



МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

А.С. ГРУЗДЕВ, В.С. НАДЕЖДИН,
Е.А. БАЛАКИРЕВА

Сборник практических заданий
по курсу
«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»
для студентов очной формы обучения
Часть 1

Цена 330 руб.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Кафедра «Строительная механика»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой, д.т.н., проф.

_____ И.В. Демьянушко

_____ 2023 г.

А.С. ГРУЗДЕВ, В.С. НАДЕЖДИН,
Е.А. БАЛАКИРЕВА

Сборник практических заданий
по курсу
«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»
для студентов очной формы обучения
Часть 1

МОСКВА

МАДИ

2023

УДК 539.31/.6
ББК 30.121
Г90

Рекомендовано редакционно-издательским советом МАДИ

Составители:

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

Груздев, А.С.

Г90 Сборник практических заданий по курсу «Сопроотивление материалов». Ч.1 / А.С. Груздев, В.С. Надеждин, Е.А. Балакирева. – М.: МАДИ, 2023. – 64 с.

В сборнике представлены задания для самостоятельного выполнения студентами с целью успешного освоения курса «Сопроотивление материалов» по следующим темам: «Центральное растяжение-сжатие прямого бруса», «Основы теории напряженного и деформированного состояния в точке», «Геометрические характеристики сечений», «Кручение прямых стержней», «Прямой поперечный изгиб».

Представлен справочный материал, необходимый для решения приведенных задач.

Сборник предназначен для студентов, обучающихся по направлениям 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 использован обучающимися родственных направлений подготовки.

УДК 539.31/.6
ББК 30.121

Учебное издание

ГРУЗДЕВ Александр Сергеевич
НАДЕЖДИН Владимир Сергеевич
БАЛАКИРЕВА Евгения Андреевна

Сборник практических заданий
по курсу «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»
для студентов очной формы обучения
Часть 1

Редактор В.В. Виноградова

Редакционно-издательский отдел МАДИ. E-mail: rio.madi@mail.ru

Подписано в печать 07.12.2022 г. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 4,0. Тираж 200 экз. Заказ . Цена 330 руб.

МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский пр-т, 64.

© МАДИ, 2023

Содержание

Общие сведения	4
1. Расчет бруса при растяжении-сжатии.....	6
2. Расчет статически неопределимого бруса при растяжении-сжатии	10
3. Расчет статически неопределимой стержневой системы	13
4. Определение геометрических характеристик плоского сечения	21
5. Определение геометрических характеристик составного плоского поперечного сечения.....	26
6. Расчет бруса при кручении.....	31
7. Расчет статически неопределимого бруса при кручении	36
8. Исследование напряженного и деформированного состояния в точке тела.....	39
9. Расчет консольной балки.....	41
10. Расчет двухопорной балки	44
11. Определение внутренних силовых факторов в балке и расчёт троса	48
12. Расчет плоской статически определимой рамы	51
Список литературы	54
Приложение А. Геометрические характеристики простейших фигур.....	55
Приложение Б. Ряды нормальных линейных размеров	57
Приложение В. Расчет бруса некруглого сечения при кручении.....	58
Приложение Г. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент.	59
Приложение Д. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент	61
Приложение Е. ГОСТ Р 57837-2017. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Технические условия.	63

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 допускаемых напряжений.

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

четырехзначный 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.

Работа выполняется на листах формата А4 (297 x 210 мм) с одной стороны листа. На все листы текстового документа наносится внутренняя рамка с размерами полей: левое – 20 мм; нижнее, верхнее и правое – 5 мм.

Каждая задача должна содержать в себе следующие элементы: титульный лист, условие задачи, решение, расчетно-графический лист.

На титульном листе работы должны быть отображены: название вуза, название кафедры, название дисциплины, номер расчетно-графической работы и ее название, вариант, ФИО студента, номер учебной группы, ФИО преподавателя.

Перед решением каждой задачи 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 (210x297 мм), сшитых между собой в виде брошюры.

Графическую часть работы следует выполнять 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. При решении можно использовать формулы для определения геометрических характеристик сечений в соответствии с приложением А.

1. РАСЧЕТ БРУСА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ

Для ступенчатого прямолинейного бруса, изображенного на рис. 1.1, требуется:

- 1) построить эпюру нормальных сил N по участкам бруса;
- 2) построить эпюру нормальных напряжений σ ;
- 3) построить эпюру продольных перемещений поперечных сечений w ;
- 4) проверить выполнение равенства работы внешних сил и внутренней потенциальной энергии деформации;
- 5) из условия прочности подобрать минимально допустимую величину площади поперечного сечения A .

Пункты 1-3 выполнить в общем виде, выразив искомые величины 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, допускаемое напряжение $[\sigma] = 300$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 1.1.

Таблица 1.1

Исходные данные

Номер строки	k_1	k_2	k_3	a_1	a_2	b_1	b_2	c_1	c_2
0	1	2	3	1,0	0	1,5	3,0	1,5	1,0
1	1,5	2,25	3,25	0	1,2	2,0	3,2	1,6	1,2
2	2	2,5	3,5	1,4	0	2,5	3,4	1,7	1,3
3	2,5	2,75	3,75	0	1,6	3,0	3,6	1,8	1,4
4	3	3	4	1,8	0	3,5	3,8	1,9	1,5
5	3,5	3,25	4,25	0	2,0	4,0	4,0	2,0	1,6
6	4	3,5	4,5	2,2	0	4,5	4,2	2,1	1,7
7	4,5	3,75	4,75	0	2,4	5,0	4,4	2,2	1,8
8	5	4	5	2,6	0	5,5	4,6	2,3	1,9
9	5,5	4,25	5,25	0	2,8	6,0	4,8	2,4	2,0
	А	Б	В	Г		А	Б	В	Г

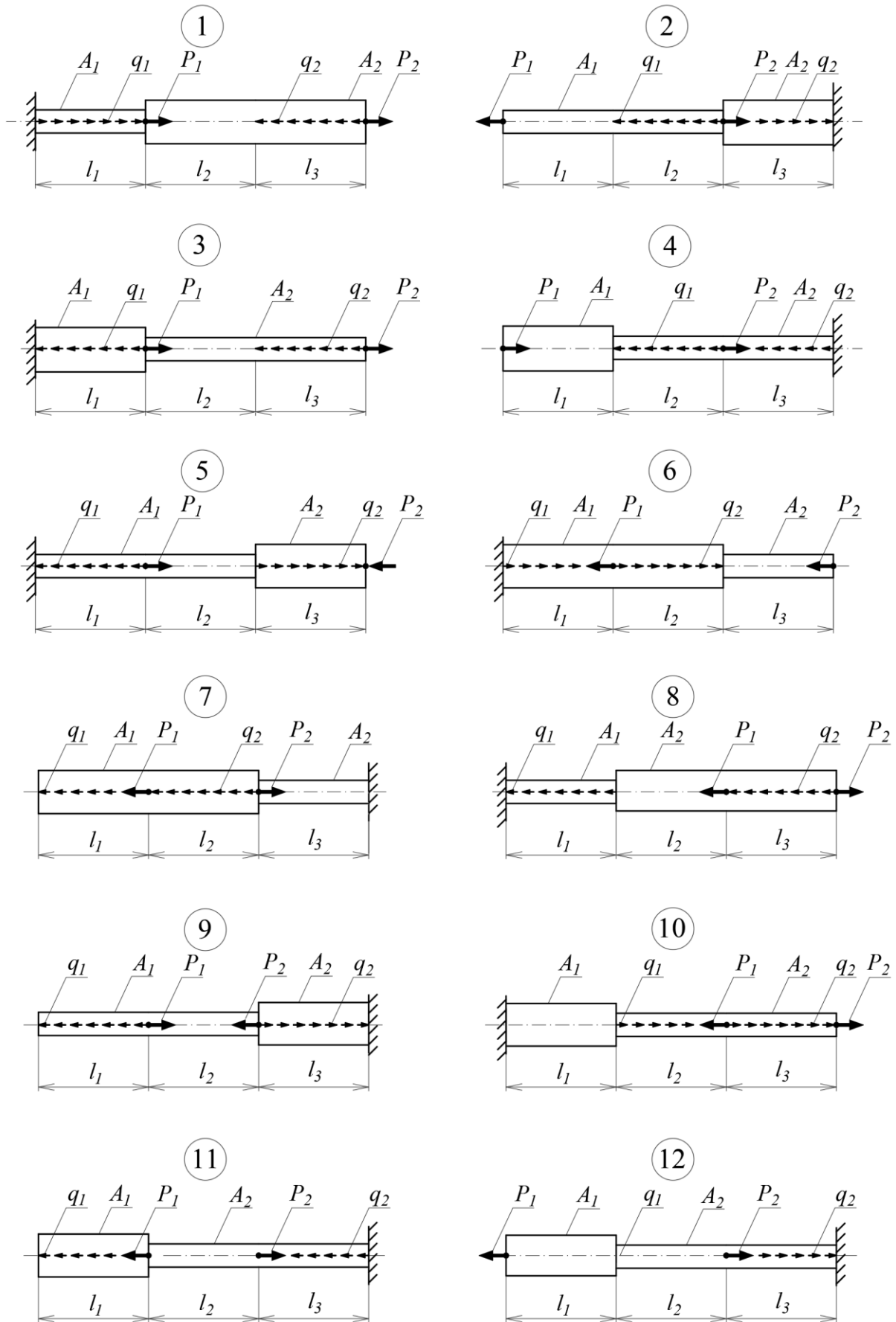


Рис. 1.1

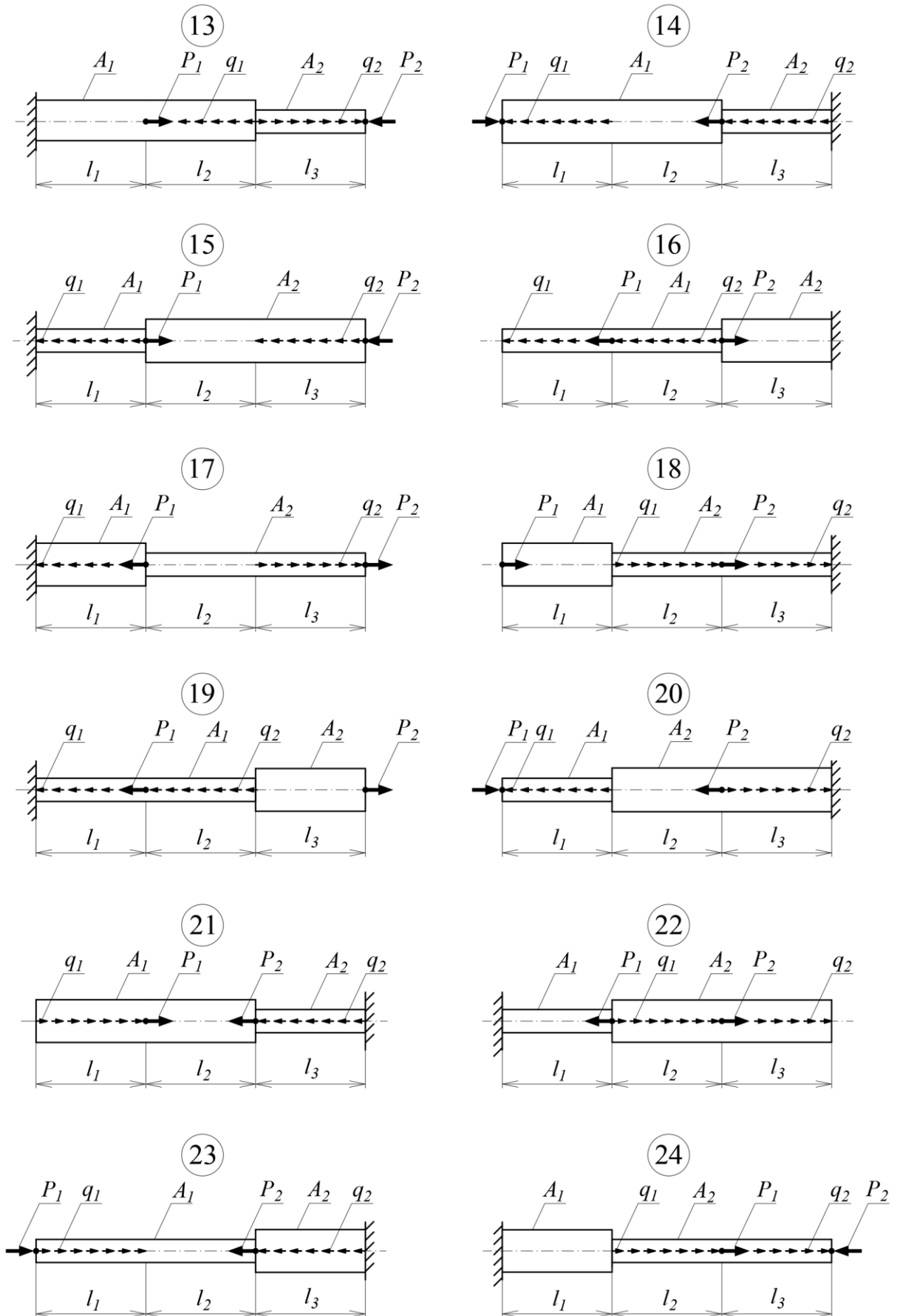


Рис. 1.1 (продолжение)

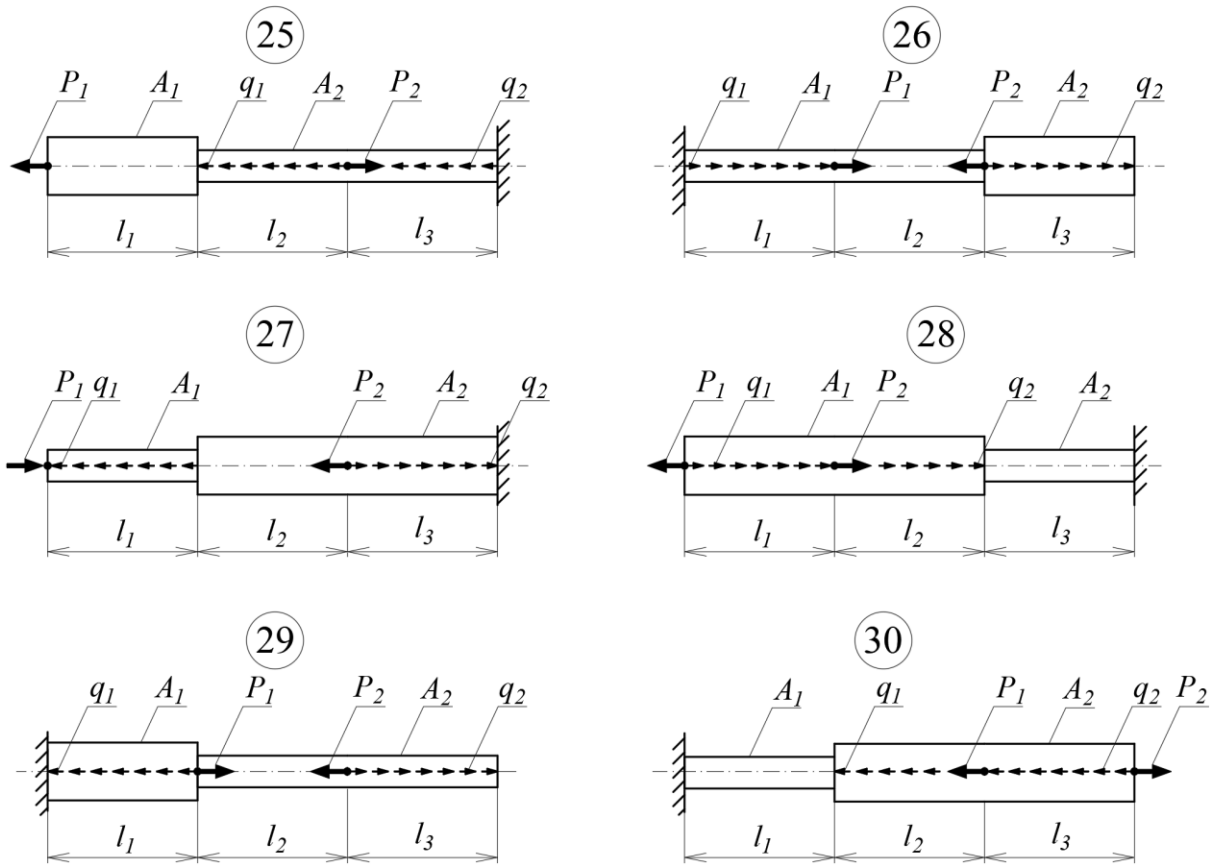


Рис. 1.1 (окончание)

2. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОГО БРУСА ПРИ РАСТЯЖЕНИИ-СЖАТИИ

Для ступенчатого прямолинейного бруса, изображенного на рис. 2.1, требуется:

- 1) построить эпюру нормальных сил N по участкам бруса;
- 2) построить эпюру нормальных напряжений σ ;
- 3) построить эпюру продольных перемещений поперечных сечений w ;
- 4) определить коэффициент запаса.

Принять: модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, предел текучести материала $\sigma_T = 250$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 2.1.

