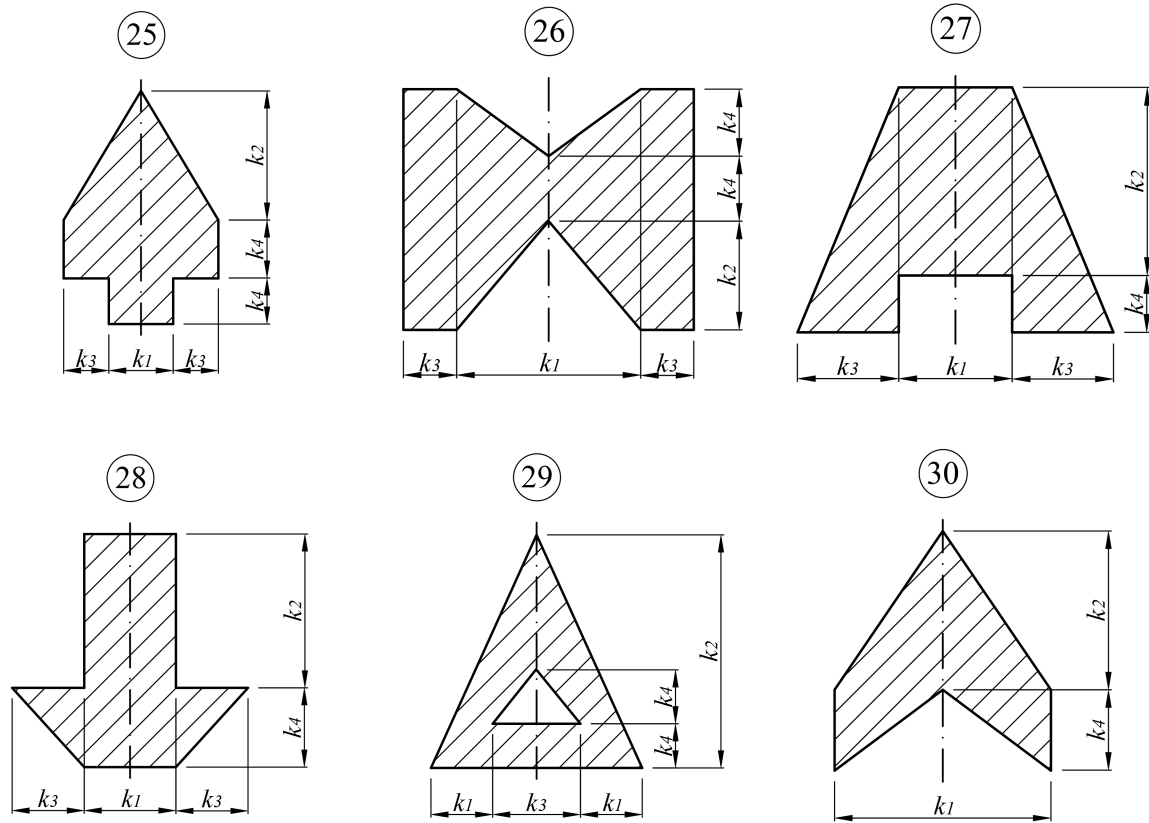


Рис. 6 (продолжение)

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТАВНОГО ПЛОСКОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Для составного плоского поперечного сечения, изображенного на рис. 8, требуется:

- 1) найти положение главных центральных осей сечения;
- 2) вычислить главные центральные моменты инерции сечения;
- 3) определить моменты сопротивления сечения относительно главных центральных осей сечения.

Характеристики уголка, швеллера, двутавра определяются в соответствии с Приложениями В-Д.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 7.

Таблица 7. Исходные данные

Номер строки	l_1 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	Уголок	Швеллер	Двутавр
0	10	20	10	3,2	5П	10Б1
1	12	22	15	3,5	6,5П	12Б1
2	14	24	20	4	8П	12Б2
3	16	26	25	4,5	10П	14Б1
4	18	28	30	5	12П	14Б2
5	20	30	35	5,6	14П	16Б1
6	22	32	40	6,3	16П	16Б2
7	24	34	45	7	16аП	18Б1
8	26	36	50	7,5	18П	18Б2
9	28	38	55	8	18аП	20Б0
	А	Б	В	Г	А	Б

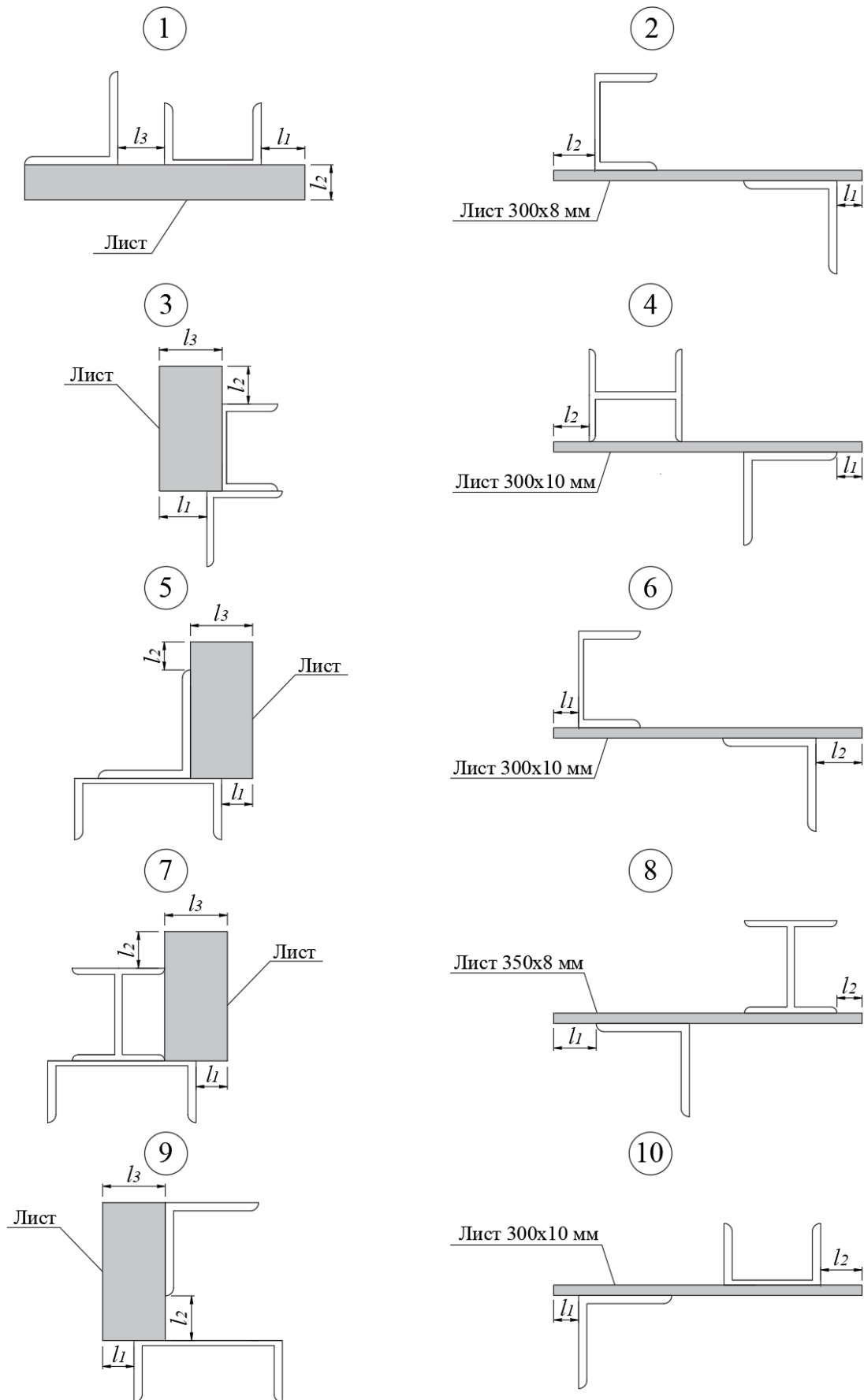


Рис. 7

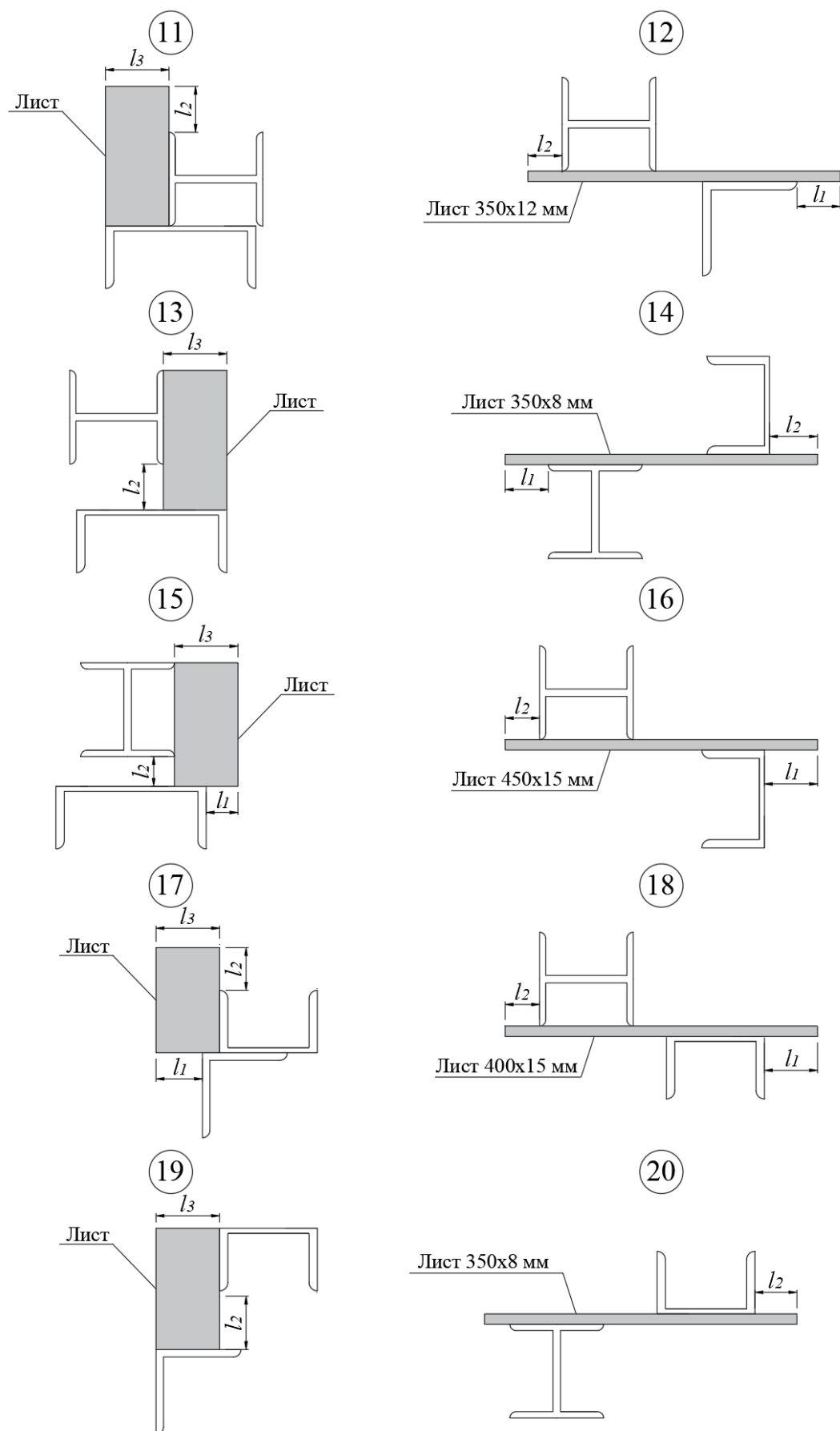


Рис. 7 (продолжение)