Таблица 2.1

Исходные данные

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

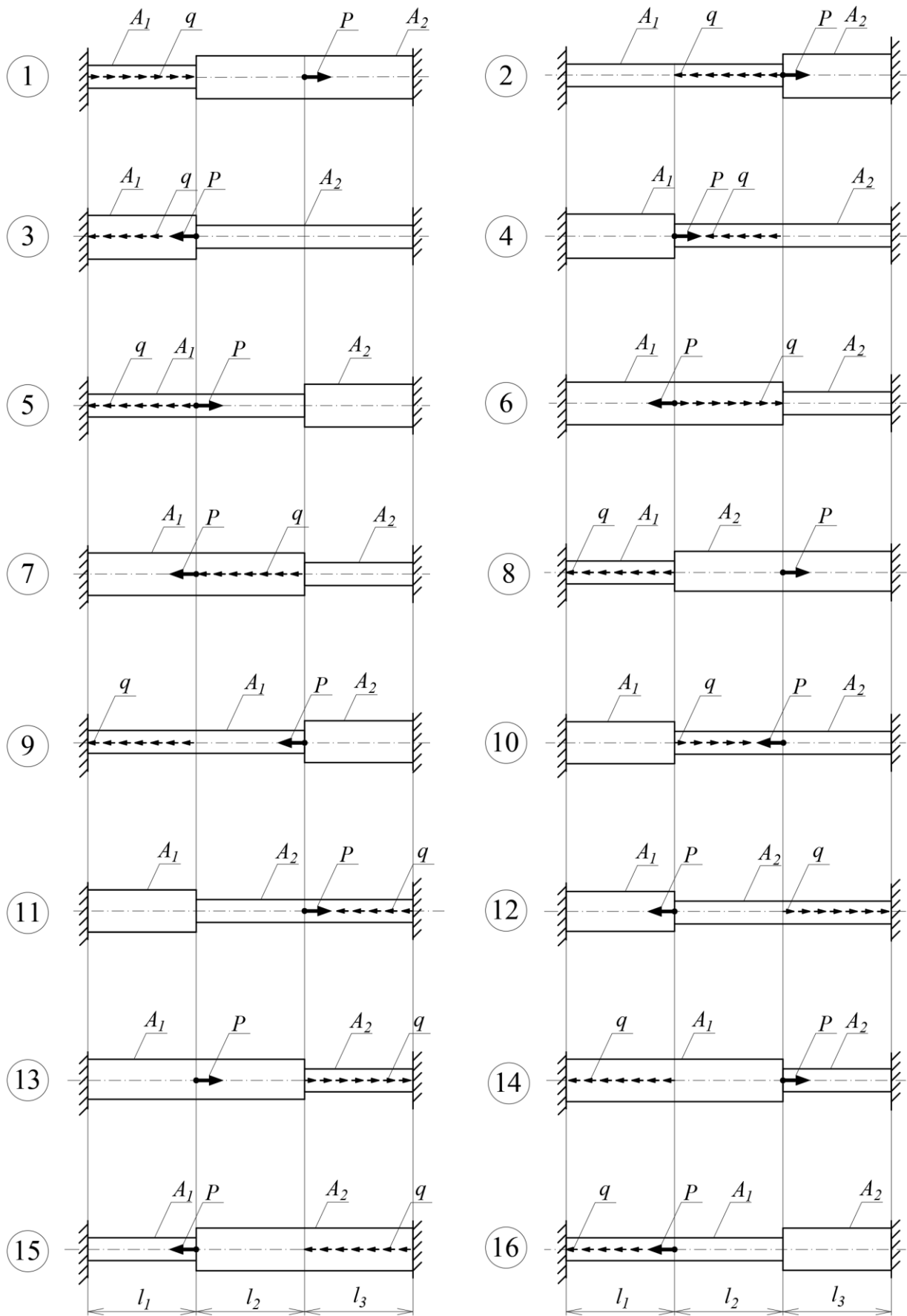


Рис. 2.1

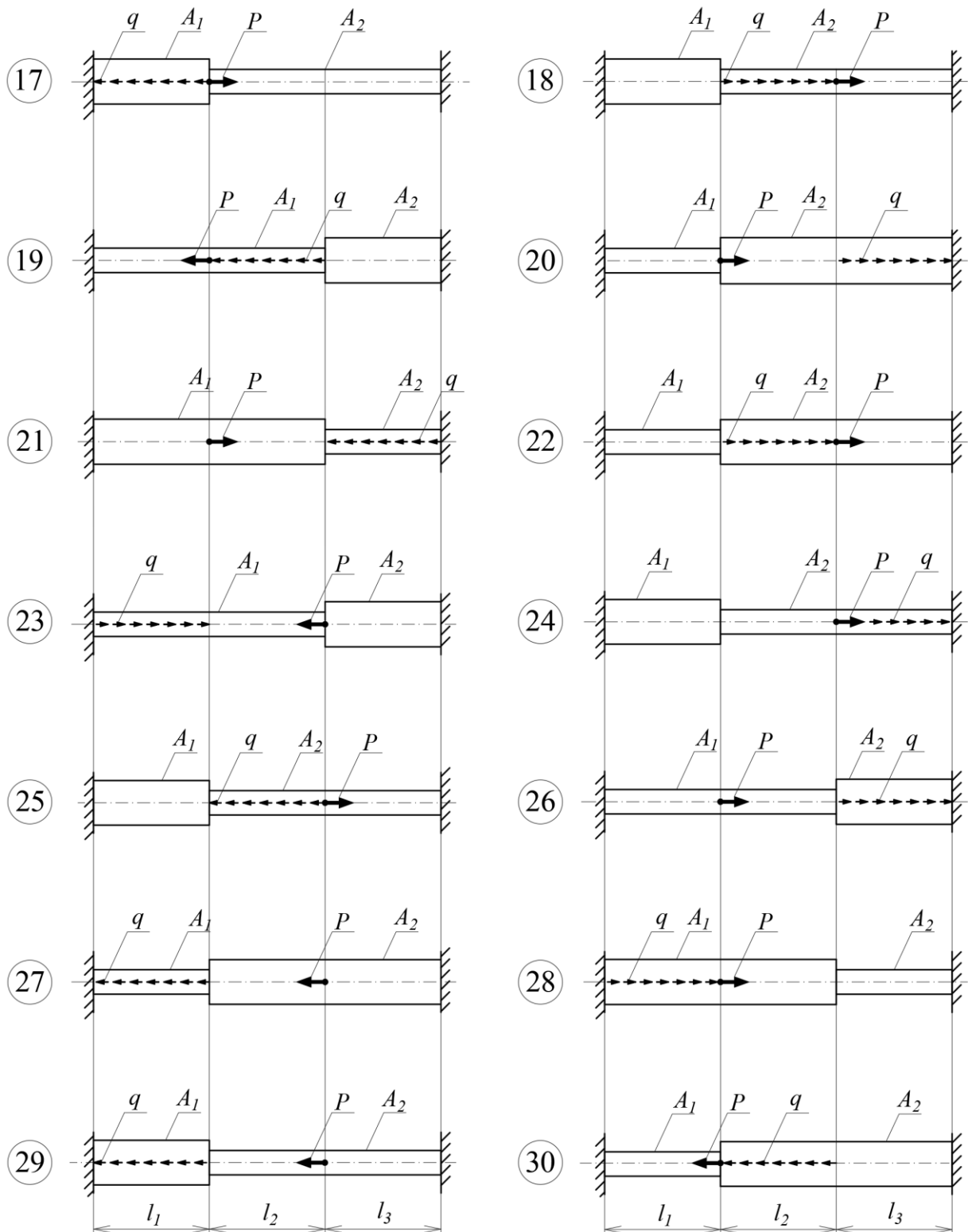


Рис. 2.1 (окончание)

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) из условия прочности определить минимально допустимое 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 $\sigma_T = 300$ МПа. Площади поперечных сечений и материал стержней принять одинаковыми.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 3.1.

Таблица 3.1.

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

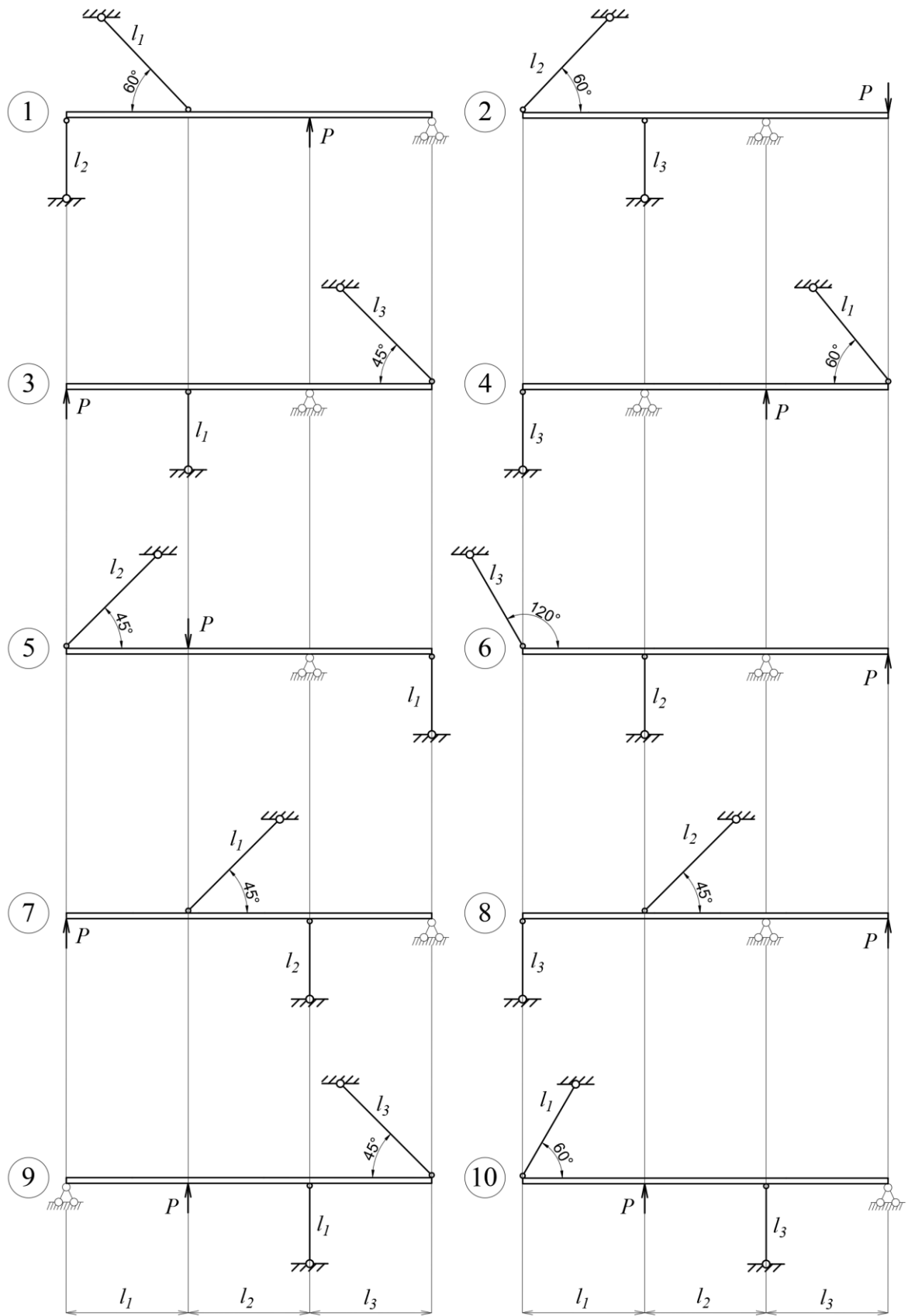


Рис. 3.1

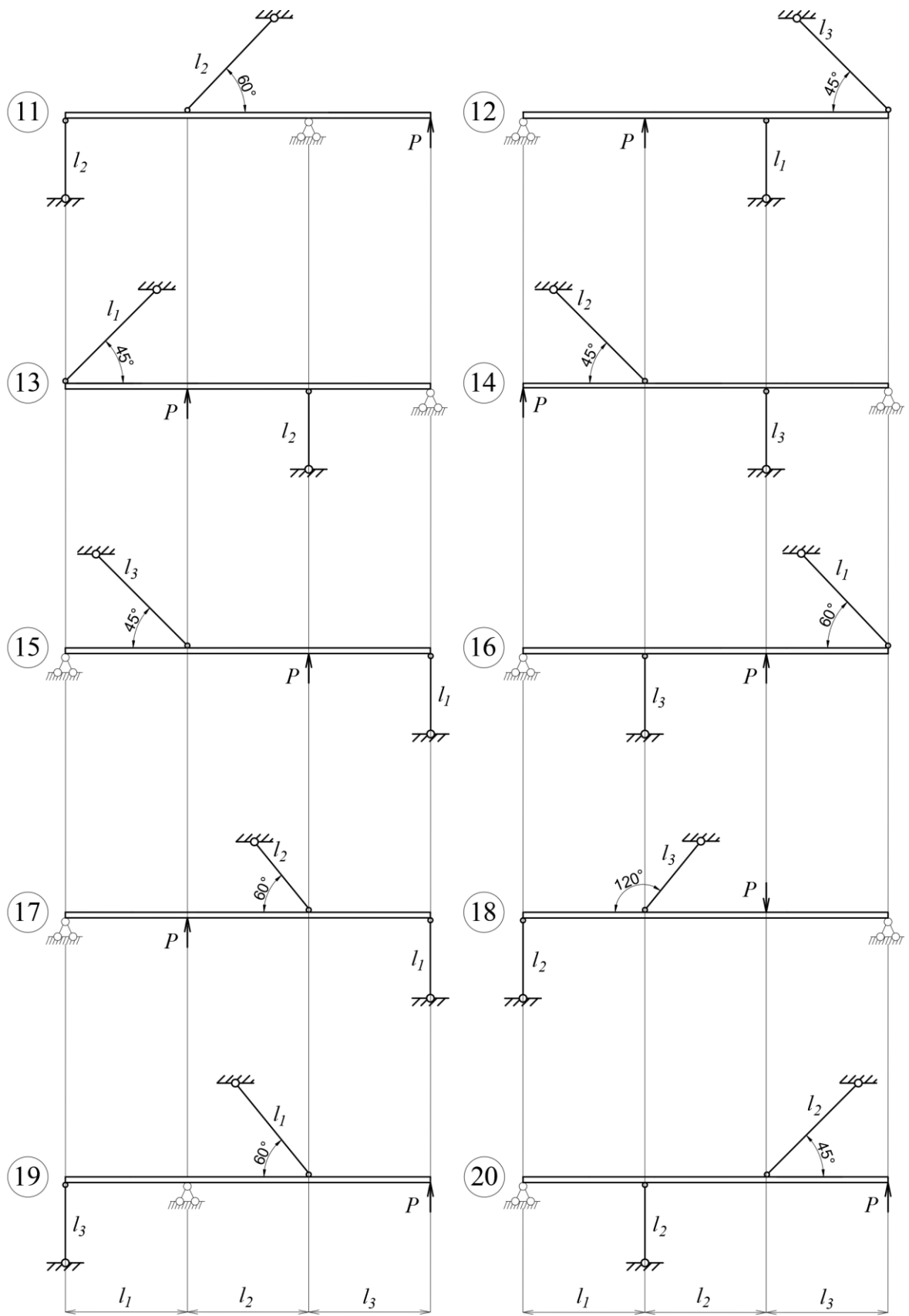


Рис. 3.1 (продолжение)

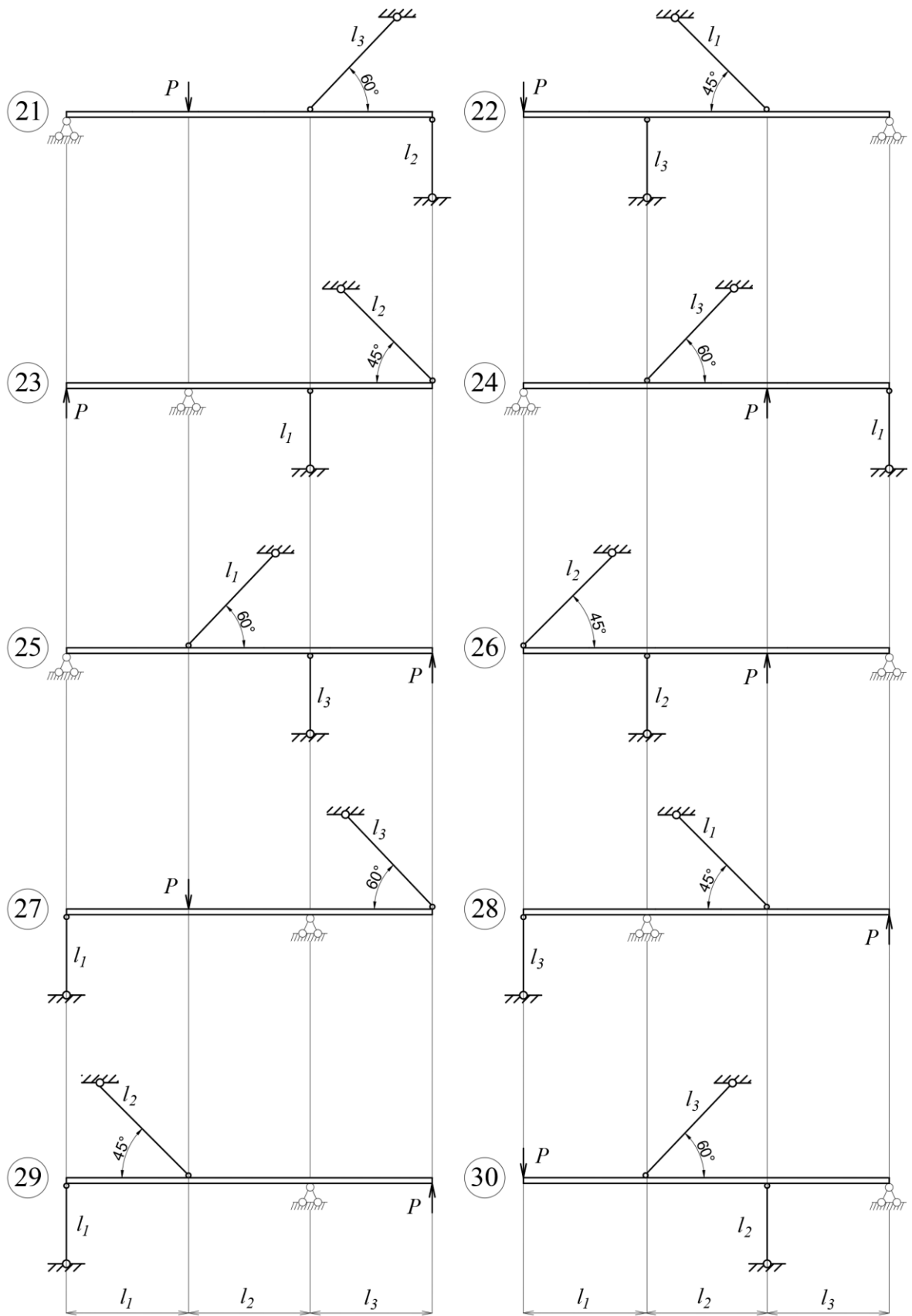


Рис. 3.1 (окончание)

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 коэффициент запаса.

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: длина $l = 1$ м, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, предел текучести материала $\sigma_T = 300$ 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	k_4	$A_1, \text{см}^2$	b	c	d
0	10	1	2	3	4	10	1,5	1,5	2,5
1	1	1,5	2,25	3,25	4,25	12,5	2,0	1,6	2,6
2	2	2	2,5	3,5	4,5	15	2,5	1,7	2,7
3	3	2,5	2,75	3,75	4,75	17,5	3,0	1,8	2,8
4	4	3	3	4	5	20	3,5	1,9	2,9
5	5	3,5	3,25	4,25	5,25	22,5	4,0	2,0	3,0
6	6	4	3,5	4,5	5,5	25	4,5	2,1	3,1
7	7	4,5	3,75	4,75	5,75	27,5	5,0	2,2	3,2
8	8	5	4	5	6	30	5,5	2,3	3,3
9	9	5,5	4,25	5,25	6,25	32,5	6,0	2,4	3,4
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А

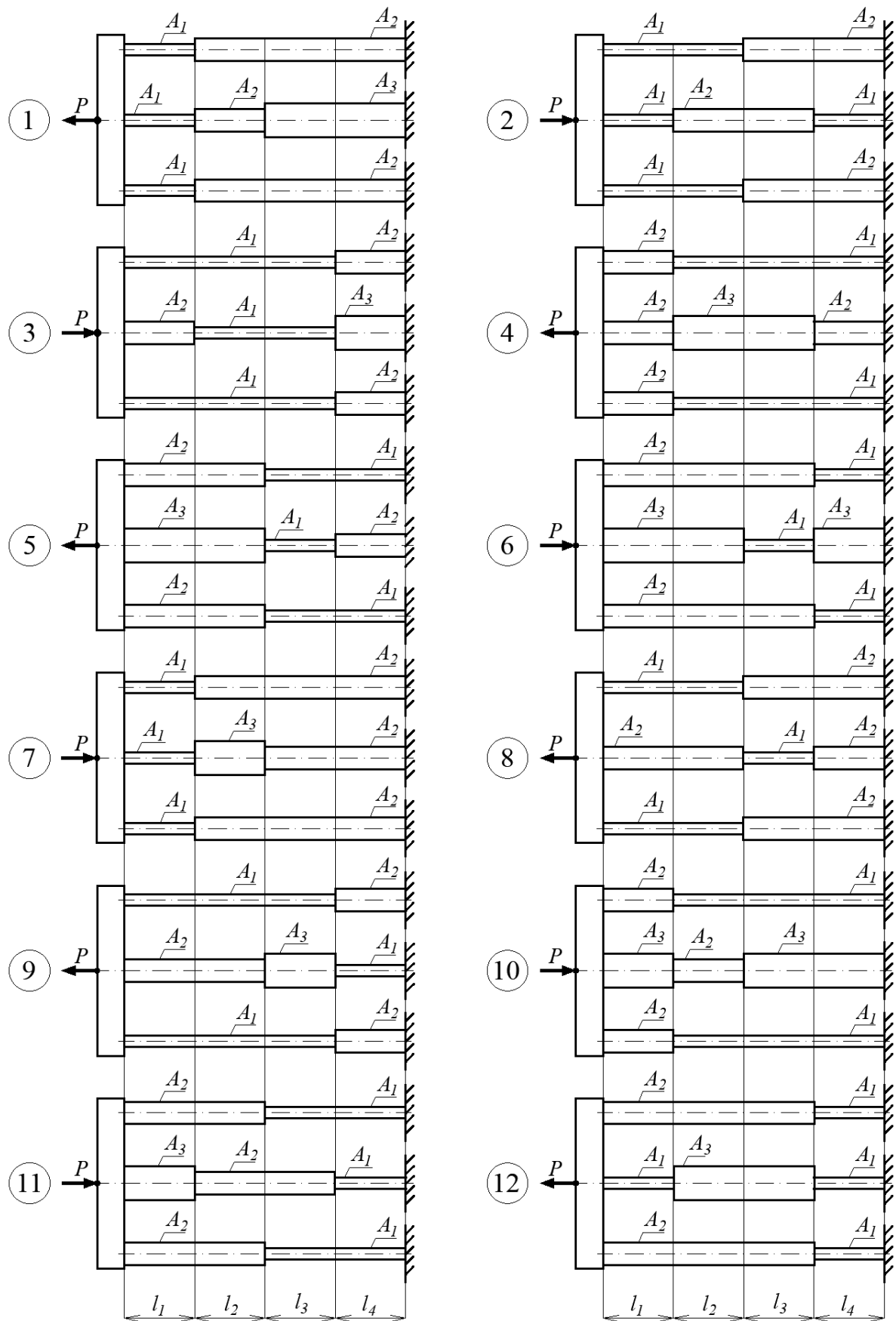


Рис. 3.2

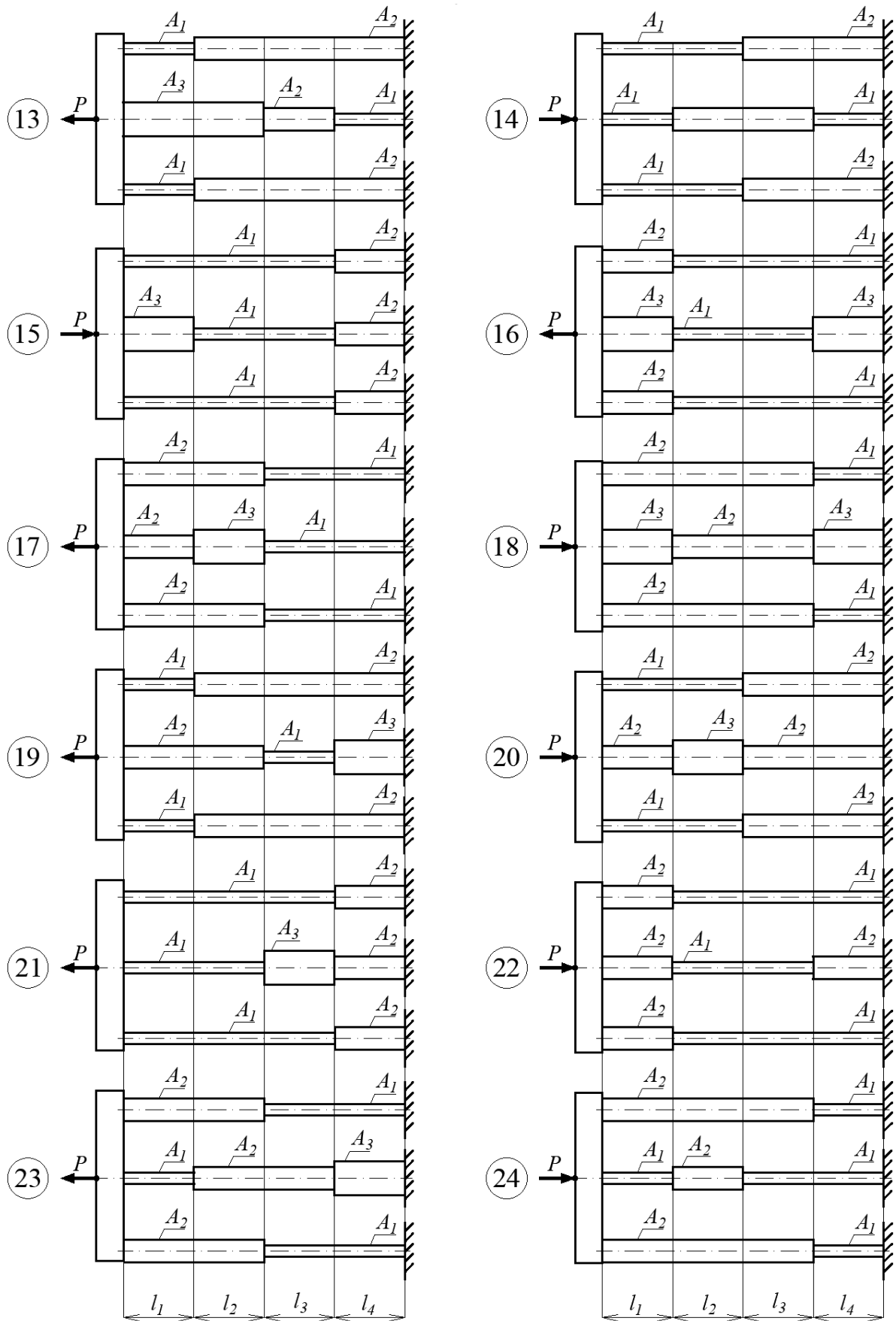


Рис. 3.2 (продолжение)

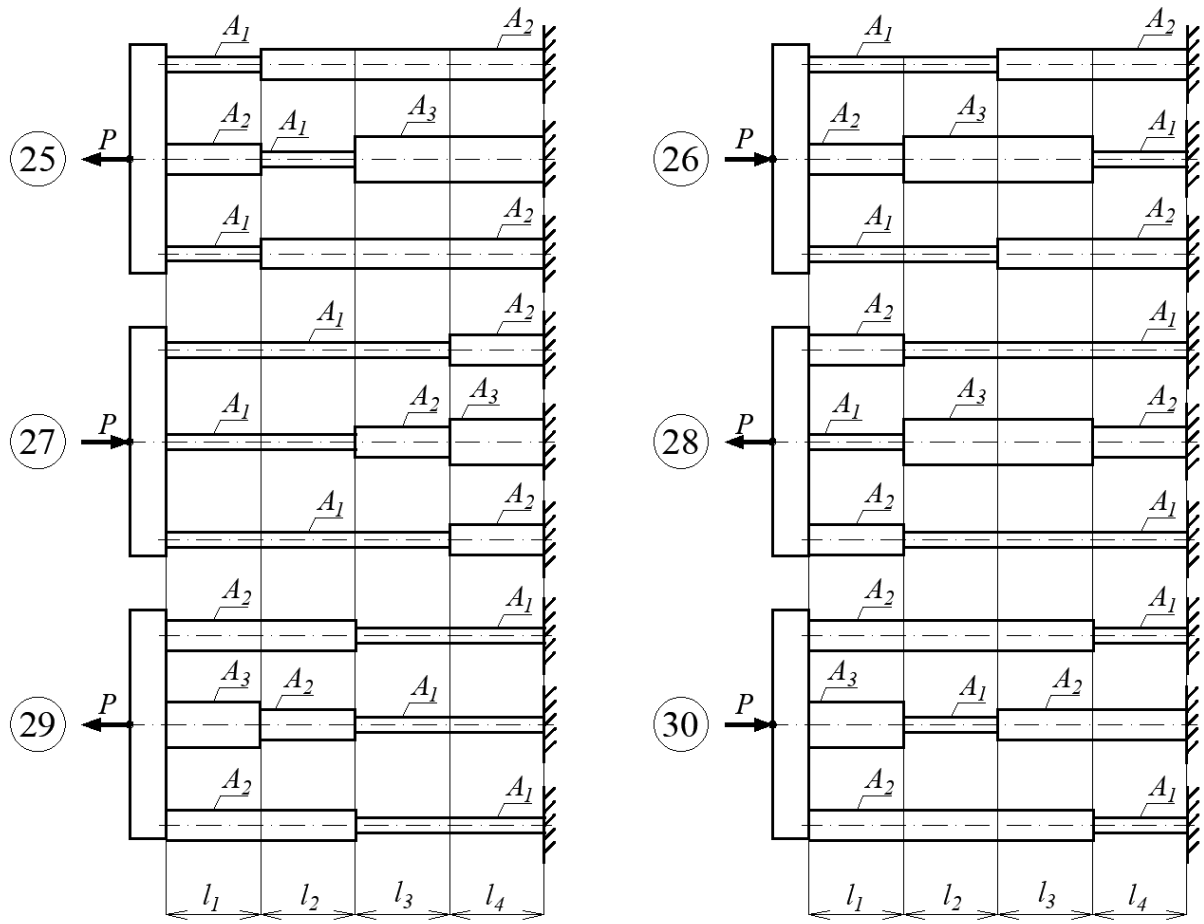


Рис. 3.2 (окончание)

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКОГО СЕЧЕНИЯ

Для плоского сечения, имеющего одну ось симметрии, изображенного на рис. 4.1, требуется:

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

Принять: $k_i = b_i \cdot a$. Пункты 1-4 выполнить в общем виде в долях a .

Исходные данные для расчета взять из таблицы 4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные

Номер строки	b_1	b_2	b_3	b_4
0	8,0	8,0	2,0	2,0
1	8,5	8,5	2,2	2,2
2	9,0	9,0	2,4	2,4
3	9,5	9,5	2,6	2,6
4	10,0	10,0	2,8	2,8
5	10,5	10,5	3,0	3,0
6	11,0	11,0	3,2	3,2
7	11,5	11,5	3,4	3,4
8	12,0	12,0	3,6	3,6
9	12,5	12,5	3,8	3,8
	А	Б	В	Г