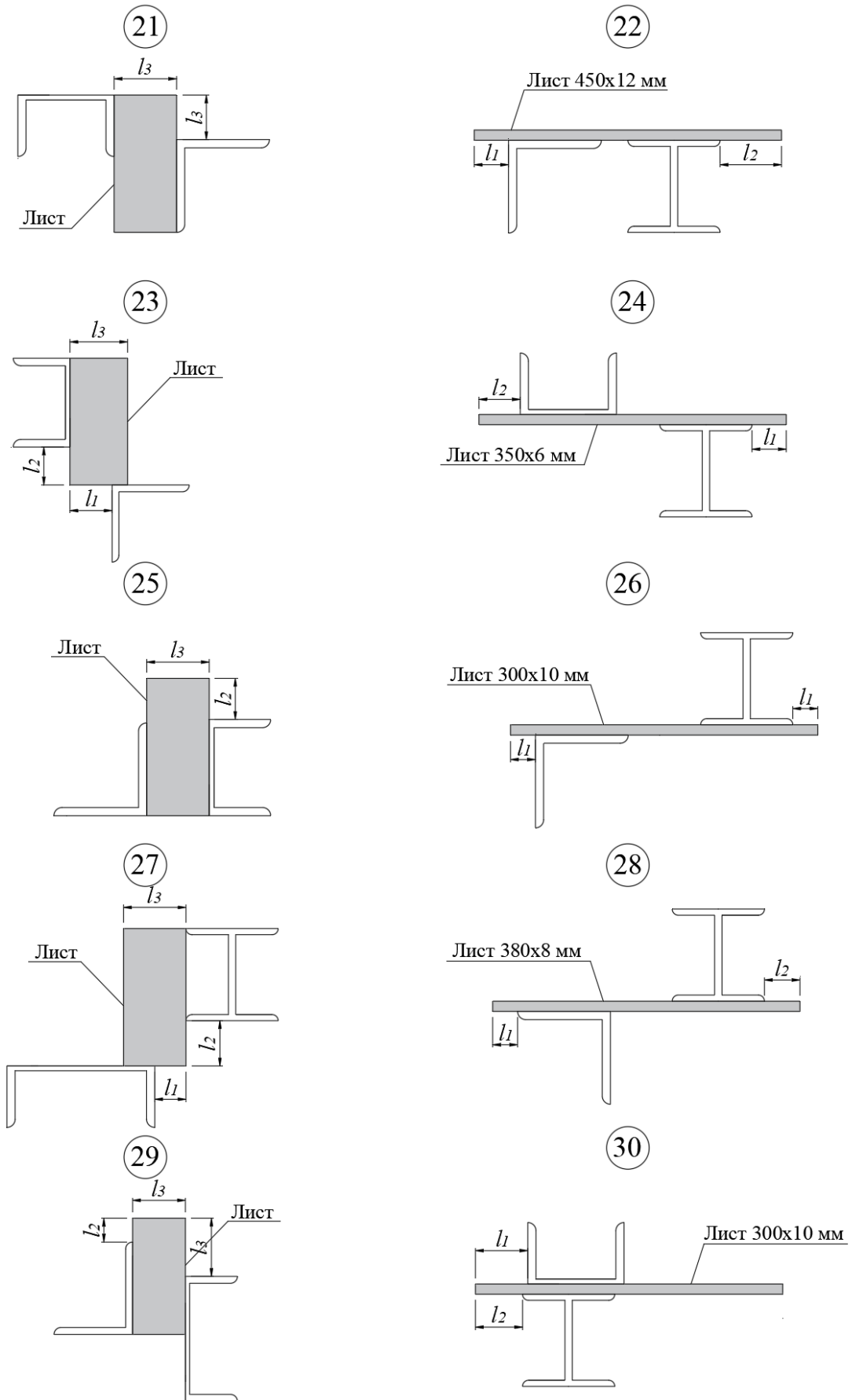


Рис. 7 (продолжение)

8. РАСЧЕТ КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ

Для консольной балки, изображенной на рис. 8, требуется:

1) построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , выразив искомые величины в долях q и l .

2) из условия прочности по допускаемым напряжениям подобрать поперечное сечение балки в виде прямоугольника с соотношением сторон $h:b = 2:1$ (h – высота сечения, b – ширина сечения);

3) определить линейное вертикальное и угловое перемещение срединного сечения балки;

Принять: длина $l_i = k_i \cdot l$, сосредоточенная сила $P = a \cdot ql$, сосредоточенный момент $M = c \cdot ql$.

При подборе поперечного сечения принять: длина $l = 1$ м, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, предел текучести материала $\sigma_T = 160$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 8.

Таблица 8. Исходные данные

Номер строки	a	c	q , кН/м	k_1	k_2	k_3	k_4	Коэффициент запаса текучести n_T	Коэффициент условий работы
0	1,5	3,0	10	1,2	2	3, 1	3,0	1,3	0,8
1	2,0	3,2	15	1,4	2,2	3, 2	3,5	1,4	0,82
2	2,5	3,4	20	1,6	2,4	3, 3	4,0	1,5	0,84
3	3,0	3,6	25	1,8	2,6	3, 4	4,5	1,6	0,86
4	3,5	3,8	30	2,0	2,8	3, 5	5,0	1,7	0,88
5	4,0	4,0	35	2,2	3,0	3, 6	5,5	1,8	0,9
6	4,5	4,2	40	2,4	3,2	3, 7	6,0	1,9	0,92
7	5,0	4,4	45	2,6	3,4	3, 8	6,5	2,0	0,94
8	5,5	4,6	50	2,8	3,6	3,	7,0	2,1	0,96

						9			
9	6,0	4,8	55	3,0	3,8	4,0	7,5	2,2	0,98
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А