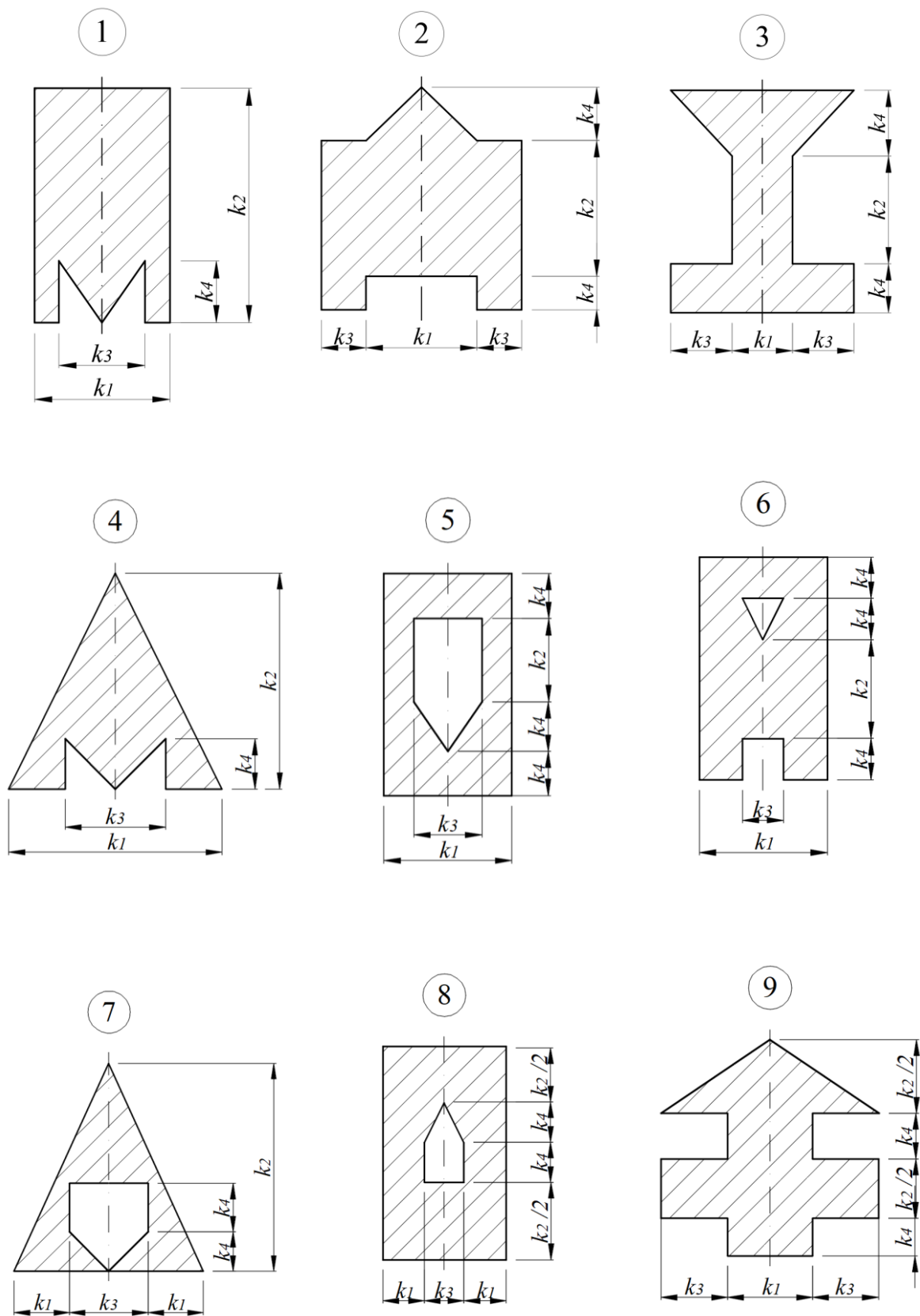


Рис. 4.1

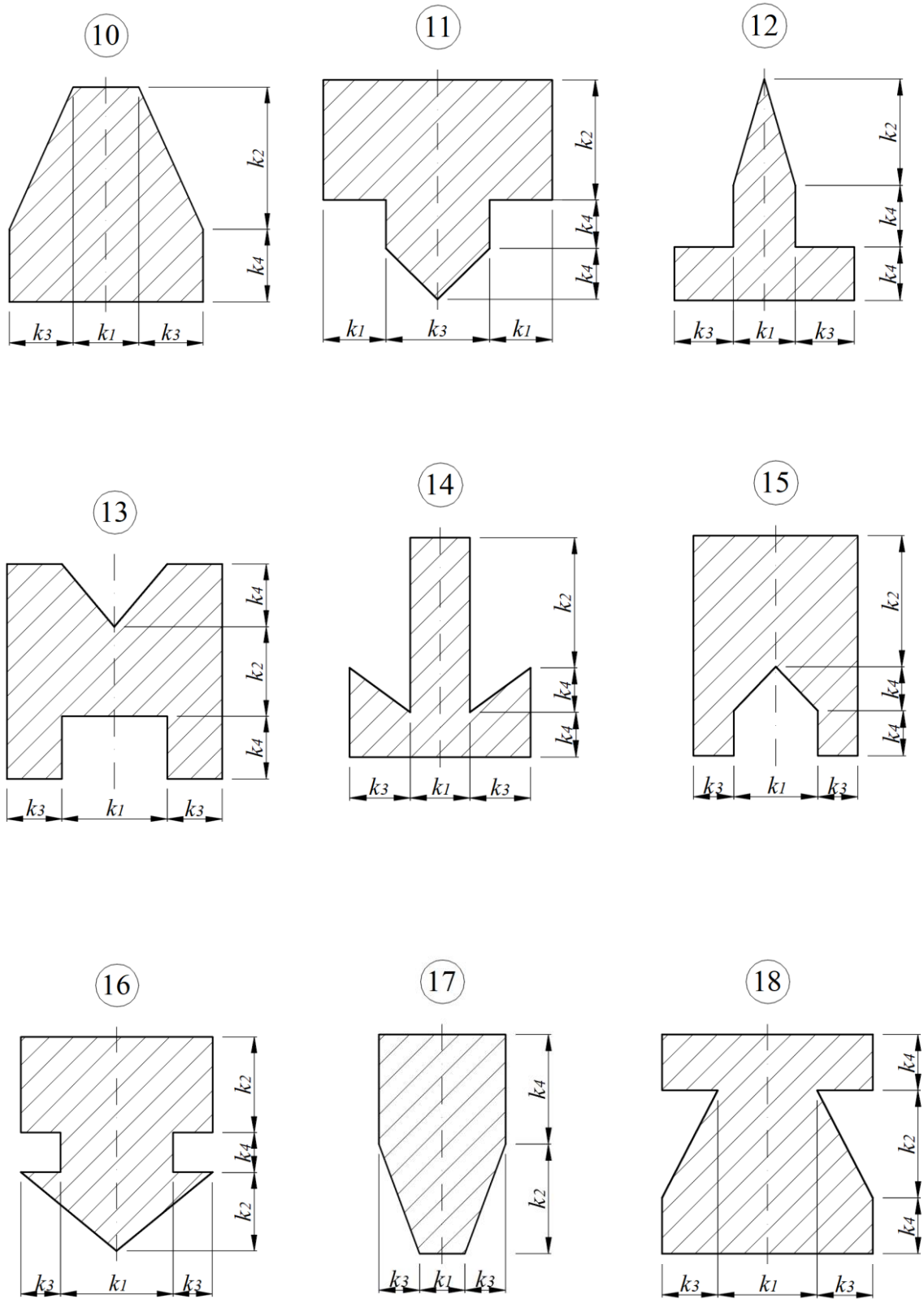


Рис. 4.1 (продолжение)

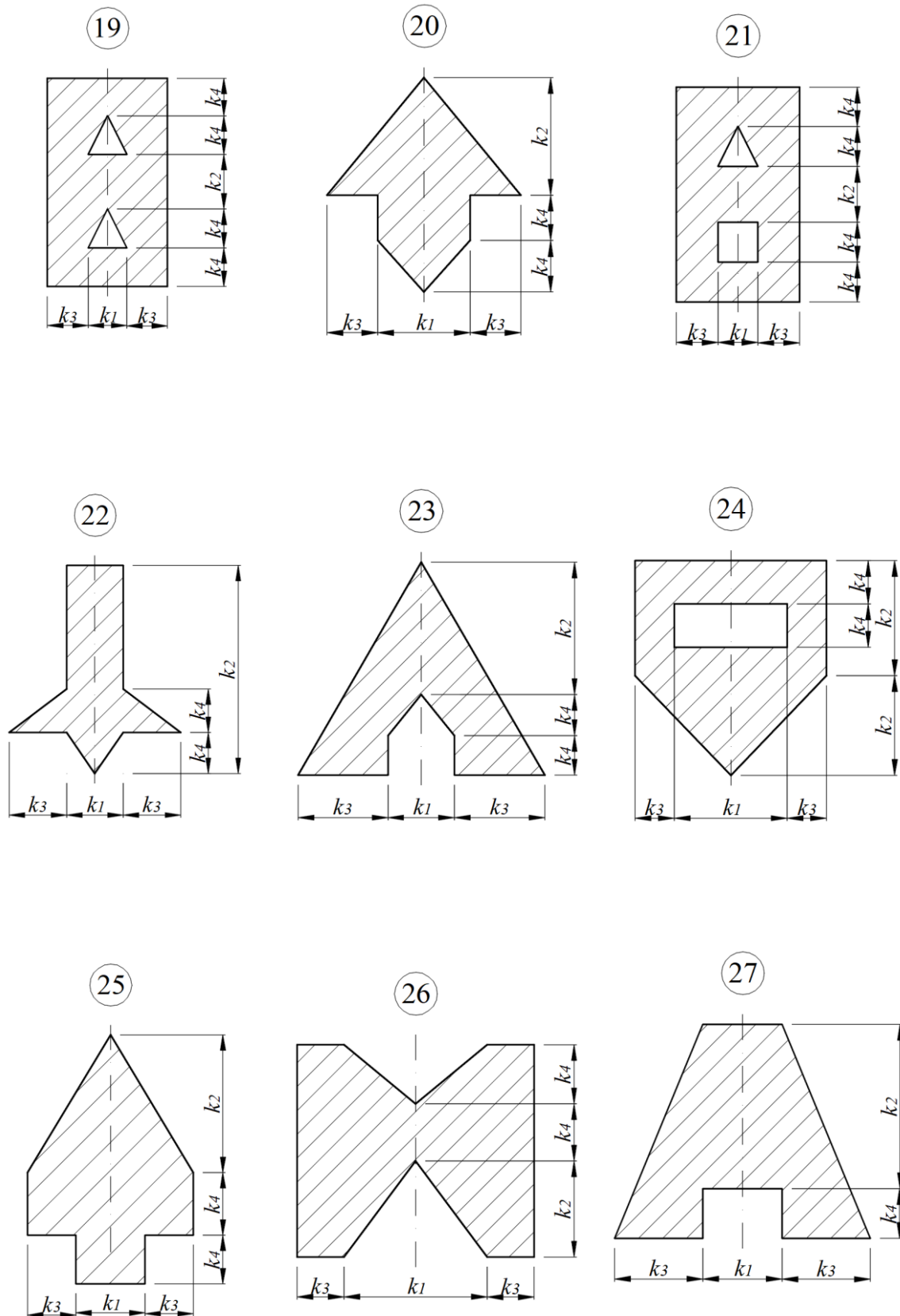


Рис. 4.1 (продолжение)

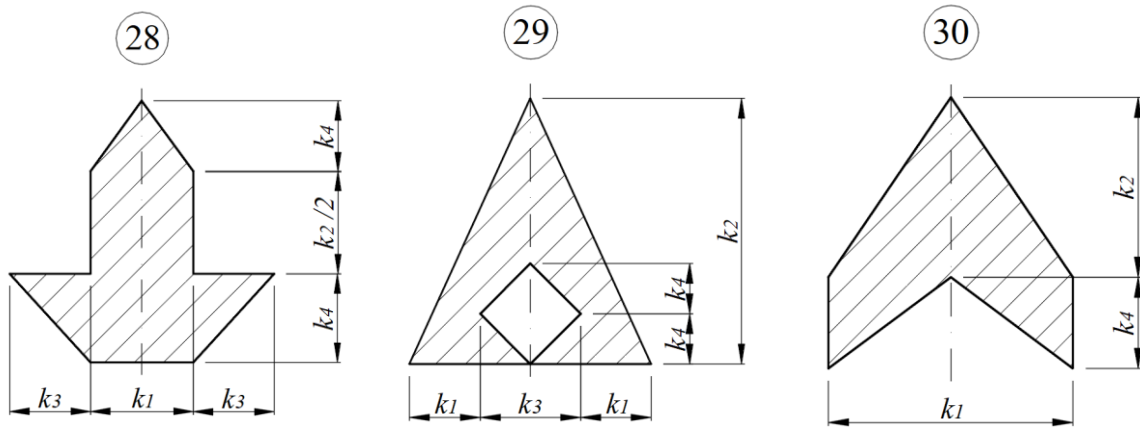


Рис. 4.1 (окончание)

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТАВНОГО ПЛОСКОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Для составного плоского поперечного сечения, изображенного на рис.

5.1, требуется:

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

Характеристики уголка, швеллера, двутавра определяются в соответствии с Приложениями Г-Е.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные

Номер строки	$l_1, \text{ мм}$	$l_2, \text{ мм}$	$l_3, \text{ мм}$	№ уголка	№ швеллера	№ двутавра
0	10	20	40	3,2	5П	10Б1
1	12	22	42	3,5	6,5П	12Б1
2	14	24	44	4	8П	12Б2
3	16	26	46	4,5	10П	14Б1
4	18	28	48	5	12П	14Б2
5	20	30	50	5,6	14П	16Б1
6	22	32	52	6,3	16П	16Б2
7	24	34	54	7	16аП	18Б1
8	26	36	56	7,5	18П	18Б2
9	28	38	58	8	18аП	20Б0
	А	Б	В	Г	А	Б

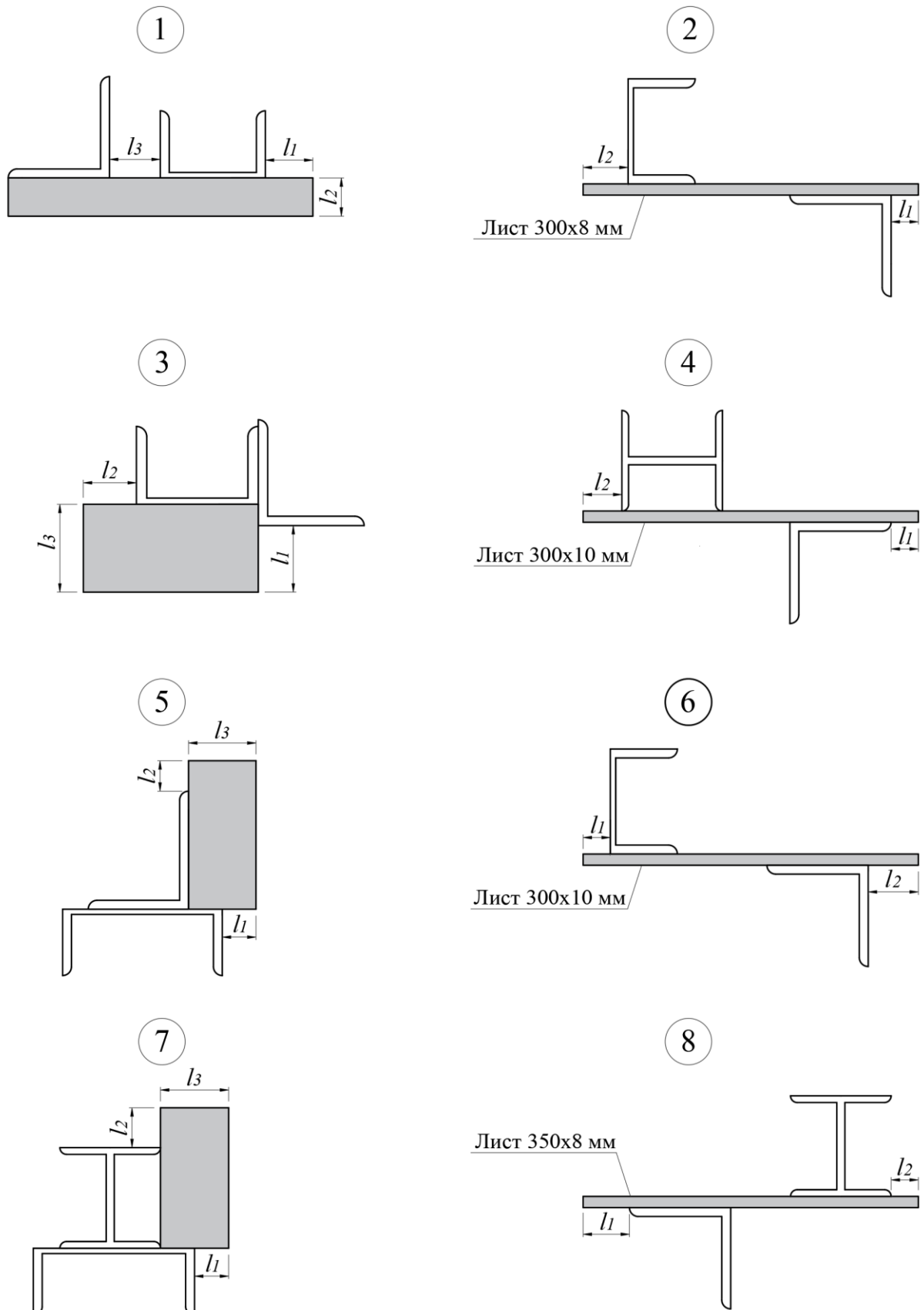


Рис. 5.1

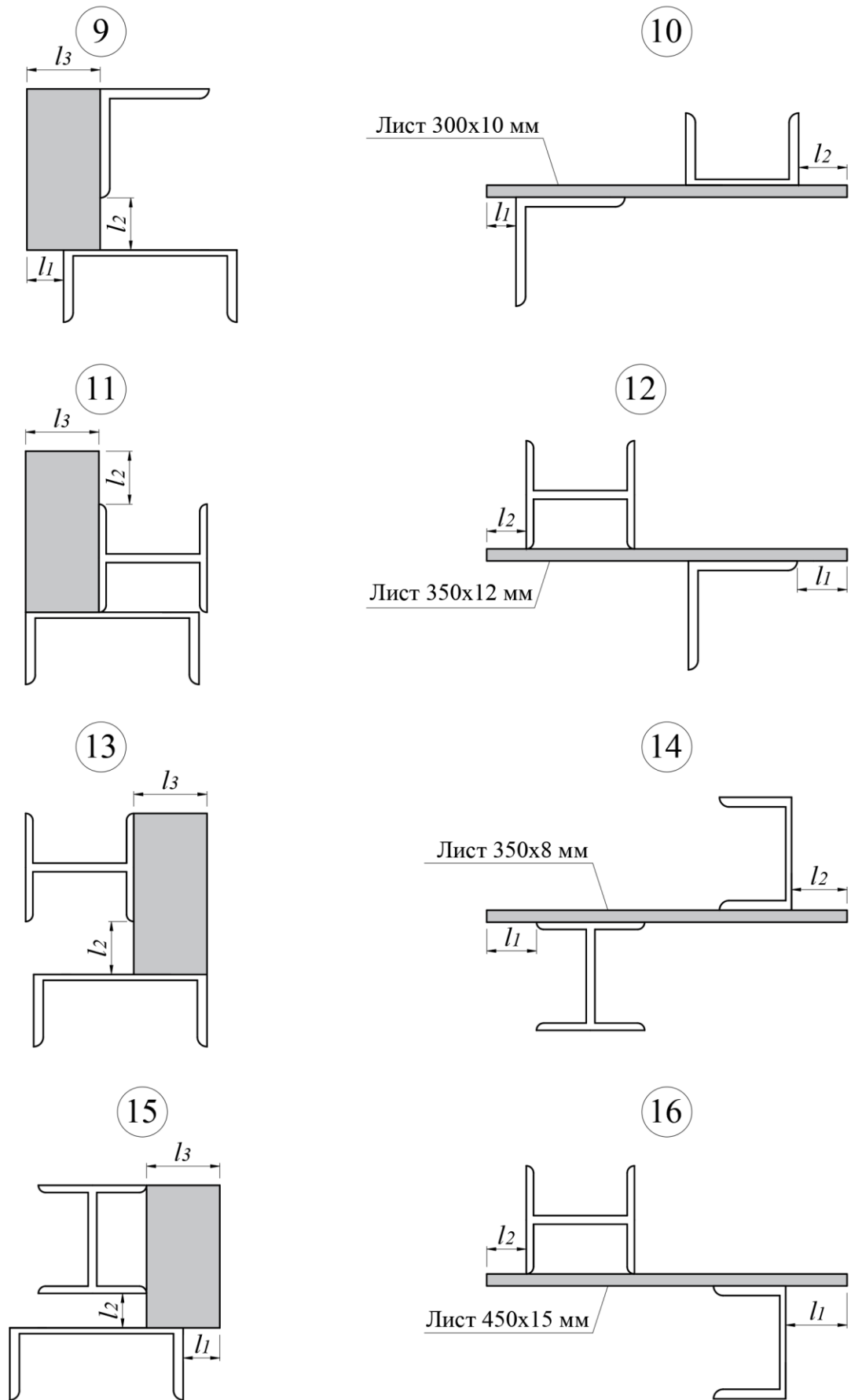


Рис. 5.1 (продолжение)