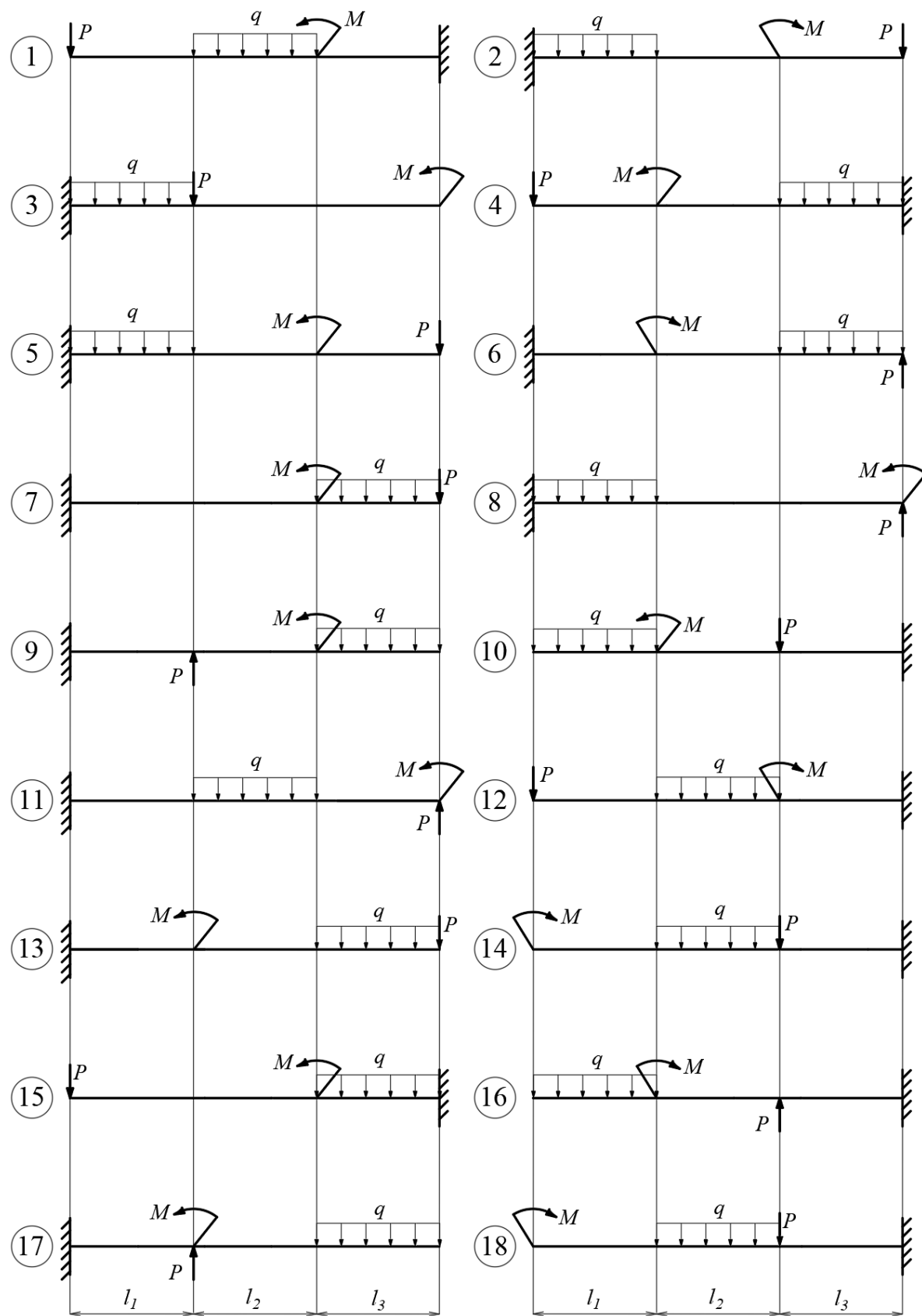


Рис. 8

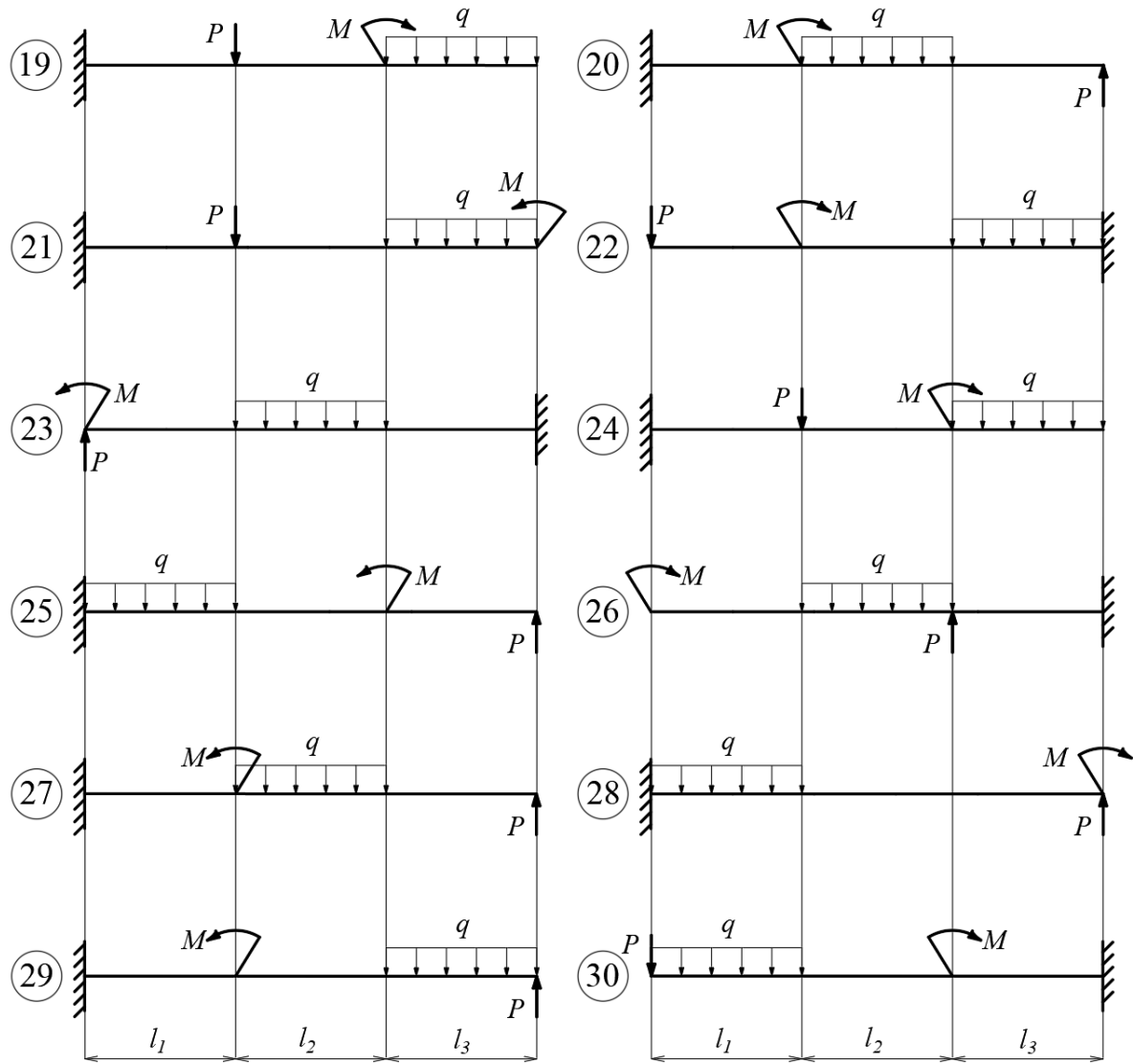


Рис. 8 (продолжение)

9. РАСЧЕТ ДВУХОПОРНОЙ БАЛКИ

Для двухопорной балки, изображенной на рис. 10, требуется:

1) построить эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M , выразив искомые величины в долях q и l ;

2) из условия прочности подобрать размер поперечного сечения балки для двух вариантов:

▣ двутавровый профиль (по сортаменту, Приложение Г)

▣ плоское сечение заданной формы (взять из задания 7);

3) для сечения балки, где действует максимальный изгибающий момент M , построить эпюру распределения нормальных напряжений по высоте поперечного сечения (форму поперечного сечения взять из задания 7 с учетом определенных размеров из п.2);

4) для сечения балки, где действует максимальная поперечная сила Q , построить эпюру распределения касательных напряжений по высоте поперечного сечения (форму поперечного сечения взять из задания 7 с учетом определенных размеров из п.2);

5) для двухопорной балки двутаврового поперечного сечения построить эпюры прогибов и углов поворота поперечных сечений, выразив значения в долях EI .

Принять: длина $l_i = k_i \cdot l$, сосредоточенная сила $P = a \cdot ql$, сосредоточенный момент $M = b \cdot ql$, длина $l = 1$ м, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, расчетное сопротивление $R = 300$ МПа.

Исходные данные для расчета брать из таблицы 8.

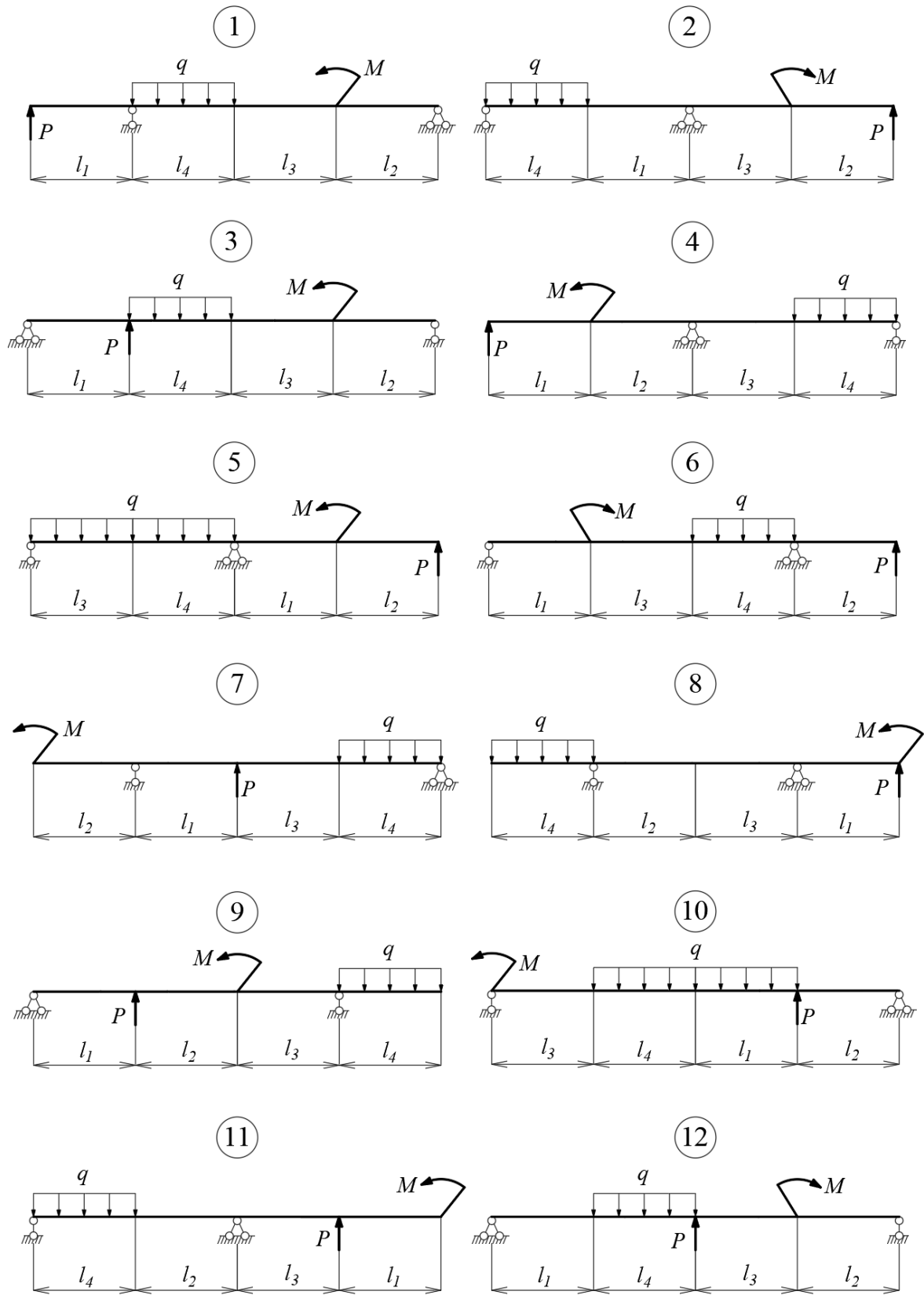


Рис. 9

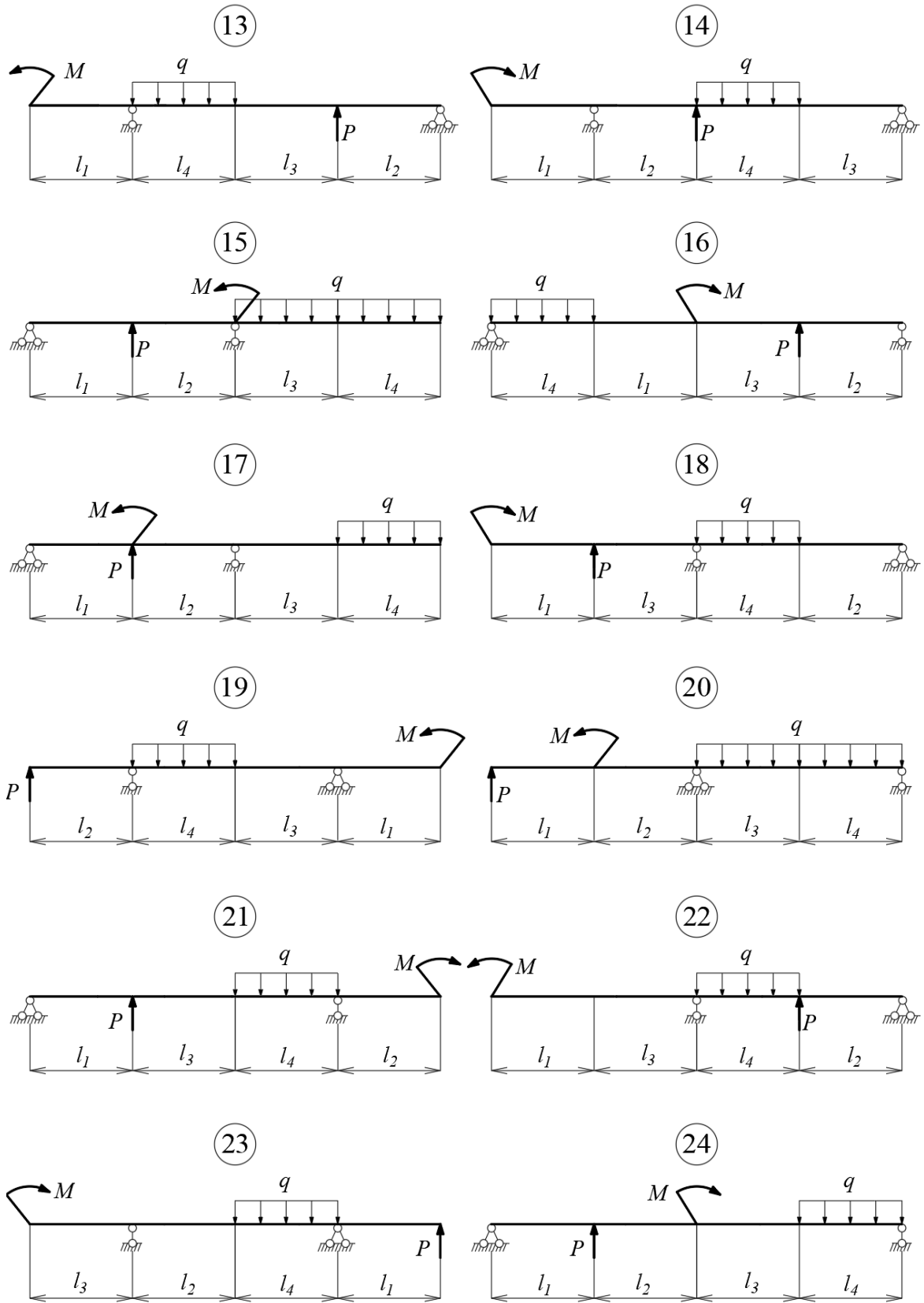


Рис. 9 (продолжение)

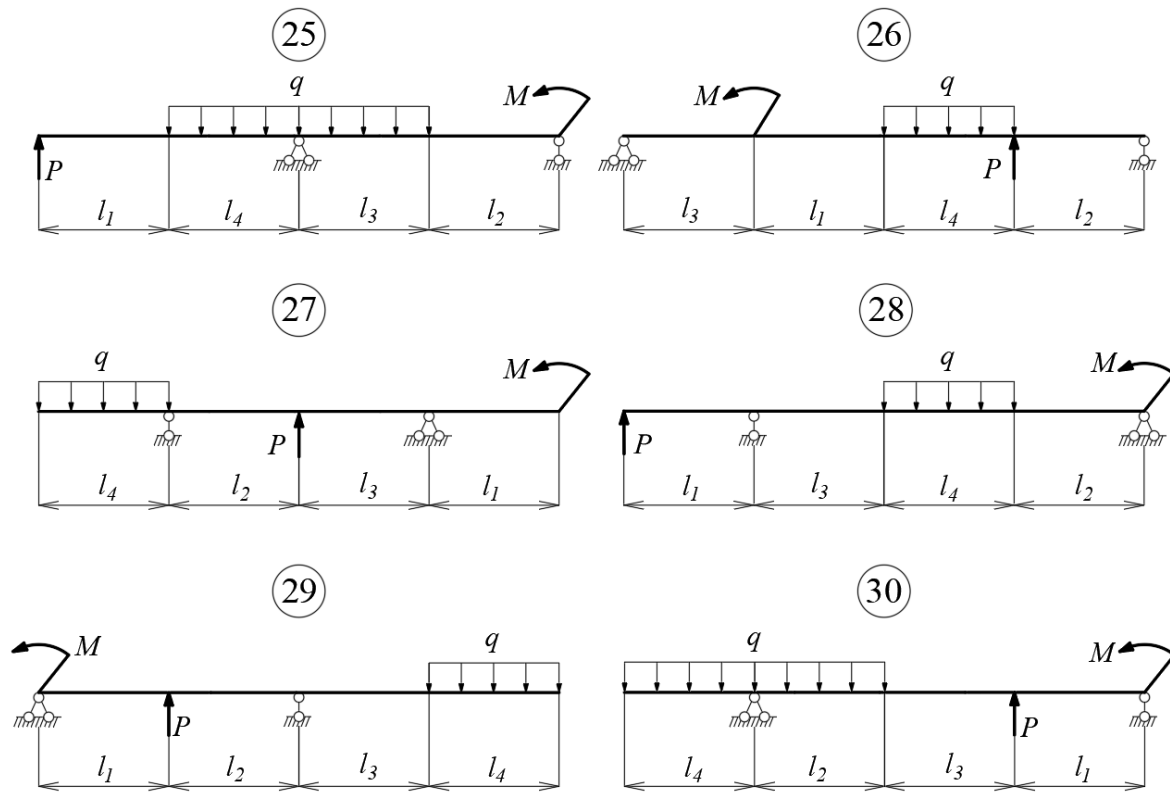


Рис. 9 (продолжение)

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В БАЛКЕ И РАСЧЁТ ТРОСА

Для заданной схемы, изображенной на рисунке 10, требуется:

- 1) построить эпюры внутренних силовых факторов в балке, выразив искомые величины в долях q и l ;
- 2) подобрать поперечное сечения троса из условия прочности;
- 3) определить перемещение точки крепления троса к балке.

При расчетах принять: длина $l = 1$ м, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, расчетное сопротивление $R = 300$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 8.