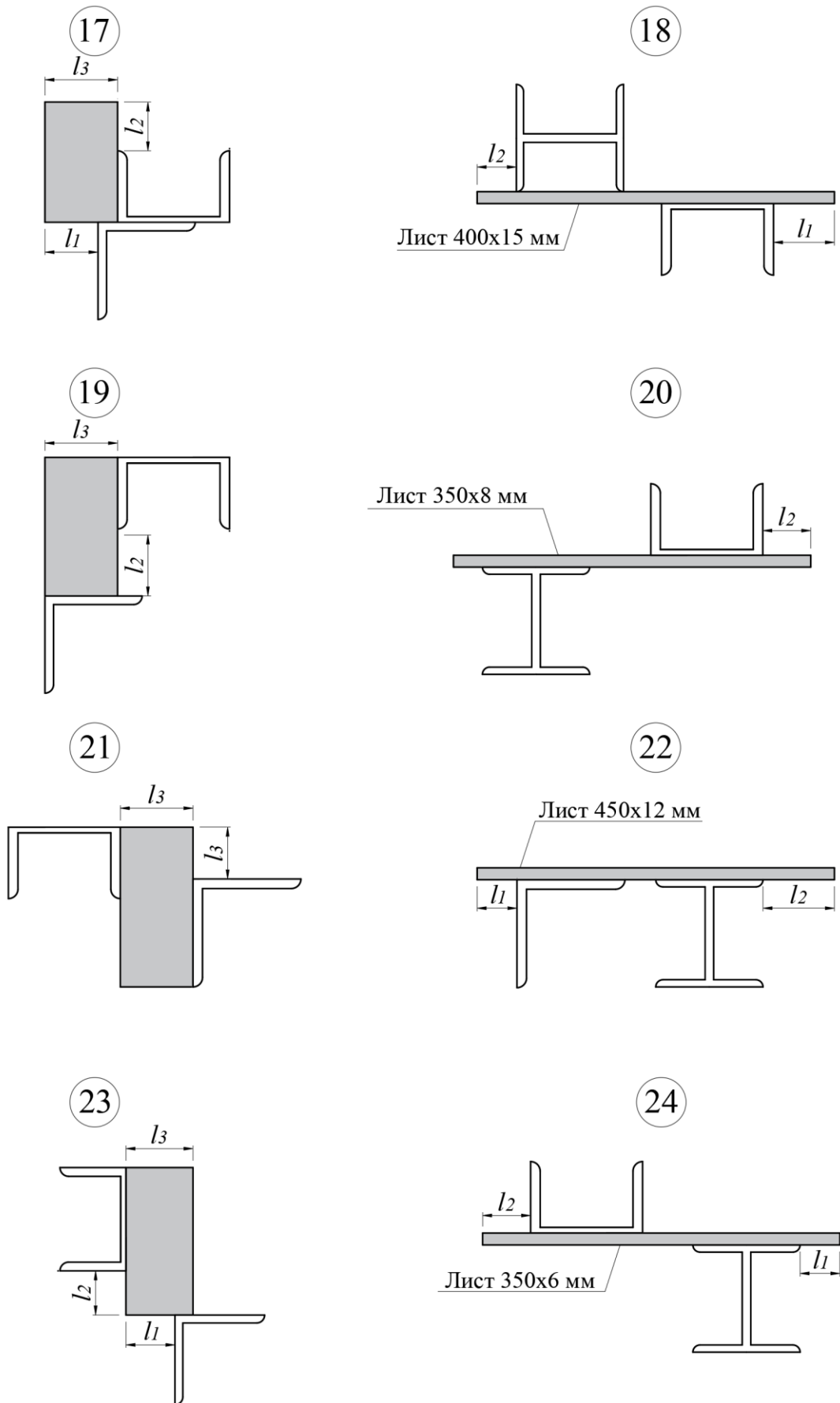


Рис. 5.1 (продолжение)

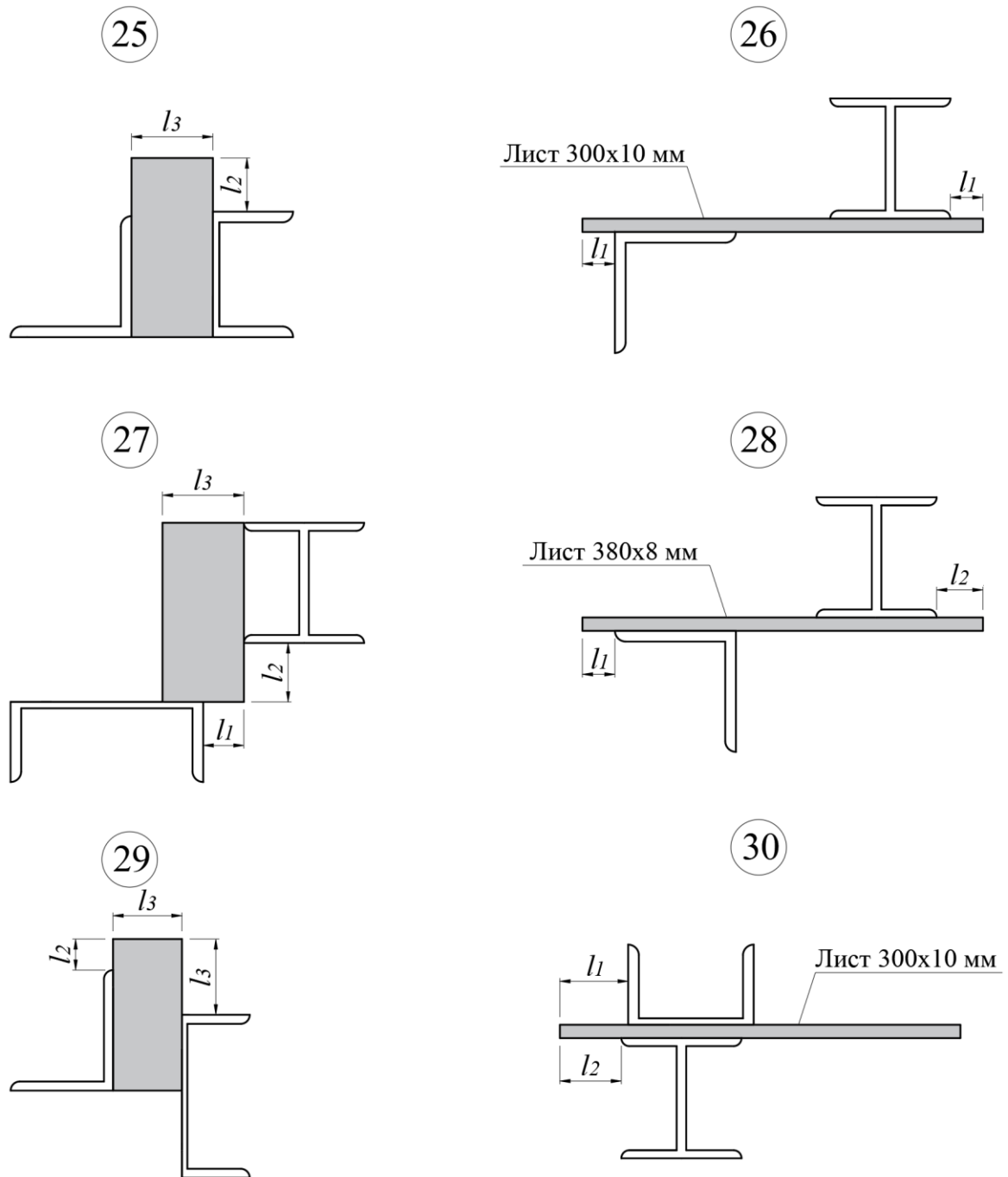


Рис. 5.1 (окончание)

6. РАСЧЕТ БРУСА ПРИ КРУЧЕНИИ

Для ступенчатого бруса, изображенного на рис. 6.2, требуется:

- 1) определить крутящие моменты $M_{кр}$ и построить их 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;

б) из условий прочности и жесткости при кручении определить минимально допустимую величину поперечного сечения бруса. Возможные формы поперечных сечений представлены на рис. 6.1. Полученный размер округлить в большую сторону до ближайшего значения в соответствии с норморядом (приложение Б).

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 $M_i = b_i \cdot ml$, размер поперечного сечения $d_i = c_i \cdot d$.

При определении геометрических размеров принять: интенсивность распределенного момента $m = 20$ кНм/м, длина $l = 0,2$ м, модуль сдвига $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, предел текучести материала при кручении $\tau_T = 160$ МПа, допускаемый относительный угол закручивания $[\theta] = 1$ град/м.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 6.1.

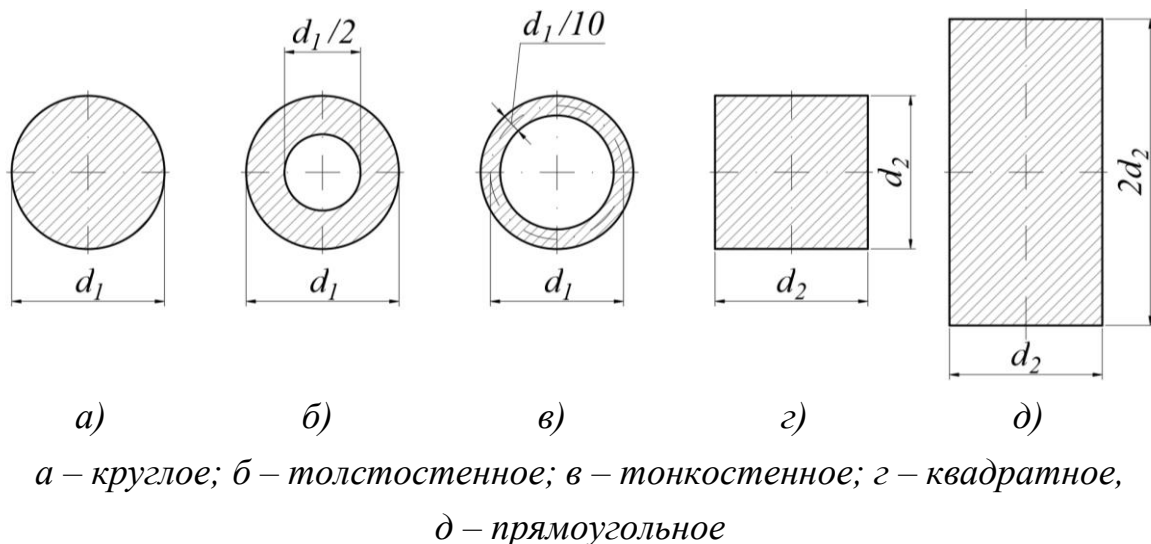


Рис. 6.1. Форма поперечного сечения

Таблица 6.1.

Исходные данные

Номер строки	k_1	k_2	k_3	a	b_1	b_2	c_1	c_2	Коэффициент запаса по текущей n_T	Сечение с размером d_1	Сечение с размером d_2
0	1	2	3	1,0	1,5	3,0	0,80	1,50	1,4	Круглое	Квадрат
1	1,5	2,25	3,25	1,2	2,0	3,2	0,85	1,55	1,5	Толстостенное	Прямоугольник
2	2	2,5	3,5	1,4	2,5	3,4	0,90	1,60	1,6	Тонкостенное	Квадрат
3	2,5	2,75	3,75	1,6	3,0	3,6	0,95	1,65	1,7	Круглое	Прямоугольник
4	3	3	4	1,8	3,5	3,8	1,00	1,70	1,8	Толстостенное	Квадрат
5	3,5	3,25	4,25	2,0	4,0	4,0	1,05	1,75	1,9	Тонкостенное	Прямоугольник
6	4	3,5	4,5	2,2	4,5	4,2	1,10	1,80	2,0	Круглое	Квадрат
7	4,5	3,75	4,75	2,4	5,0	4,4	1,15	1,85	2,1	Толстостенное	Прямоугольник
8	5	4	5	2,6	5,5	4,6	1,20	1,90	2,2	Тонкостенное	Квадрат
9	5,5	4,25	5,25	2,8	6,0	4,8	1,25	2,00	2,5	Круглое	Прямоугольник
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г	А	Б	В

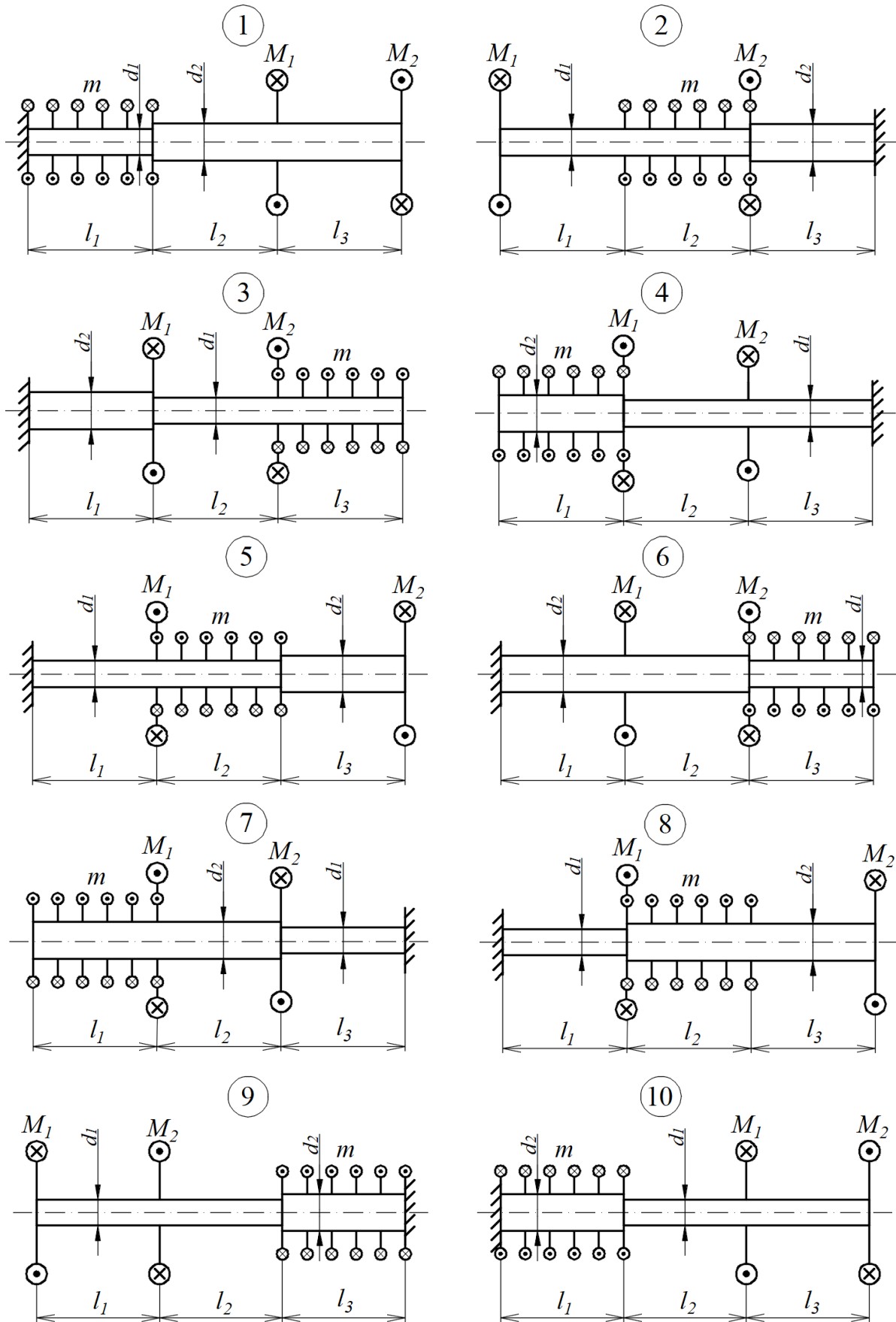


Рис. 6.2

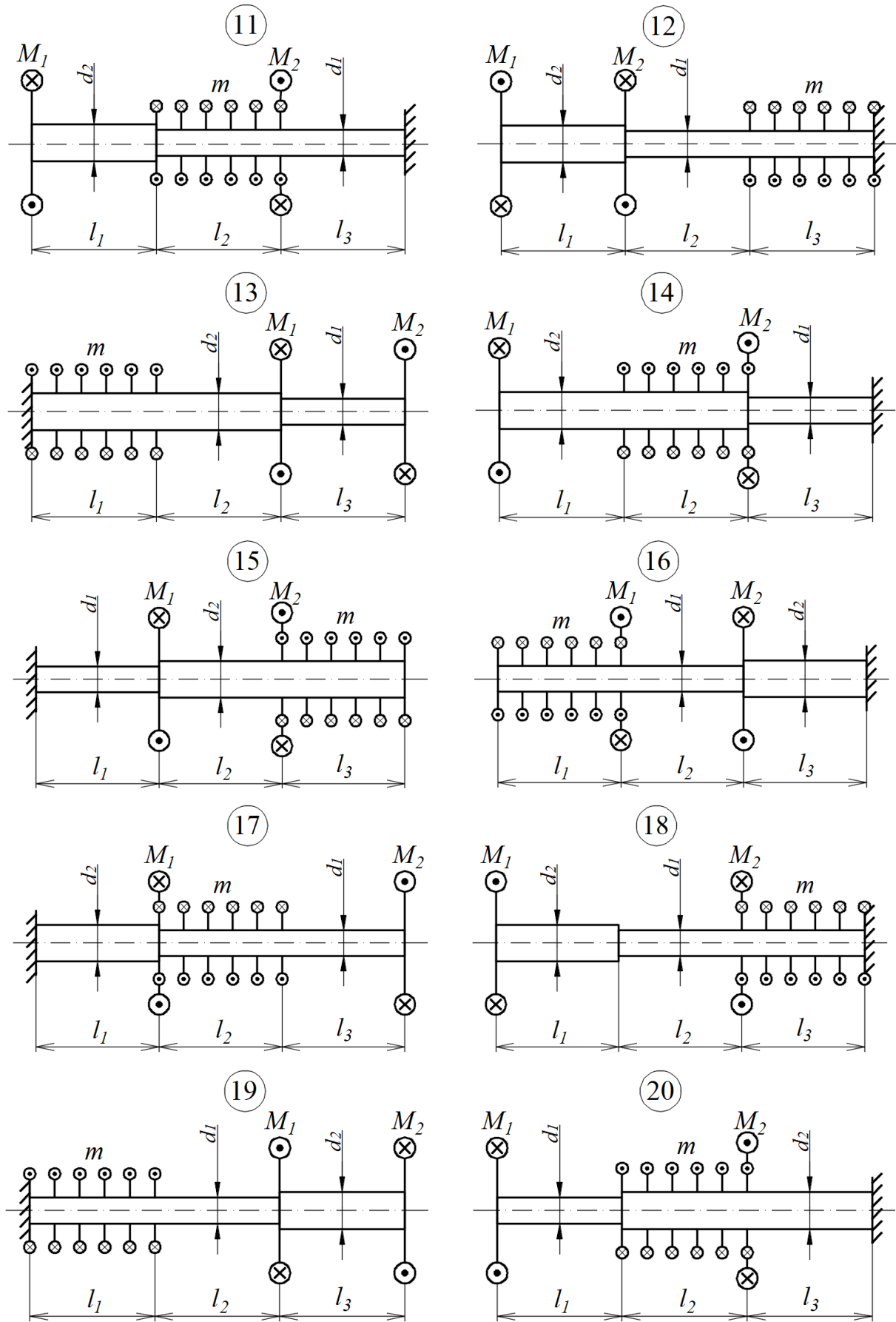


Рис. 6.2 (продолжение)