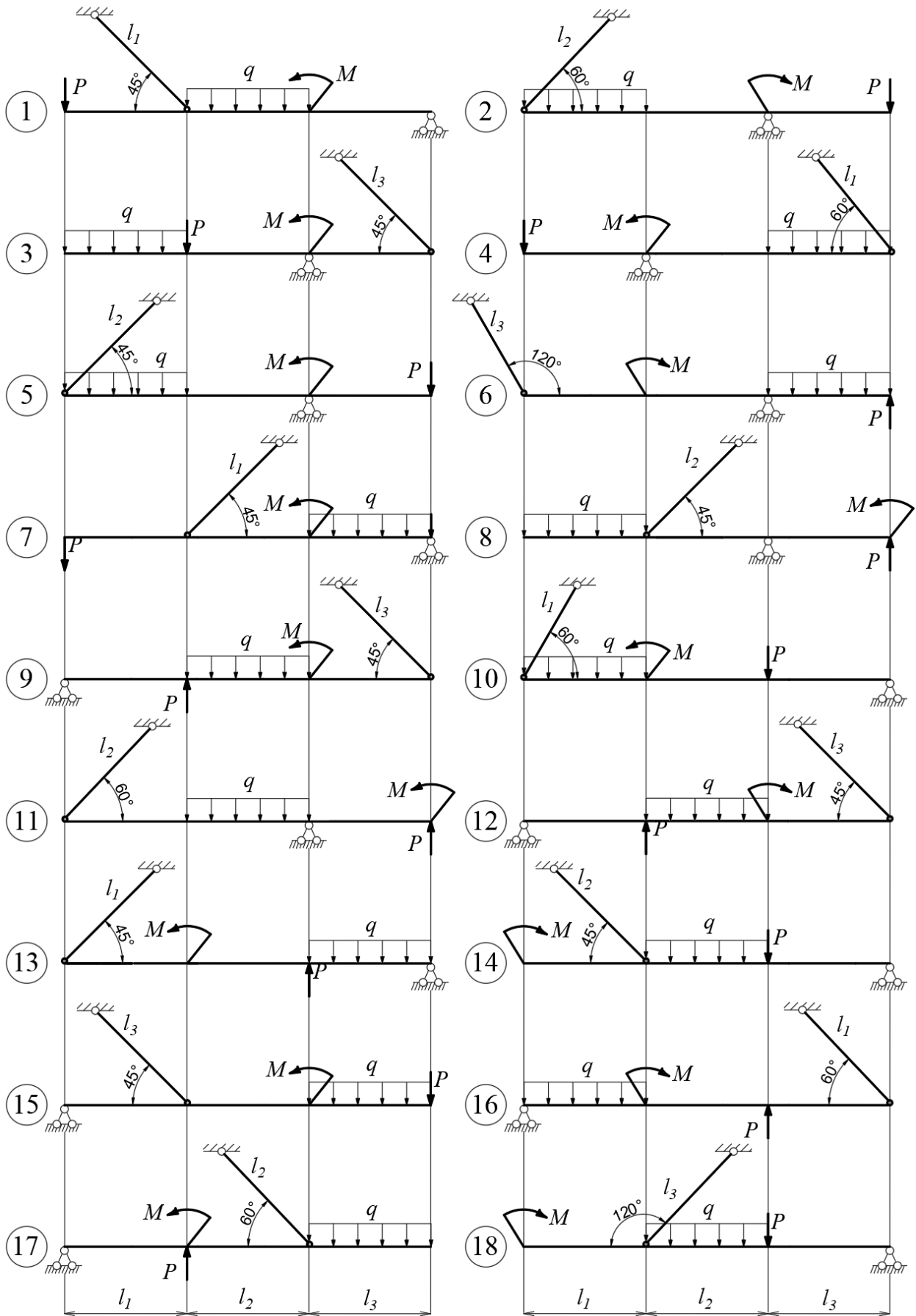


Рис. 11

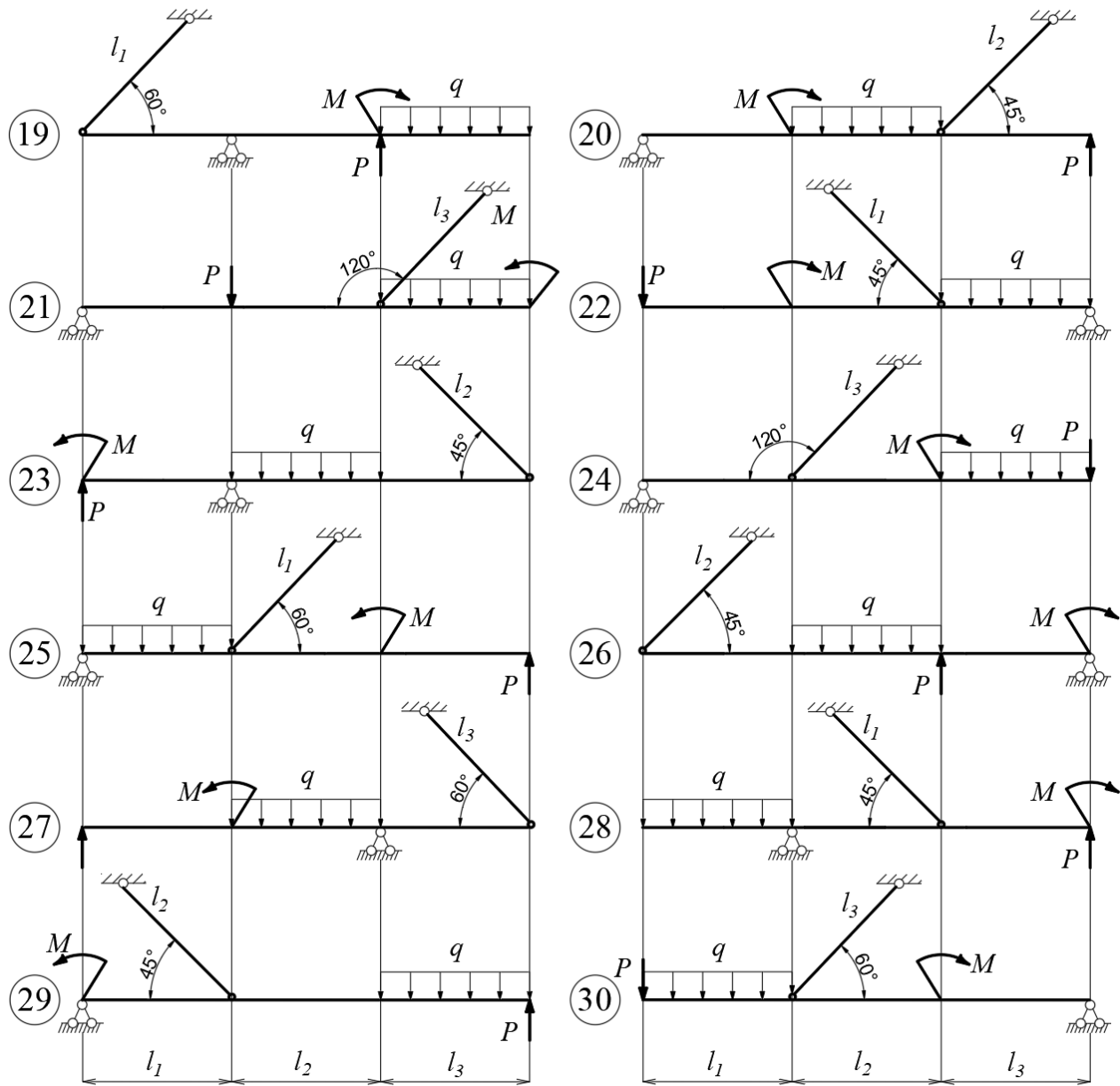


Рис. 11 (продолжение)

11. РАСЧЕТ ПЛОСКОЙ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ РАМЫ

Для плоской рамы, изображенной на рисунке 11, требуется:

1) построить эпюры изгибающих моментов, продольных и поперечных сил, выразив искомые величины в долях q и l ;

2) из условия прочности подобрать поперечное сечение рамы в виде прямоугольника с соотношением сторон (h – высота сечения, b – ширина сечения).

Принять: длина $l_i = k_i \cdot l$, сосредоточенная сила $P = a \cdot ql$, сосредоточенный момент $M = b \cdot ql$, расчетное сопротивление $R = 200$ МПа, длина $l = 1$ м, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, расчетное сопротивление $R = 300$ МПа.

Исходные данные для расчета следует взять из таблицы 8.

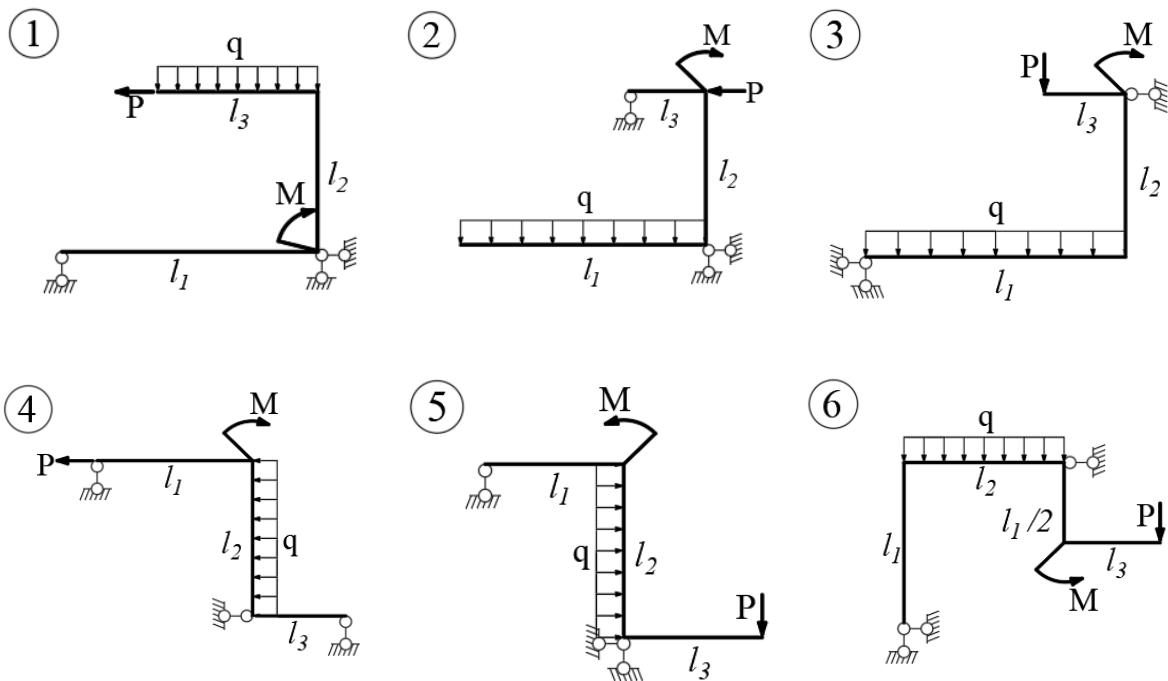


Рис. 11

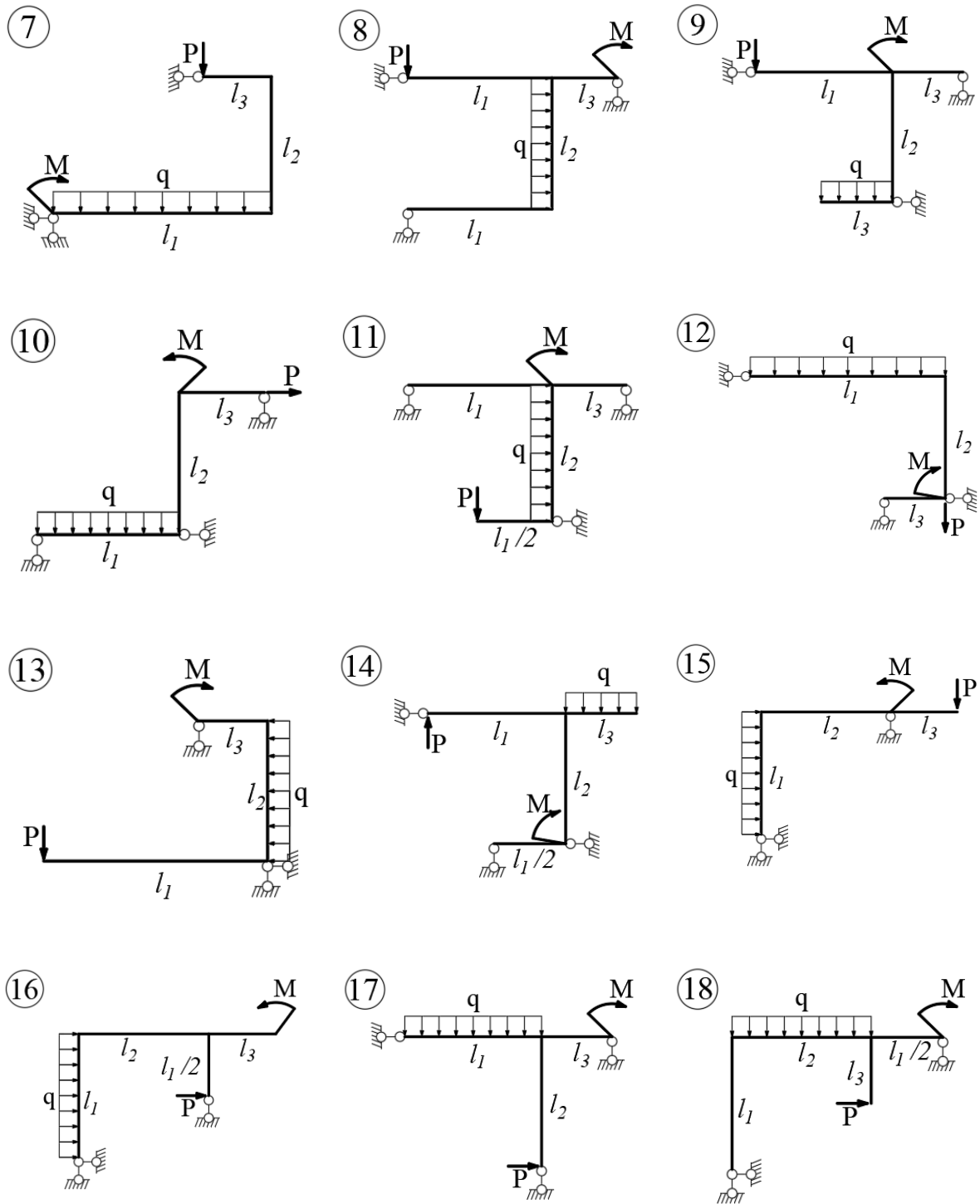


Рис. 11 (продолжение)

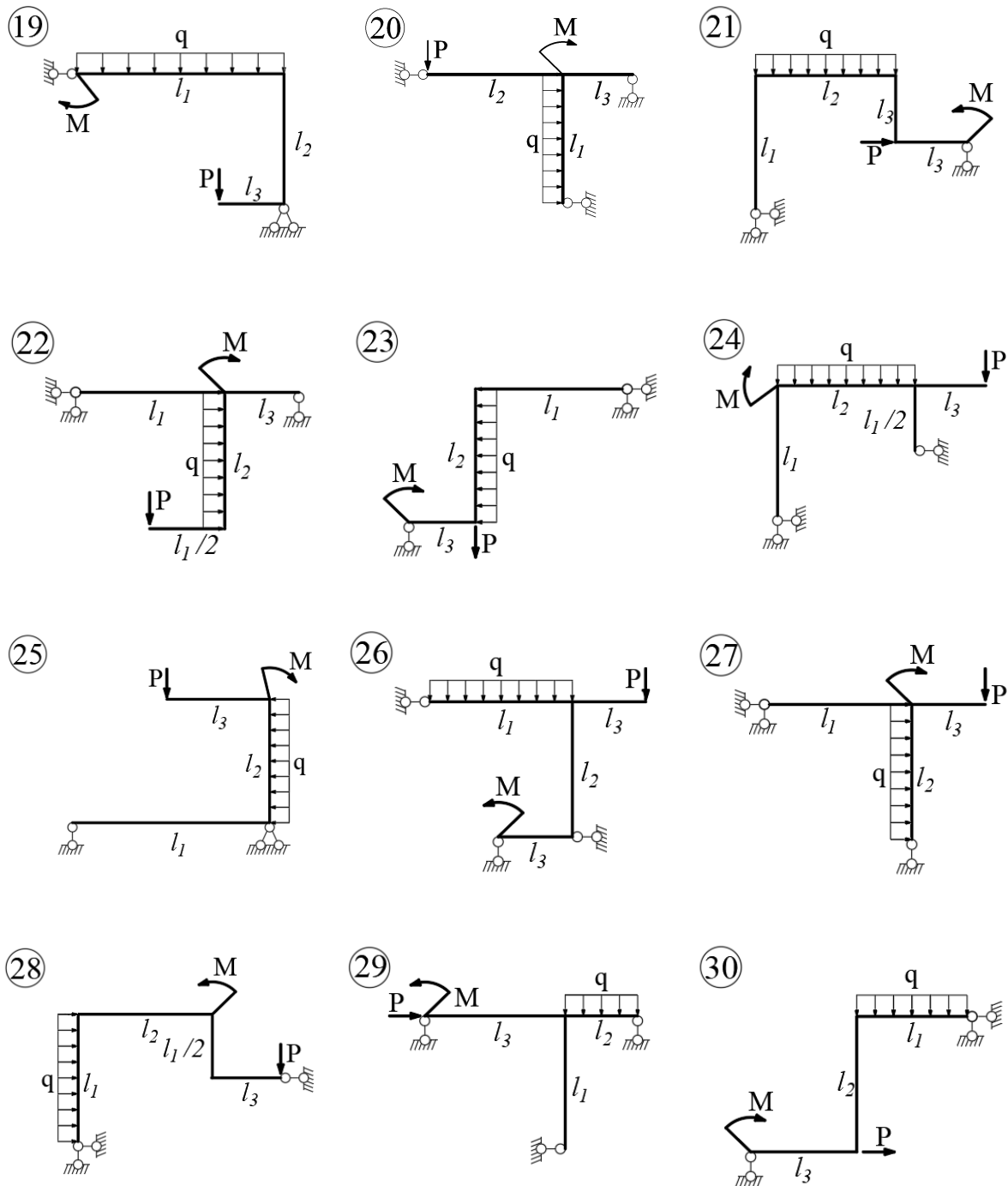


Рис. 11 (продолжение)

12. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ТОЧКЕ ТЕЛА

В окрестности произвольной точки тела выделен бесконечно малый параллелепипед, на гранях которого действуют напряжения (рис. 12).

Требуется:

- 1) определить инварианты тензора напряжений;
- 2) определить главные напряжения;
- 3) определить линейные и угловые деформации по формулам обобщенного закона Гука;
- 4) определить полную удельную потенциальную энергию деформации и удельную потенциальную энергию формоизменения.

При расчетах принять: модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$, модуль упругости второго рода $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 9.

Таблица 9. Исходные данные

№ строки	Нормальные напряжения, МПа			Касательные напряжения, МПа		
	σ_x	σ_y	σ_z	τ_{xy}	τ_{yz}	τ_{xz}
1	-20	20	20	-50	50	50
2	30	-20	40	30	-50	40
3	40	30	-30	20	40	-30
4	-50	30	50	-30	40	20
5	20	-40	20	50	-30	50
6	30	40	-40	30	30	-40
7	-40	50	30	-20	20	30
8	50	-50	50	40	-20	20
9	20	20	-20	50	50	-50
0	-30	20	40	-30	50	40
	А	Б	В	Г	А	Б

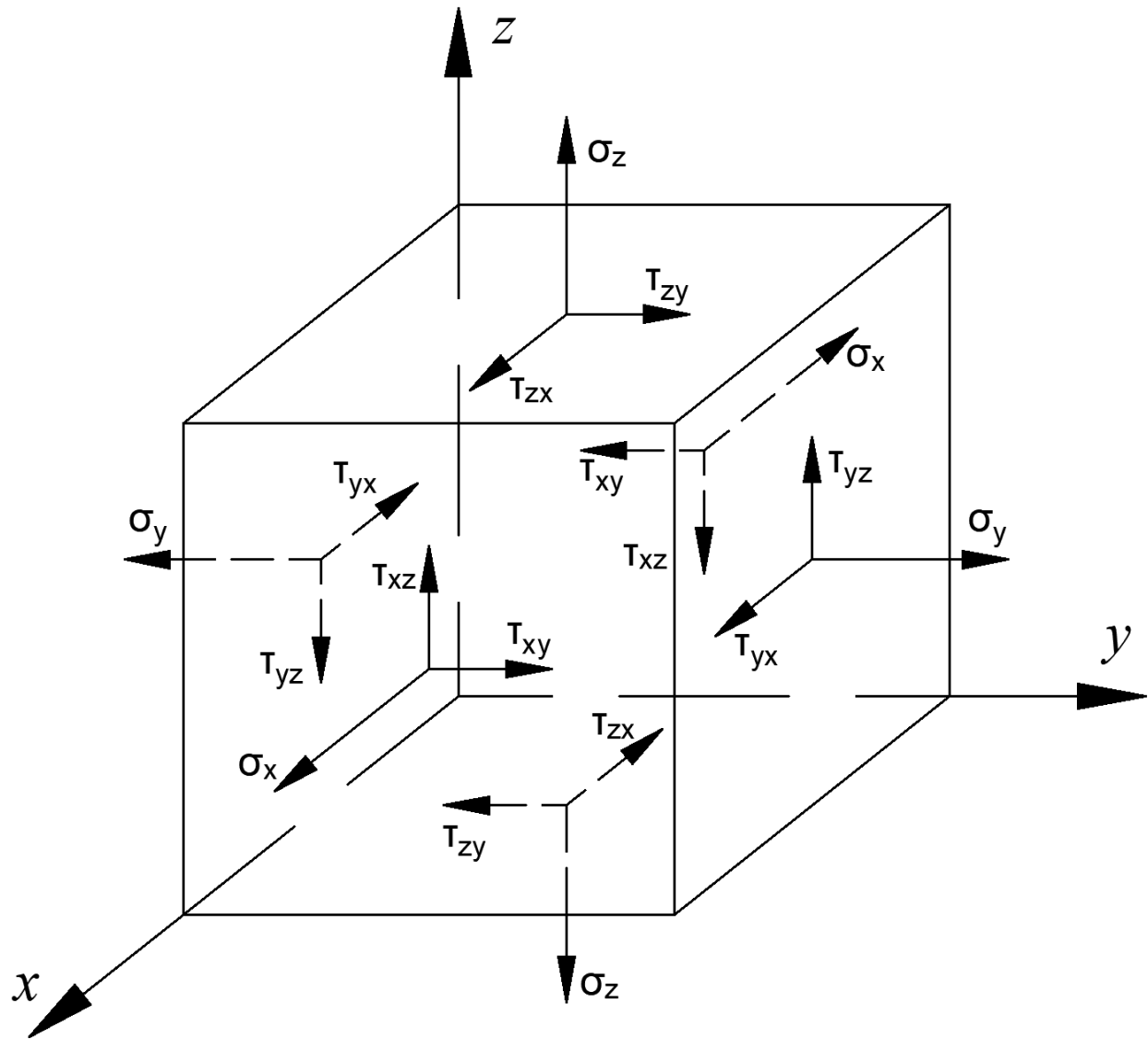


Рис. 12

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов : учебное пособие / В. И. Феодосьев. — 17-е изд. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 542 с. — ISBN 978-5-7038-4819-7.

2. Сопротивление материалов (с примерами решения задач) [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению "Строительство" / Н. М. Атаров [и др.] ; под ред. Н. М. Атарова. - Москва : КноРус, 2017. - 330, [1] с. : рис., табл. - (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 331. - ISBN 978-5-406-04555-8 (в пер.)

Приложение А Геометрические характеристики простейших фигур

В таблице А.1 приняты следующие условные обозначения:

- A – площадь поперечного сечения,
- X_c - центр тяжести по оси X ,
- Y_c - центр тяжести по оси Y ,
- J_x - осевой момент инерции относительно оси X ,
- J_y - осевой момент инерции относительно оси Y ,
- J_{xy} - центробежный момент инерции.

Таблица А.1

A				
X_c				
Y_c				
J_x				
J_y				
J_{xy}				
J_{xc}				
J_{yc}				
J_{xyc}	0		0	

A				
X_c				
Y_c				
J_x				

J_y				
J_{xy}				
J_{xc}				
J_{yc}				
J_{xyc}	0		0	0

Таблица А.2

Приложение Б. Ряды нормальных линейных размеров

В таблице Б.1 приведены некоторые ряды нормальных линейных размеров в диапазоне от 10 до 400 мм в соответствии с ГОСТ 6636-69 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры, предназначенные для применения в машиностроении и рекомендуемые для использования в других отраслях промышленности.

Таблица Б.1

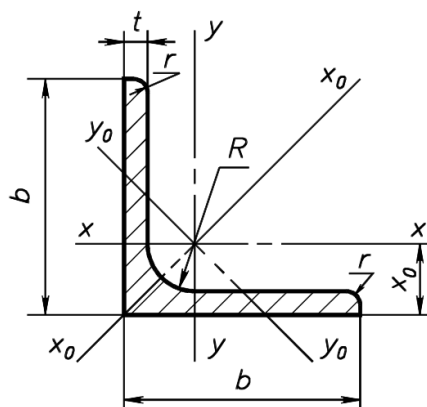
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
10	10	10	10
			10,5
		11	11
			11,5
	12	12	12
			13
		14	14
			15
16	16	16	16
			17
			18
			19
	20	20	20
			21
		22	22
			24
25	25	25	25
			26
		28	28
			30
	32	32	32
			34
		36	36
			38
40	40	40	40
			42
		45	45
			48
	50	50	50

Таблица Б.1 (окончание)

			53
		56	56
			60
63	63	63	63
			67
		71	71
			75
	80	80	80
			85
		90	90
			95
100	100	100	100
			105
		110	110
			120
	125	125	125
			130
		140	140
			150
160	160	160	160
			170
		180	180
			190
	200	200	200
			210
		220	220
			240
250	250	250	250
			260
		280	280
			300
	320	320	320
			340
		360	360
			380
400	400	400	400

При выборе размеров предпочтение должно отдаваться рядам с более крупной градацией (ряд Ra5 следует предпочитать ряду Ra10; ряд Ra10 — ряду Ra20; ряд Ra20 — ряду Ra40).