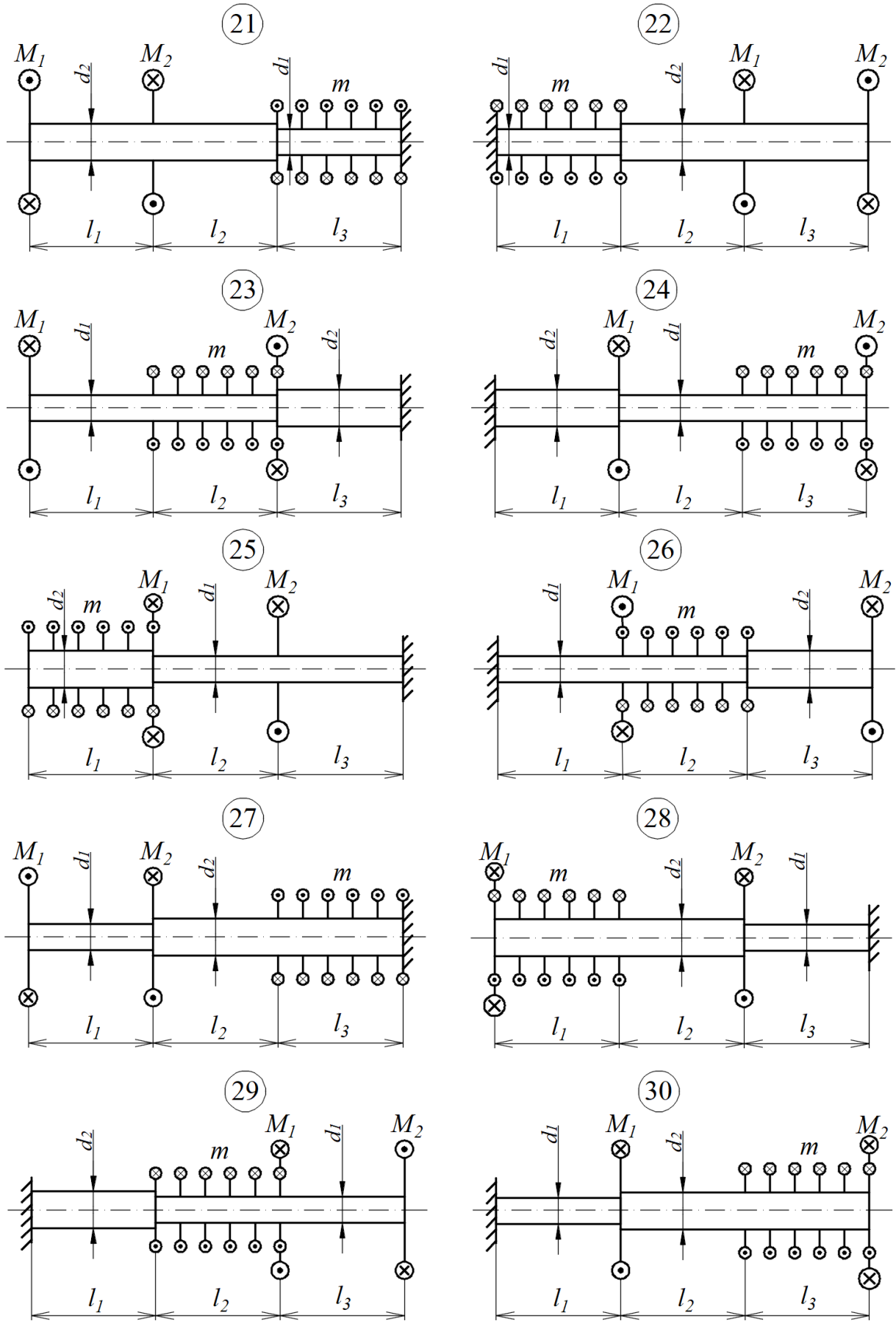


Рис. 6.2 (окончание)

7. РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОГО БРУСА ПРИ КРУЧЕНИИ

Для ступенчатого статически неопределимого бруса, имеющего круглые поперечные сечения (рис. 7.1), требуется:

- 1) определить крутящие моменты $M_{кр}$ и построить их эпюру;
- 2) построить эпюру относительных углов закручивания θ ;
- 3) построить эпюру углов поворота поперечных сечений φ ;
- 4) построить эпюру максимальных касательных напряжений τ_{max} ;
- 5) из условия прочности по допускаемым напряжениям и жесткости

при кручении определить минимально допустимую величину диаметра d поперечного сечения бруса. Полученный размер диаметра вала округлить в большую сторону до ближайшего значения по норморяду (приложение Б).

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

При определении геометрических размеров принять: интенсивность распределенного момента $m = 20$ кНм/м, длина $l = 0,2$ м, модуль сдвига $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, предел текучести материала $\tau_T = 160$ МПа, допускаемый относительный угол закручивания $[\theta] = 1$ град/м.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 7.1.

Таблица 7.1

Исходные данные

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

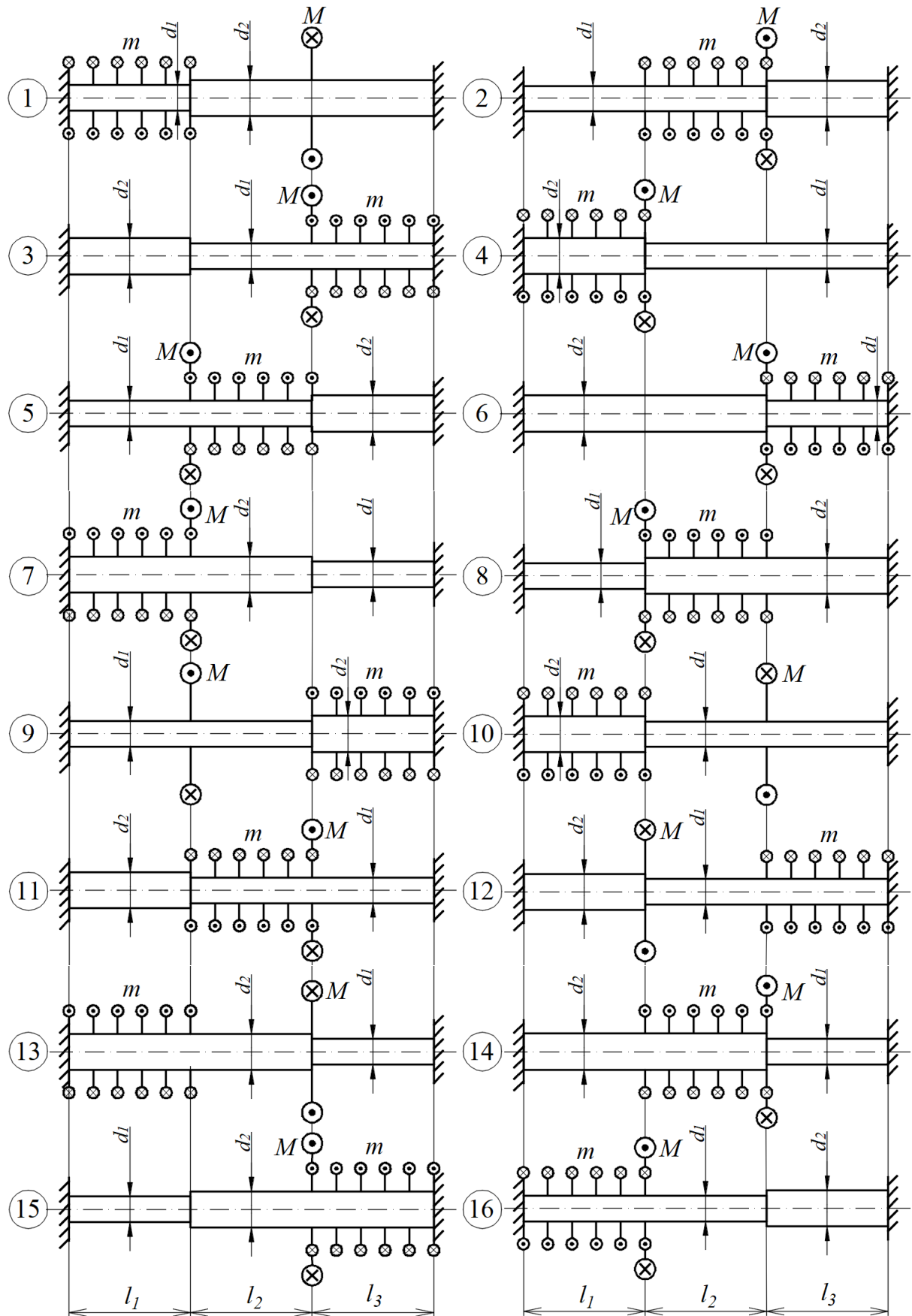


Рис. 7.1

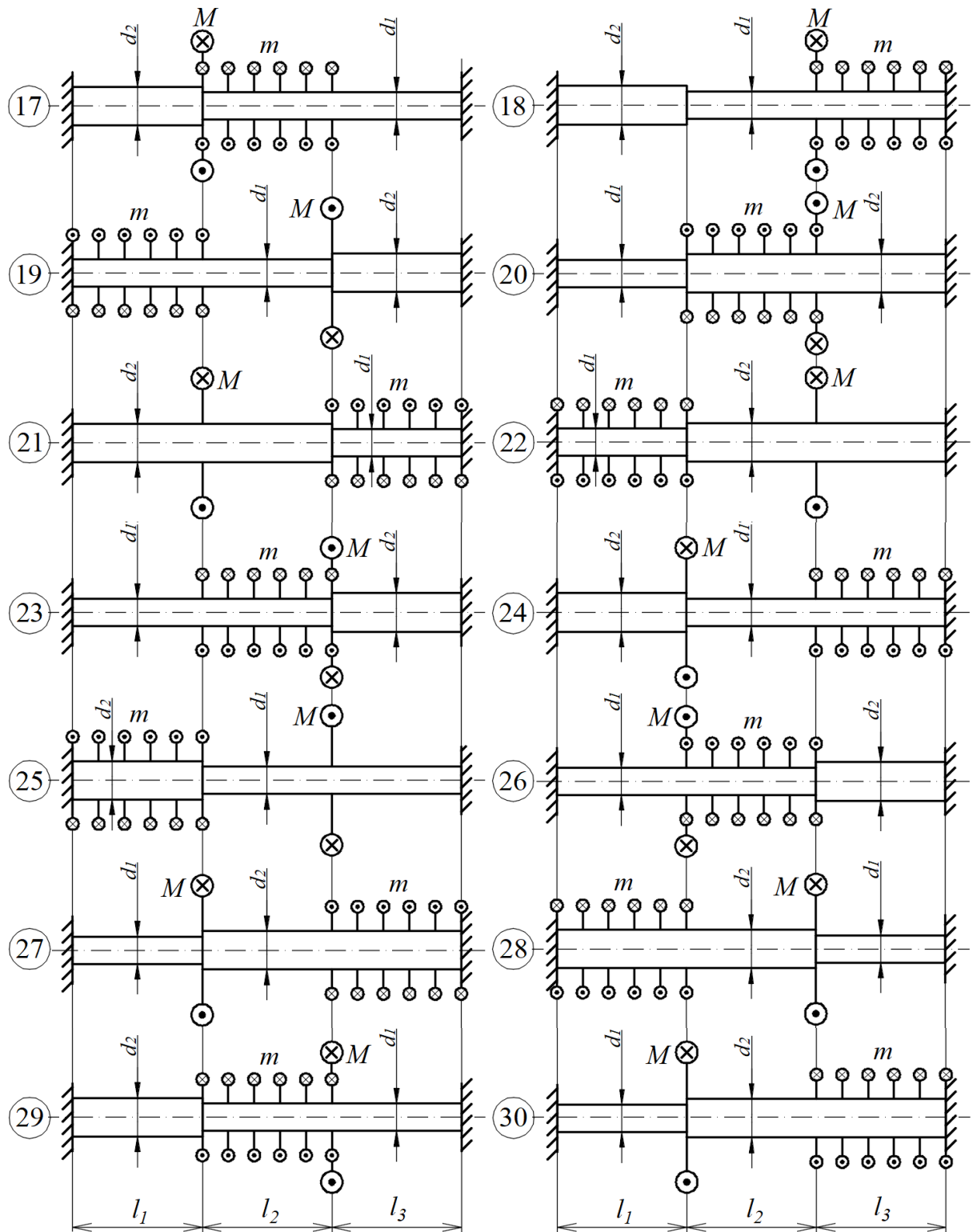


Рис. 7.1 (окончание)

8. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ТОЧКЕ ТЕЛА

В окрестности произвольной точки тела выделен бесконечно малый параллелепипед, на гранях которого действуют напряжения (рис. 8.1).

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: материал изотропный, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$, модуль упругости второго рода (модуль сдвига) $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 8.1.

Таблица 8.1.

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

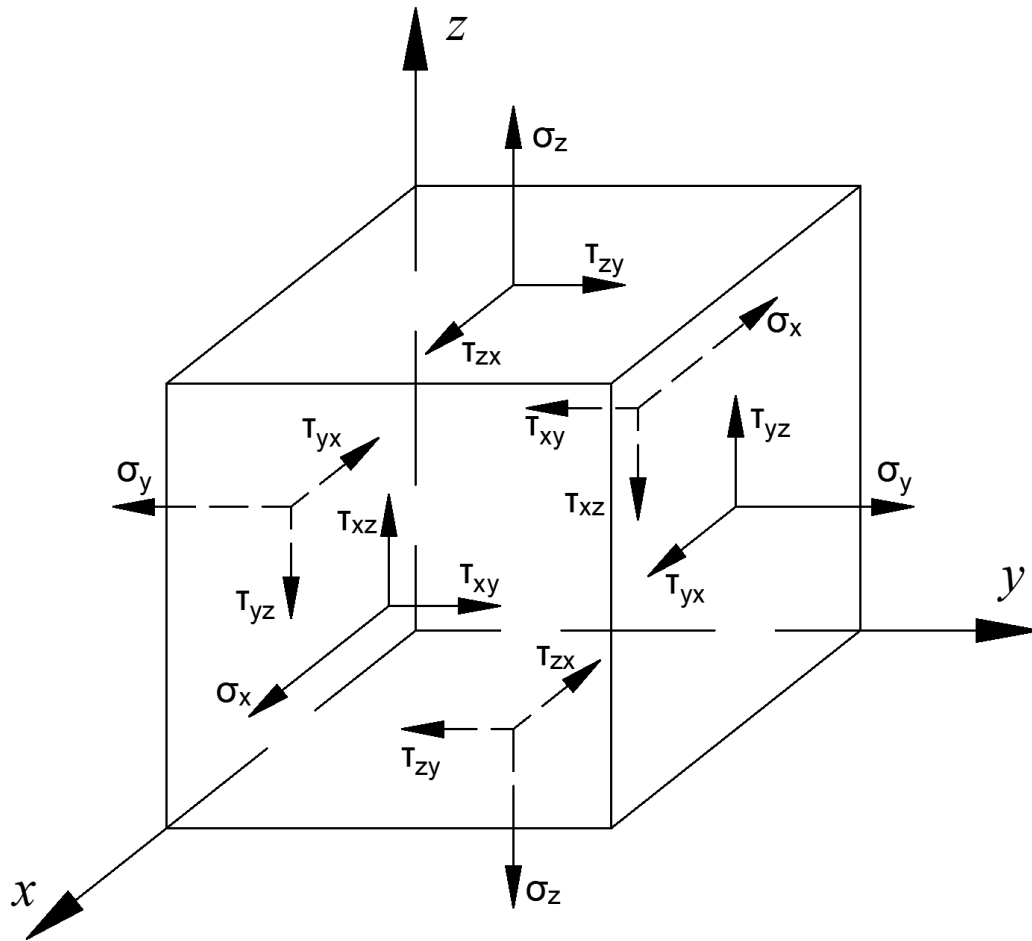


Рис. 8.1

9. РАСЧЕТ КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ

Для консольной балки, изображенной на рис. 9.1, требуется:

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

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

3) определить линейное вертикальное и угловое перемещения на свободном конце балки.

Принять: длина $l_i = k_i \cdot l$, сосредоточенная сила $P = a \cdot ql$, сосредоточенный момент $M = b \cdot ql^2$.

При подборе поперечного сечения принять: длина $l = 1$ м, модуль упругости первого рода $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, предел текучести материала $\sigma_T = 220$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 9.1.

Таблица 9.1

Исходные данные

Номер строки	a	b	q , кН/м	k_1	k_2	k_3	k_4	Коэффициент запаса текучести n_T
0	1,5	3,0	10	1,2	2	3,1	3,0	1,3
1	2,0	3,2	15	1,4	2,2	3,2	3,5	1,4
2	2,5	3,4	20	1,6	2,4	3,3	4,0	1,5
3	3,0	3,6	25	1,8	2,6	3,4	4,5	1,6
4	3,5	3,8	30	2,0	2,8	3,5	5,0	1,7
5	4,0	4,0	35	2,2	3,0	3,6	5,5	1,8
6	4,5	4,2	40	2,4	3,2	3,7	6,0	1,9
7	5,0	4,4	45	2,6	3,4	3,8	6,5	2,0
8	5,5	4,6	50	2,8	3,6	3,9	7,0	2,1
9	6,0	4,8	55	3,0	3,8	4,0	7,5	2,2
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г

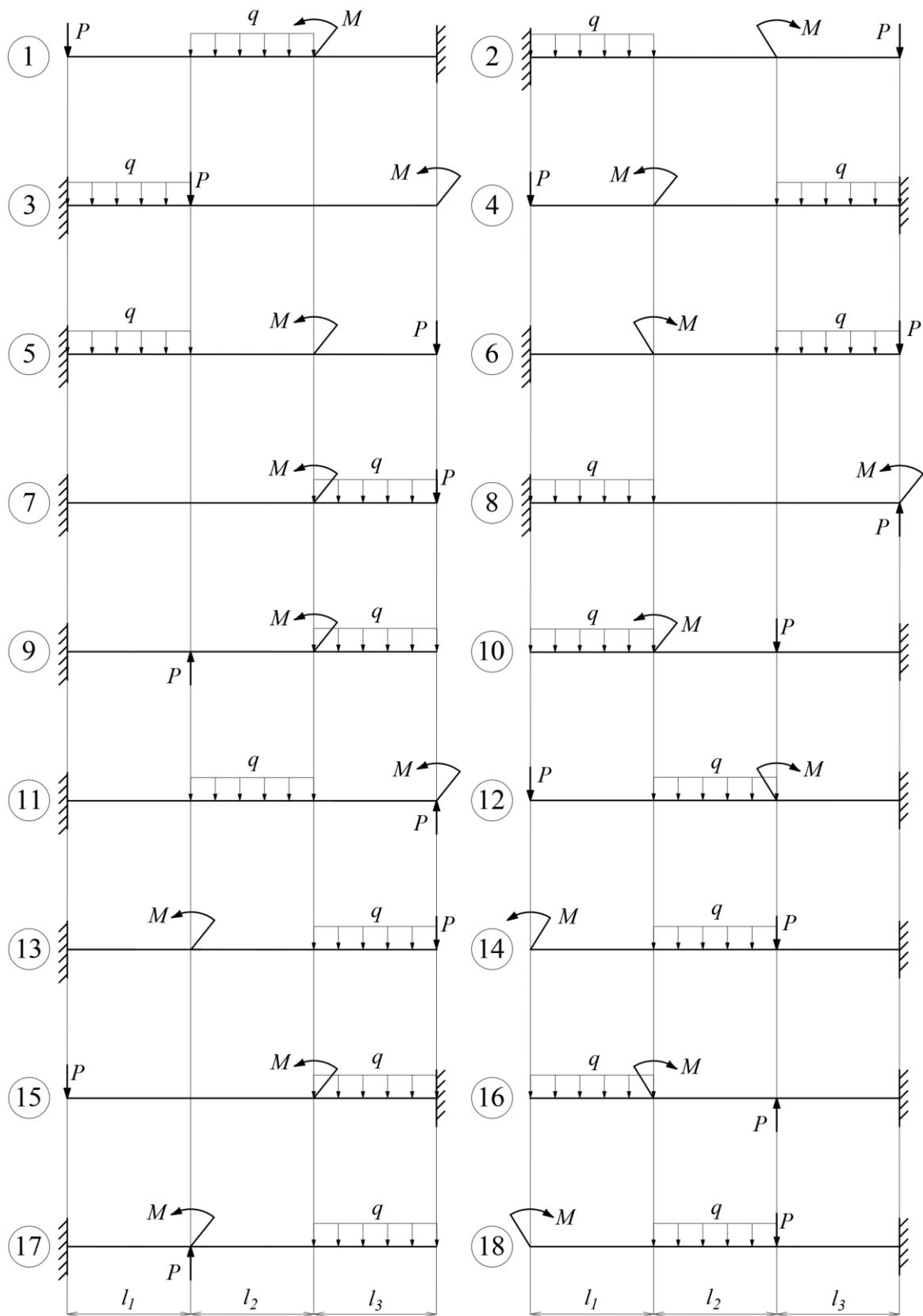


Рис. 9.1

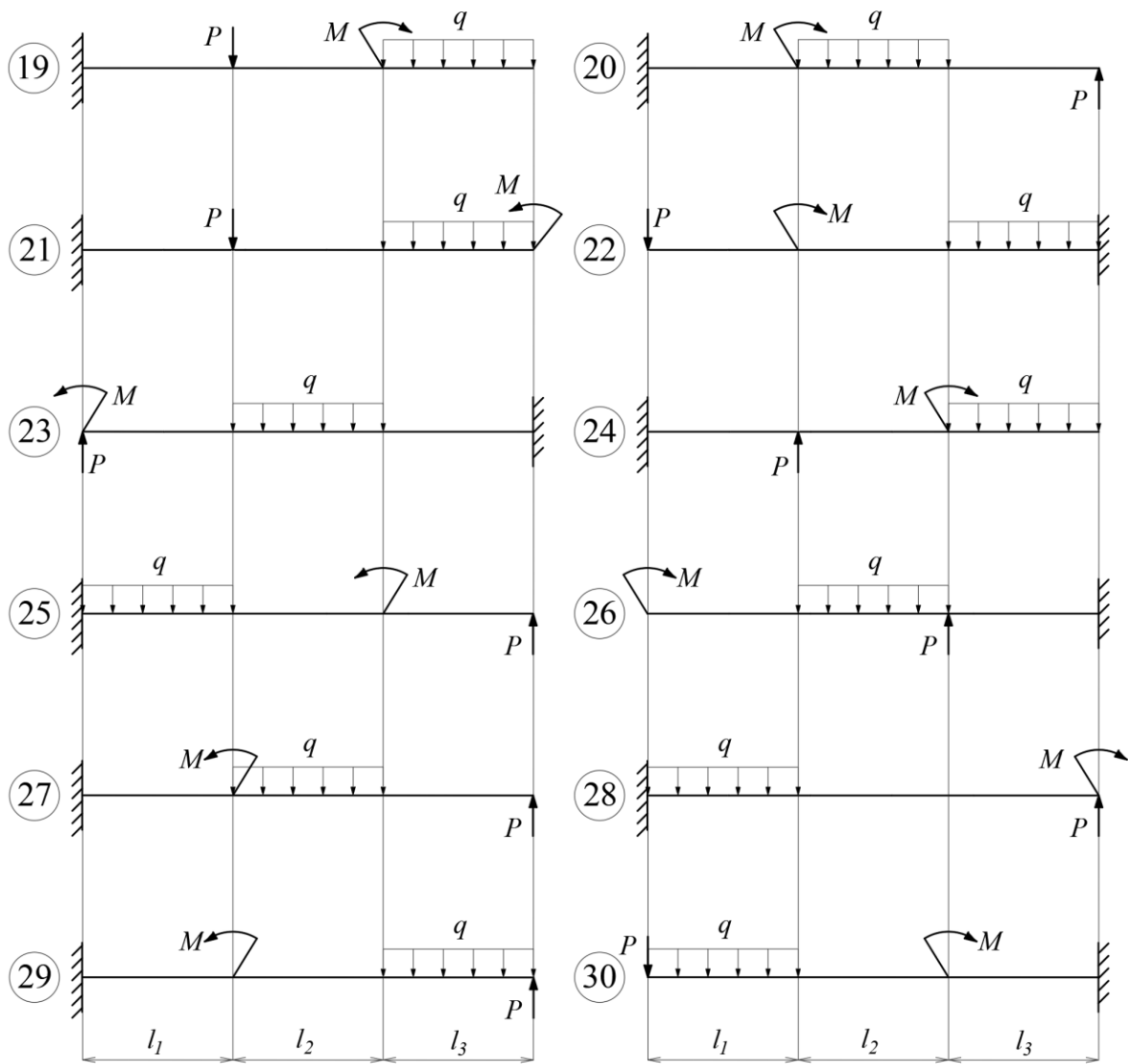


Рис. 9.1 (окончание)

10. РАСЧЕТ ДВУХОПОРНОЙ БАЛКИ

Для двухопорной балки, изображенной на рис. 10.1, 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 Е)
 - плоское сечение заданной формы (взять из задания 4);
- 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 4 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 4 с учетом определенных размеров из п.2);
- 5) для двухопорной балки двутаврового поперечного сечения построить эпюры прогибов и углов поворота поперечных сечений.

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, допускаемое напряжение $[\sigma] = 300$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 9.1.

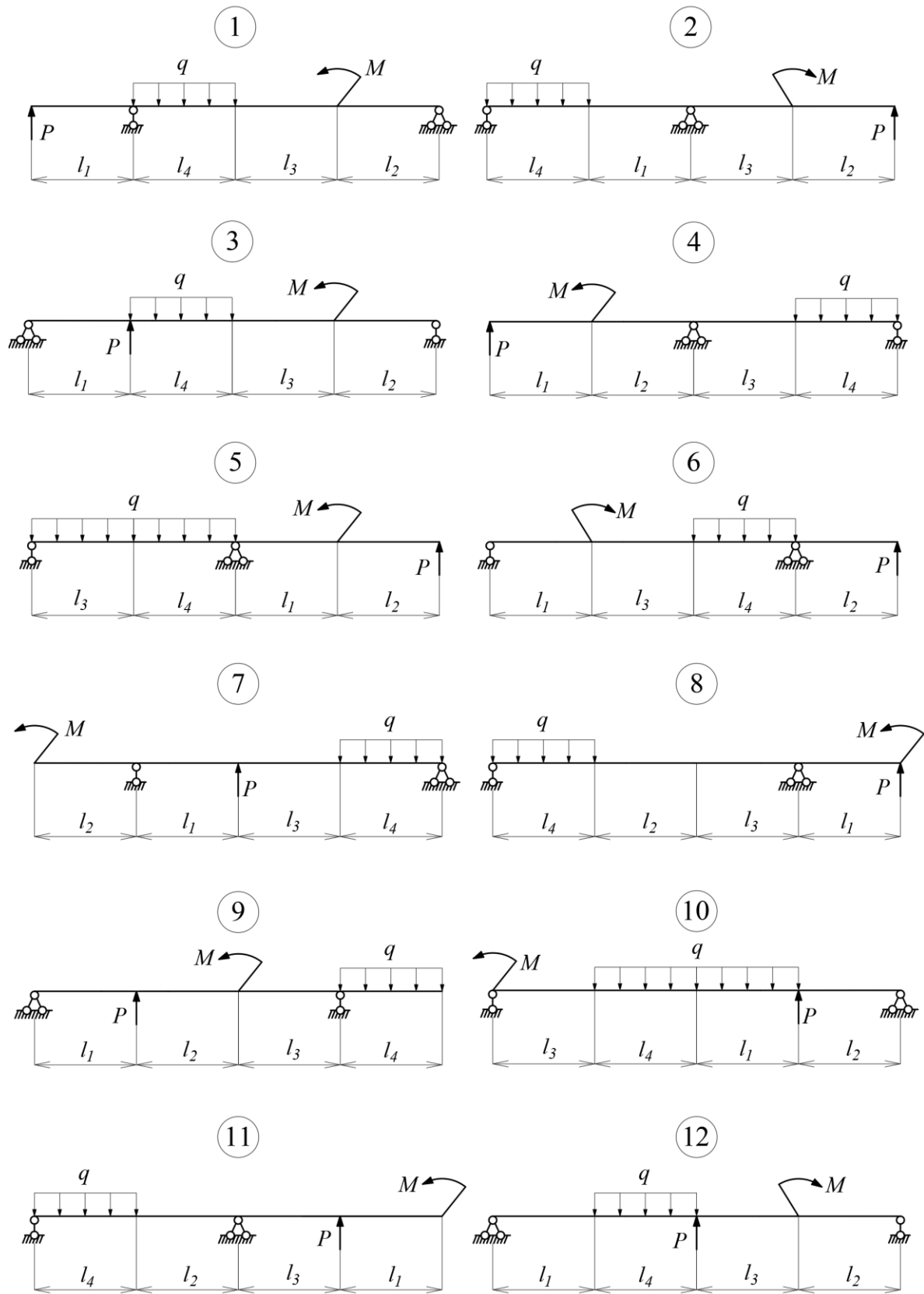


Рис. 10.1

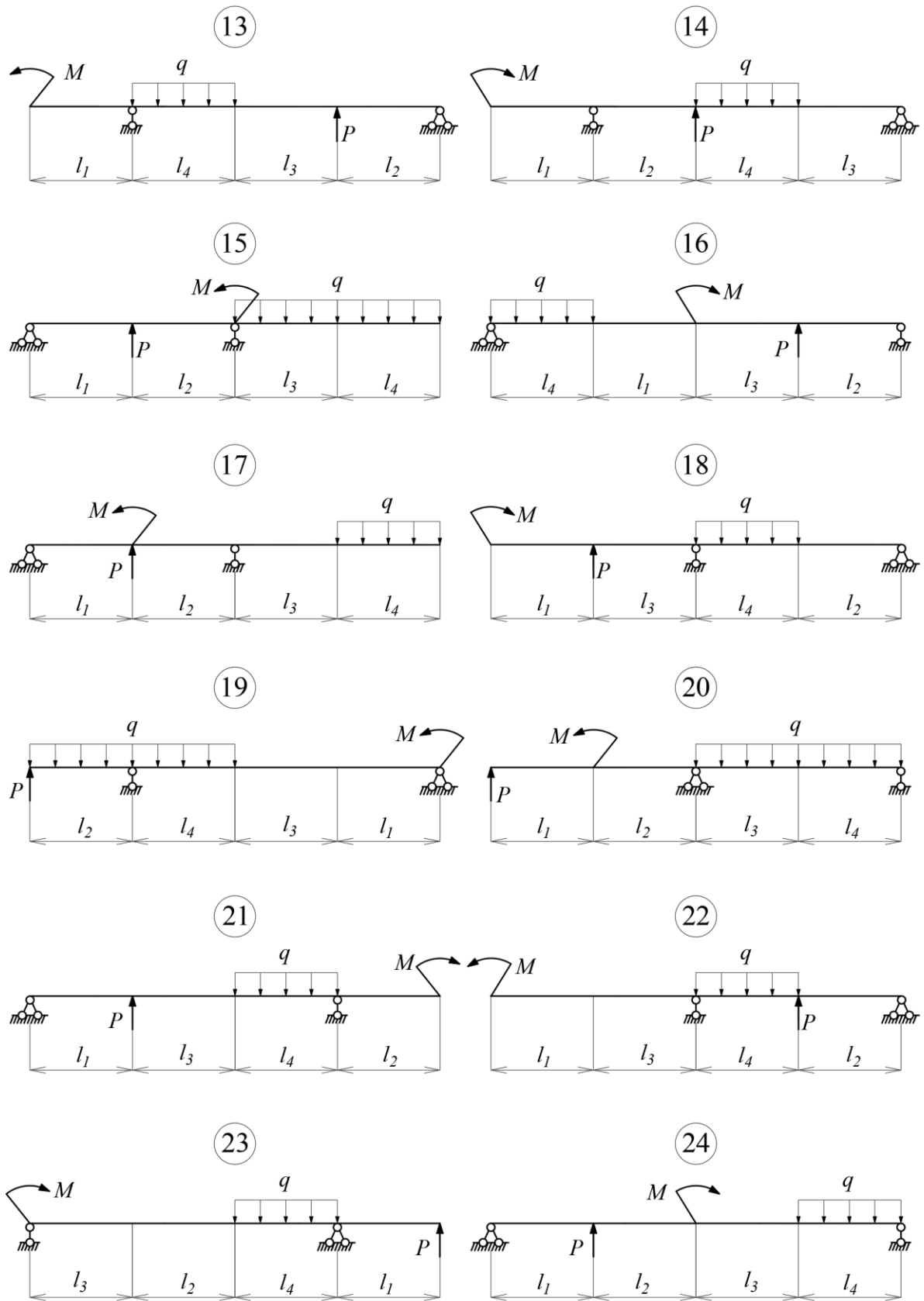


Рис. 10.1 (продолжение)