**Приложение В ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные
равнополочные. Сортамент.**



b – ширина полки, *t* – толщина полки, *s* – толщина стенки, *r* – радиус закругления, *R* – радиус внутреннего закругления

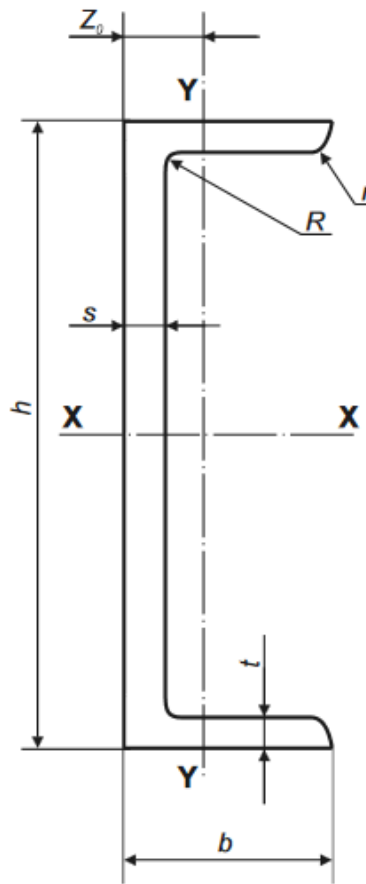
Рисунок В.1.

Таблица В.1

Номер уголка	b	t	R	r	F, см ²	Справочные значения величин для осей									Масса 1м, кг	
						x - x			x ₀ - x ₀		y ₀ - y ₀			I _{xy} , см ⁴		x ₀ , см
						I _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	I _{x0} max, см ⁴	i _{x0} max, см	I _{y0} min, см ⁴	W _{y0} min, см ³	i _{y0} min, см			
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,40	0,28	0,59	0,63	0,75	0,17	0,20	0,39	0,23	0,60	0,89
		4	3,5	1,2	1,46	0,50	0,37	0,88	0,78	0,73	0,22	0,24	0,38	0,28	0,64	1,15
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	0,81	0,46	0,75	1,29	0,95	0,34	0,33	0,49	0,47	0,73	1,12
		4	3,5	1,2	1,86	1,03	0,59	0,74	1,62	0,93	0,44	0,41	0,48	0,59	0,76	1,46
2,8	28	3	4,0	1,3	1,62	1,16	0,58	0,85	1,84	1,07	0,48	0,42	0,55	0,68	0,80	1,27
3	30	3	4,0	1,3	1,74	1,45	0,67	0,91	2,30	1,15	0,60	0,53	0,59	0,85	0,85	1,36
		4	4,0	1,3	2,27	1,84	0,87	0,90	2,92	1,13	0,77	0,61	0,58	1,08	0,89	1,78
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,77	0,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,59	0,63	1,03	0,89	1,46
		4	4,5	1,5	2,43	2,26	1,00	0,96	3,58	1,21	0,94	0,71	0,62	1,32	0,94	1,91
3,5	35	3	4,5	1,5	2,04	2,35	0,93	1,07	3,72	1,35	0,97	0,71	0,69	1,37	0,97	1,60
		4	4,5	1,5	2,67	3,01	1,21	1,06	4,76	1,33	1,25	0,88	0,68	1,75	1,01	2,10
		5	4,5	1,5	3,28	3,61	1,47	1,05	5,71	1,32	1,52	1,02	0,68	2,10	1,05	2,58
4	40	3	5,0	1,7	2,35	3,55	1,22	1,23	5,63	1,55	1,47	0,95	0,79	2,08	1,09	1,85
		4	5,0	1,7	3,08	4,58	1,60	1,22	7,26	1,53	1,90	1,19	0,78	2,68	1,13	2,42
		5	5,0	1,7	3,79	5,53	1,95	1,21	8,75	1,52	2,30	1,39	0,78	3,22	1,17	2,98
4,5	45	3	5,0	1,7	2,65	5,13	1,56	1,39	8,13	1,75	2,12	1,24	0,89	3,00	1,21	2,08
		4	5,0	1,7	3,48	6,63	2,04	1,38	10,52	1,74	2,74	1,54	0,89	3,89	1,26	2,73
		3	5,0	1,7	4,29	8,03	2,51	1,37	12,74	1,72	3,33	1,81	0,88	4,71	1,30	3,37
5	50	3	5,5	1,8	2,96	7,11	1,94	1,55	11,27	1,95	2,95	1,57	1,00	4,16	1,33	2,32
		4	5,5	1,8	3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,80	1,95	0,99	5,42	1,38	3,05
		5	5,5	1,8	4,80	11,20	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,30	0,98	6,57	1,42	3,77
		6	5,5	1,8	5,69	13,07	3,69	1,52	20,72	1,91	5,43	2,63	0,98	7,65	1,46	4,47
5,6	56	4	6,0	2,0	4,38	13,10	3,21	1,73	20,79	2,18	5,41	2,52	1,11	7,69	1,52	3,44
		5	6,0	2,0	5,41	15,97	3,96	1,72	25,36	2,16	6,59	2,97	1,10	9,41	1,57	4,25
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	18,86	4,09	1,95	29,90	2,45	7,81	3,26	1,25	11,00	1,69	3,90
		5	7,0	2,3	6,13	23,10	5,05	1,94	36,80	2,44	9,52	3,87	1,25	13,70	1,74	4,81
		6	7,0	2,3	7,28	27,06	5,98	1,93	42,91	2,43	11,18	4,44	1,24	15,90	1,78	5,72

7	70	4,5	8,0	2,7	6,20	29,04	5,61	2,16	46,03	2,72	12,04	4,53	1,39	17,00	1,88	4,87
		5	8,0	2,7	6,86	31,94	6,27	2,16	50,61	2,72	13,22	4,92	1,39	18,70	1,90	5,38
		6	8,0	2,7	8,15	37,58	7,43	2,15	59,64	2,71	15,52	5,66	1,38	22,10	1,94	6,39
		7	8,0	2,7	9,42	42,98	8,57	2,14	68,19	2,69	17,77	6,31	1,37	25,20	1,99	7,39
		8	8,0	2,7	10,67	48,16	9,68	2,12	76,35	2,68	19,97	6,99	1,37	28,20	2,02	8,37
7,5	15	5	9,0	3,0	7,39	39,53	7,21	2,31	62,65	2,91	16,41	5,74	1,49	23,10	2,02	5,80
		6	9,0	3,0	8,78	46,57	8,57	2,30	73,87	2,90	19,28	6,62	1,48	27,30	2,06	6,89
		7	9,0	3,0	10,15	53,34	9,89	2,29	84,61	2,89	22,07	7,43	1,47	31,20	2,10	7,96
		8	9,0	3,0	11,50	59,84	11,18	2,28	94,89	2,87	24,80	8,16	1,47	35,00	2,15	9,02
		9	9,0	3,0	12,83	66,10	12,43	2,27	104,72	2,86	27,48	8,91	1,46	38,60	2,18	10,07
8	80	5,5	9,0	3,0	8,63	52,68	9,03	2,47	83,56	3,11	21,80	7,10	1,59	30,90	2,17	6,78
		6	9,0	3,0	9,38	56,97	9,80	2,47	90,40	3,11	23,54	7,60	1,58	33,40	2,19	7,36
		7	9,0	3,0	10,85	65,31	11,32	2,45	103,60	3,09	26,97	8,55	1,58	38,30	2,23	8,51
		8	9,0	3,0	12,30	73,36	12,80	2,44	116,39	3,08	30,32	9,44	1,57	43,00	2,27	9,65
9	90	6	10,0	3,3	10,61	82,10	12,49	2,78	130,00	3,50	33,97	9,88	1,79	48,10	2,43	8,33
		7	10,0	3,3	12,28	94,30	14,45	2,77	149,67	3,49	38,94	11,15	1,78	55,40	2,47	9,64
		8	10,0	3,3	13,93	106,11	16,36	2,76	168,42	3,48	43,80	12,34	1,77	62,30	2,51	10,93
		9	10,0	3,3	15,60	118,00	18,29	2,75	186,00	3,46	48,60	13,48	1,77	68,00	2,55	12,20
10	100	6,8	12,0	4,0	12,82	122,10	16,69	3,09	193,46	3,89	50,73	13,38	1,99	71,40	2,68	10,06
		7	12,0	4,0	13,78	130,59	17,90	3,08	207,01	3,88	54,16	14,13	1,98	76,40	2,71	10,79
		8	12,0	4,0	15,60	147,19	20,30	3,07	233,46	3,87	60,92	15,66	1,98	86,30	2,15	12,25
		10	12,0	4,0	19,24	178,95	24,97	3,05	283,83	3,84	74,08	18,51	1,96	110,00	2,83	15,10
		12	12,0	4,0	22,80	208,90	29,47	3,03	330,98	3,81	86,84	21,10	1,98	122,00	2,91	17,90
		14	12,0	4,0	26,28	237,15	33,83	3,00	374,98	3,78	99,32	23,49	1,94	138,00	2,99	20,63
		16	12,0	4,0	29,68	263,82	38,04	2,98	416,04	3,74	111,61	25,79	1,94	152,00	3,06	23,30
11	110	7	12,0	4,0	15,15	175,61	21,83	3,40	278,54	4,29	72,68	17,36	2,19	106,00	2,96	11,89
		8	12,0	4,0	17,20	198,17	24,77	3,39	314,51	4,28	81,83	19,29	2,18	116,00	3,00	13,50
12,5	125	8	14,0	4,6	19,69	294,36	32,20	3,87	466,76	4,87	121,98	25,67	2,49	172,00	3,36	15,46
		9	14,0	4,6	22,00	327,48	36,00	3,86	520,00	4,86	135,88	28,26	2,48	192,00	3,40	17,30
		10	14,0	4,6	24,33	359,82	39,74	3,85	571,04	4,84	148,59	30,45	2,47	211,00	3,45	19,10
		12	14,0	4,6	28,89	422,23	47,06	3,82	670,02	4,82	174,43	34,94	2,46	248,00	3,53	22,68
		14	14,0	4,6	33,37	481,76	54,17	3,80	763,90	4,78	199,62	39,10	2,45	282,00	3,61	26,20
14	140	16	14,0	4,6	37,77	538,56	61,09	3,78	852,84	4,75	224,29	43,10	2,44	315,00	3,68	29,65
		9	14,0	4,6	24,72	465,72	45,55	4,34	739,42	5,47	192,03	35,92	2,79	274,00	3,76	19,41
		10	14,0	4,6	27,33	512,29	50,32	4,33	813,62	5,46	210,96	39,05	2,78	301,00	3,82	21,45
16	160	12	14,0	4,6	32,49	602,49	59,66	4,31	956,98	5,43	248,01	44,97	2,76	354,00	3,90	25,50
		10	16,0	5,3	31,43	774,24	66,19	4,96	1229,10	6,25	319,33	52,52	3,19	455,00	4,30	24,67
		11	16,0	5,3	34,42	844,21	72,44	4,95	1340,06	6,24	347,77	56,53	3,18	496,00	4,35	27,02
		12	16,0	5,3	37,39	912,89	78,62	4,94	1450,00	6,23	375,78	60,53	3,17	537,00	4,39	29,35
		14	16,0	5,3	43,57	1046,47	90,77	4,92	1662,13	6,20	430,81	68,15	3,16	615,00	4,47	34,20
		16	16,0	5,3	49,07	1175,19	102,64	4,89	1865,73	6,17	484,64	75,92	3,14	690,00	4,55	38,52
		18	16,0	5,3	54,79	1290,24	114,24	4,87	2061,03	6,13	537,46	82,08	3,13	771,00	4,63	43,01
		20	16,0	5,3	60,40	1418,85	125,60	4,85	2248,26	6,10	589,43	90,02	3,12	830,00	4,70	47,41

Приложение Г ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные.
Сортамент



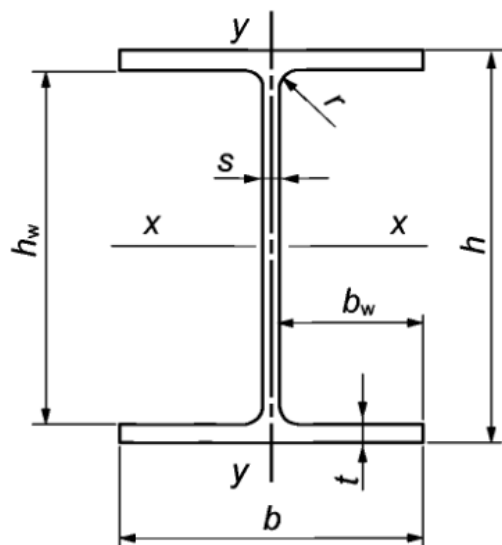
h – высота, b – ширина полки, t – толщина полки, s – толщина стенки, r – радиус закругления полки, R – радиус внутреннего закругления

Рисунок Г.1

Таблица Г.1

Номер швеллера	Размеры						Площадь попер. сечения, см ²	Масса 1м, кг	Справочные данные для осей							X_0
	h	b	s	t	R	r			X - X				Y - Y			
	мм								I_x	W_x	i_x	S_x	I_y	W_y	i_y	
								см ⁴	см ³	см	см ³	см ⁴	см ³	см	см	
5П	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16	4,84	22,8	9,1	1,92	5,61	5,95	2,99	0,98	1,21
6,5П	65	36	4,4	7,2	6,0	3,5	7,51	5,90	48,8	15	2,55	9,02	9,35	4,06	1,12	1,29
8П	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	8,98	7,05	89,8	22,5	3,16	13,3	13,9	5,31	1,24	1,38
10П	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	10,90	8,59	175	34,9	3,99	20,5	22,6	7,37	1,44	1,53
12П	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	13,30	10,40	305	50,8	4,79	29,7	34,9	9,84	1,62	1,66
14П	140	58	4,9	8,1	8,0	4,5	15,60	12,30	493	70,4	5,61	40,9	51,5	12,9	1,81	1,82
16П	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	18,10	14,20	750	93,8	6,44	54,3	72,8	16,4	2,00	1,97
16аП	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	19,50	15,30	827	103	6,51	59,5	90,5	19,6	2,15	2,19
18П	180	70	5,1	8,7	9,0	5,0	20,70	16,30	1090	121	7,26	70	100	20,6	2,20	2,14
18аП	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,20	17,40	1200	133	7,34	76,3	123	24,3	2,35	2,36
20П	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,40	18,40	1530	153	8,08	88	134	25,2	2,39	2,30
22П	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,70	21,00	2120	193	8,90	111	178	31,0	2,58	2,47
24П	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,60	24,00	2910	243	9,75	139	248	39,5	2,85	2,72
27П	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,20	27,70	4180	310	10,9	178	314	46,7	2,99	2,78
30П	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,50	31,80	5830	389	12,0	224	393	54,8	3,12	2,83
33П	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,50	36,50	8010	486	13,1	281	491	64,6	3,25	2,90
36П	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,40	41,90	10850	603	14,3	350	611	76,3	3,38	2,99
40П	400	115	8,0	13,5	15,0	9,0	61,50	48,30	15260	763	15,8	445	760	89,9	3,51	3,05

**Приложение Д ГОСТ Р 57837-2017. Двутавры стальные
горячекатаные с параллельными гранями полков. Технические
условия.**



h – высота двутавра, h_w – высота стенки двутавра в свету, b – ширина полки, b_w – свес полки, t – толщина полки, s – толщина стенки, r – радиус скругления

Рисунок Д.1

Таблица Д.1

Номер профиля	Номинальные размеры							Номинальная площадь поперечного сечения $F_w, \text{см}^2$	Номинальная масса 1м двутавра, кг	Справочные величины для осей профиля							
	h	b	s	t	h_w	b_w	r			$I_{x_0}, \text{см}^4$	$W_{x_0}, \text{см}^3$	$S_{x_0}, \text{см}^3$	$i_{x_0}, \text{мм}$	$I_{y_0}, \text{см}^4$	$W_{y_0}, \text{см}^3$	$S_{y_0}, \text{см}^3$	$i_{y_0}, \text{мм}$
Тип Б – Балочные нормальные двутавры																	
10Б1	100,0	54,5	4,1	5,7	88,6	25,45	7,0	10,32	8,10	171,01	34,20	19,70	40,70	15,92	5,79	4,57	12,42
12Б1	117,6	64,0	3,8	5,1	107,4	30,10	7,0	11,03	8,70	257,36	43,80	24,94	48,30	22,39	7,00	5,49	14,25
12Б2	120,0	64,0	4,4	6,3	107,4	29,80	7,0	13,21	10,40	317,75	53,00	30,36	49,04	27,67	8,65	6,79	14,47
14Б1	137,4	73,0	3,8	5,6	126,2	34,60	7,0	13,39	10,50	434,86	63,30	35,80	56,98	36,42	9,98	7,76	16,49

14Б2	140,0	73,0	4,7	6,9	126,2	34,15	7,0	16,43	12,90	541,22	77,30	44,17	57,40	44,92	12,31	9,62	16,54
16Б1	157,0	82,0	4,0	5,9	145,2	39,00	9,0	16,18	12,70	689,28	87,80	49,55	65,27	54,43	13,27	10,35	18,34
16Б2	160,0	82,0	5,0	7,4	145,2	38,55	9,0	20,09	15,80	869,29	108,70	61,93	65,78	68,31	16,66	13,05	18,44
18Б1	177,0	91,0	4,3	6,5	164,0	43,35	9,0	19,58	15,40	1062,74	120,10	67,66	73,68	81,89	18,00	13,98	20,45
18Б2	180,0	91,0	5,3	8,0	164,0	42,85	9,0	23,95	18,80	1316,96	146,30	83,21	74,16	100,85	22,16	17,30	20,52
20Б0	198,0	99,0	4,5	7,0	184,0	47,25	11,0	23,18	18,20	1581,56	159,80	89,88	82,60	113,62	22,95	17,86	22,14
20Б1	200,0	100,0	5,0	8,0	184,0	47,50	11,0	27,16	21,30	1844,26	184,40	104,73	82,41	133,91	26,78	20,97	22,21
20Б2	200,0	100,0	6,5	9,5	184,0	47,25	11,0	32,19	25,30	2218,49	218,60	124,99	83,02	163,93	32,46	25,50	22,57
20Б3	200,0	100,0	8,0	12,0	184,0	47,00	11,0	40,24	31,60	2852,62	274,30	158,46	84,20	213,50	41,86	33,02	23,03
25Б1	248,0	124,0	5,0	8,0	225,0	53,25	12,0	32,68	25,70	3537,11	285,30	159,68	104,04	254,85	41,11	31,80	27,93
25Б2	250,0	125,0	6,0	9,0	225,0	53,00	12,0	37,66	29,60	4051,73	324,10	182,93	103,73	293,85	47,02	36,55	27,93
25Б3	255,0	126,0	7,5	12,5	225,0	52,50	12,0	47,62	37,40	5238,16	410,80	233,88	104,88	384,79	61,08	47,67	28,43
25Б4	260,0	130,0	9,0	14,0	225,0	52,00	12,0	57,68	45,30	6481,01	498,50	286,25	106,00	480,07	75,60	59,24	28,85
30Б1	298,0	149,0	5,0	8,0	277,5	61,50	13,0	40,80	32,00	6318,22	424,00	237,53	124,44	442,00	59,33	45,88	32,91
30Б2	300,0	150,0	6,5	9,0	277,5	61,50	13,0	46,78	36,70	7209,26	480,60	271,06	124,14	507,53	67,67	52,56	33,44
30Б3	300,0	150,0	8,0	12,0	277,5	61,50	13,0	58,74	46,10	9254,92	606,90	344,37	125,52	661,88	87,67	68,31	33,57
30Б4	310,0	155,0	9,5	14,0	277,5	61,50	13,0	70,80	55,60	11381,41	734,30	419,40	126,79	822,37	108,21	84,60	34,08
35Б1	346,0	173,0	6,0	9,0	328,0	84,00	14,0	52,68	41,40	11094,49	641,30	358,09	145,12	791,54	90,98	70,11	38,76
35Б2	350,0	175,0	7,0	12,0	328,0	84,00	14,0	63,14	49,60	13559,01	774,80	433,96	146,54	984,34	112,50	86,79	39,48
35Б3	355,0	177,5	8,5	13,5	328,0	84,00	14,0	77,08	60,50	16797,02	946,30	533,54	147,62	1229,36	139,70	108,13	39,94
35Б4	361,0	180,5	10,0	16,0	328,0	84,00	14,0	92,89	72,90	20719,71	1147,90	651,07	149,35	1528,90	172,76	134,02	40,57

Учебное издание

БАЛАКИРЕВА Евгения Андреевна
ГРУЗДЕВ Александр Сергеевич
НАДЕЖДИН Владимир Сергеевич

СБОРНИК ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ
ПО КУРСУ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ
ЧАСТЬ 1