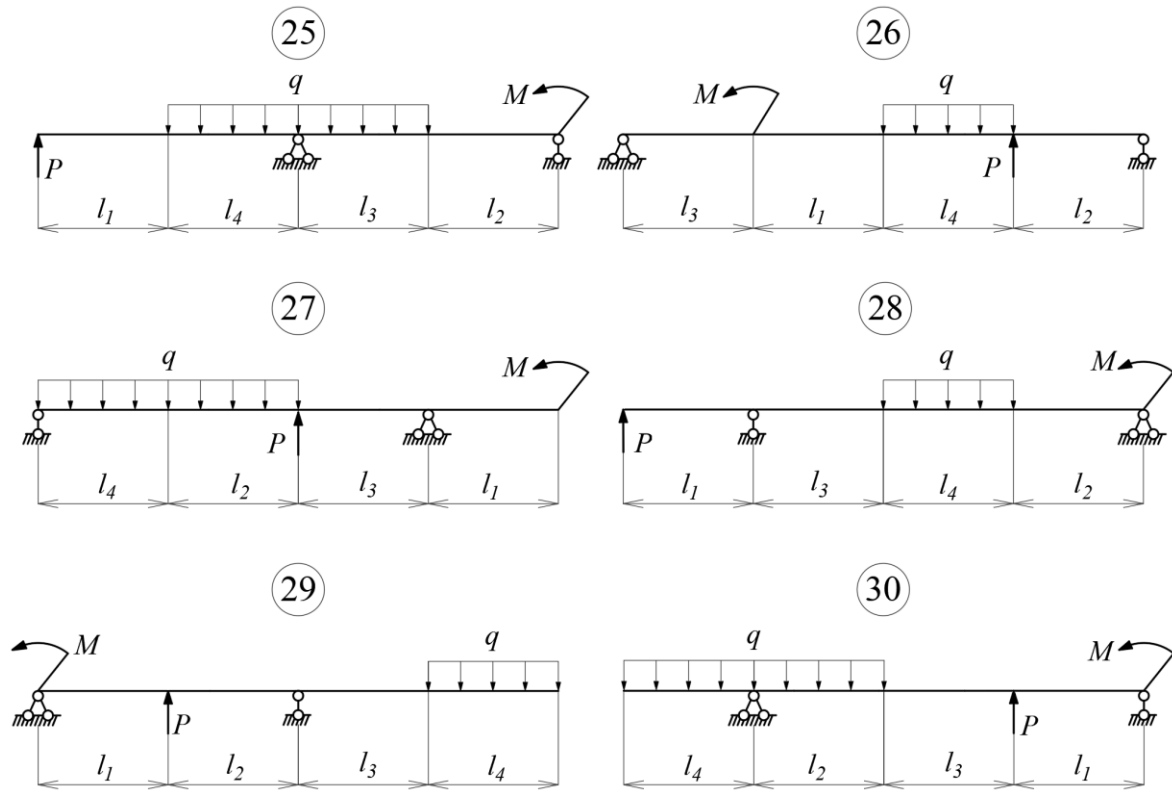


Рис. 10.1 (окончание)

11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ В БАЛКЕ. РАСЧЁТ ТРОСА

Для заданной схемы, изображенной на рисунке 11.1, требуется:

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

При расчетах 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, допускаемое напряжение $[\sigma] = 250$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 9.1.

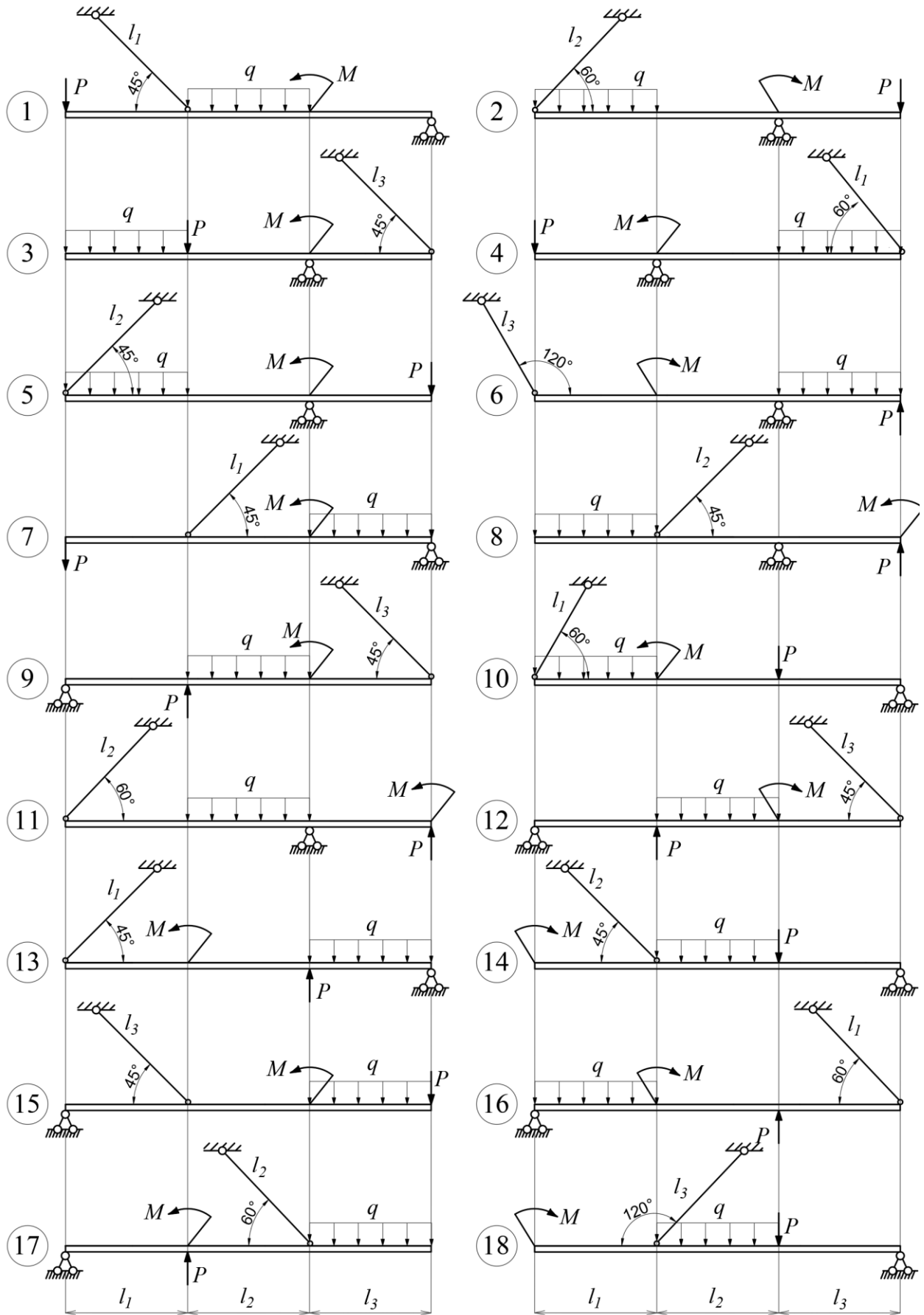


Рис. 11.1

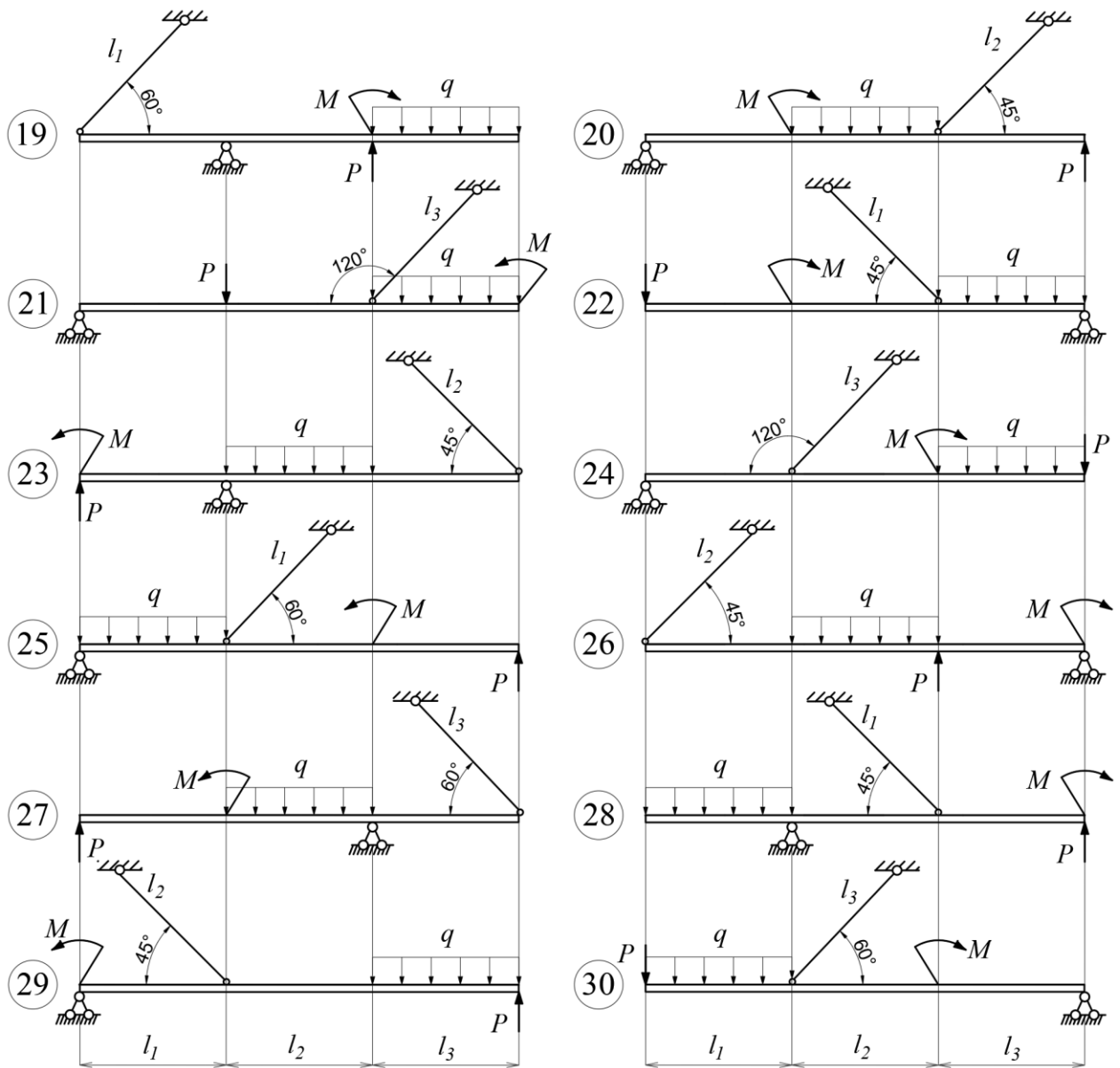


Рис. 11.1 (окончание)

12. РАСЧЕТ ПЛОСКОЙ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ РАМЫ

Для плоской рамы, изображенной на рисунке 12.1, 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 $h:c = 2:1$ (h – высота сечения, c – ширина сечения).

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, допускаемое напряжение $[\sigma] = 300$ МПа.

Исходные данные для расчета следует взять из таблицы 9.1.

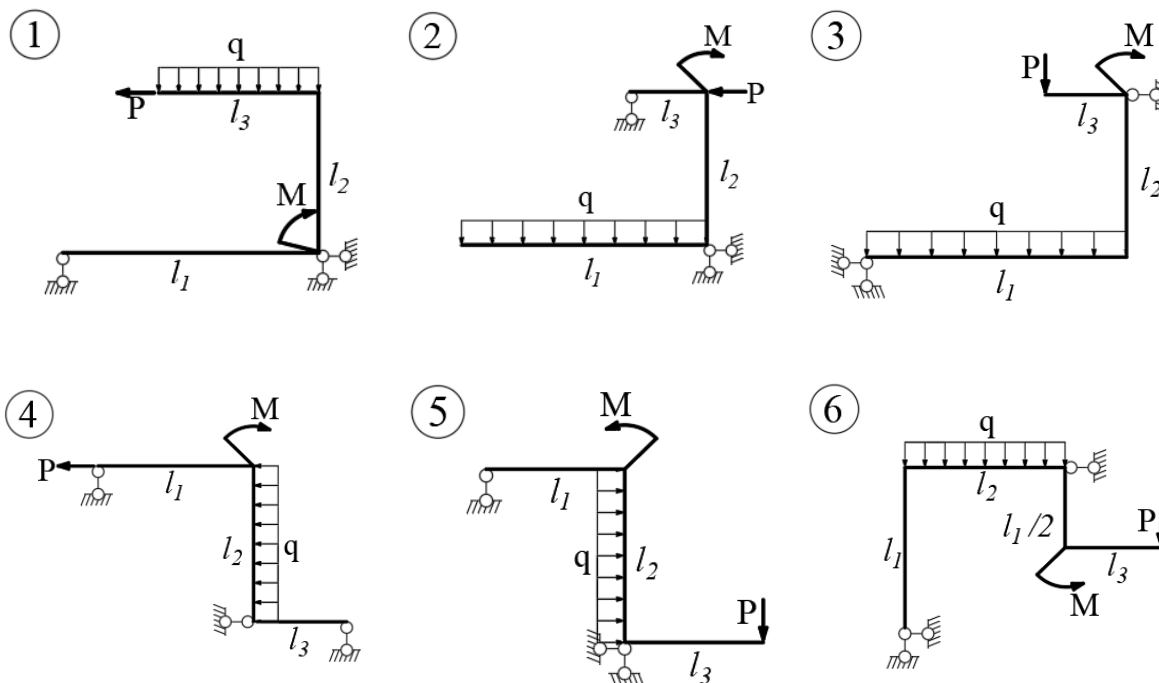


Рис. 12.1

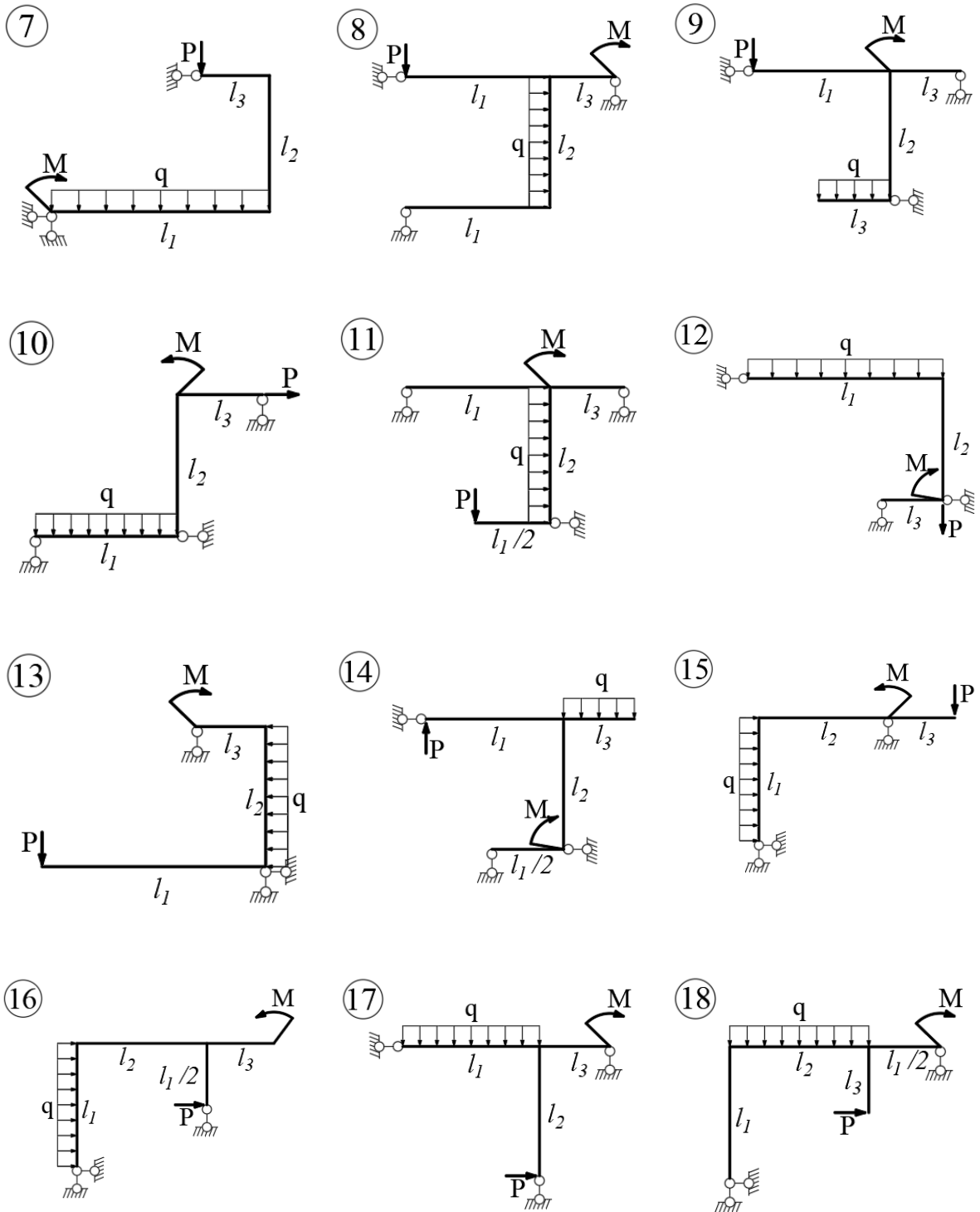


Рис. 12.1 (продолжение)

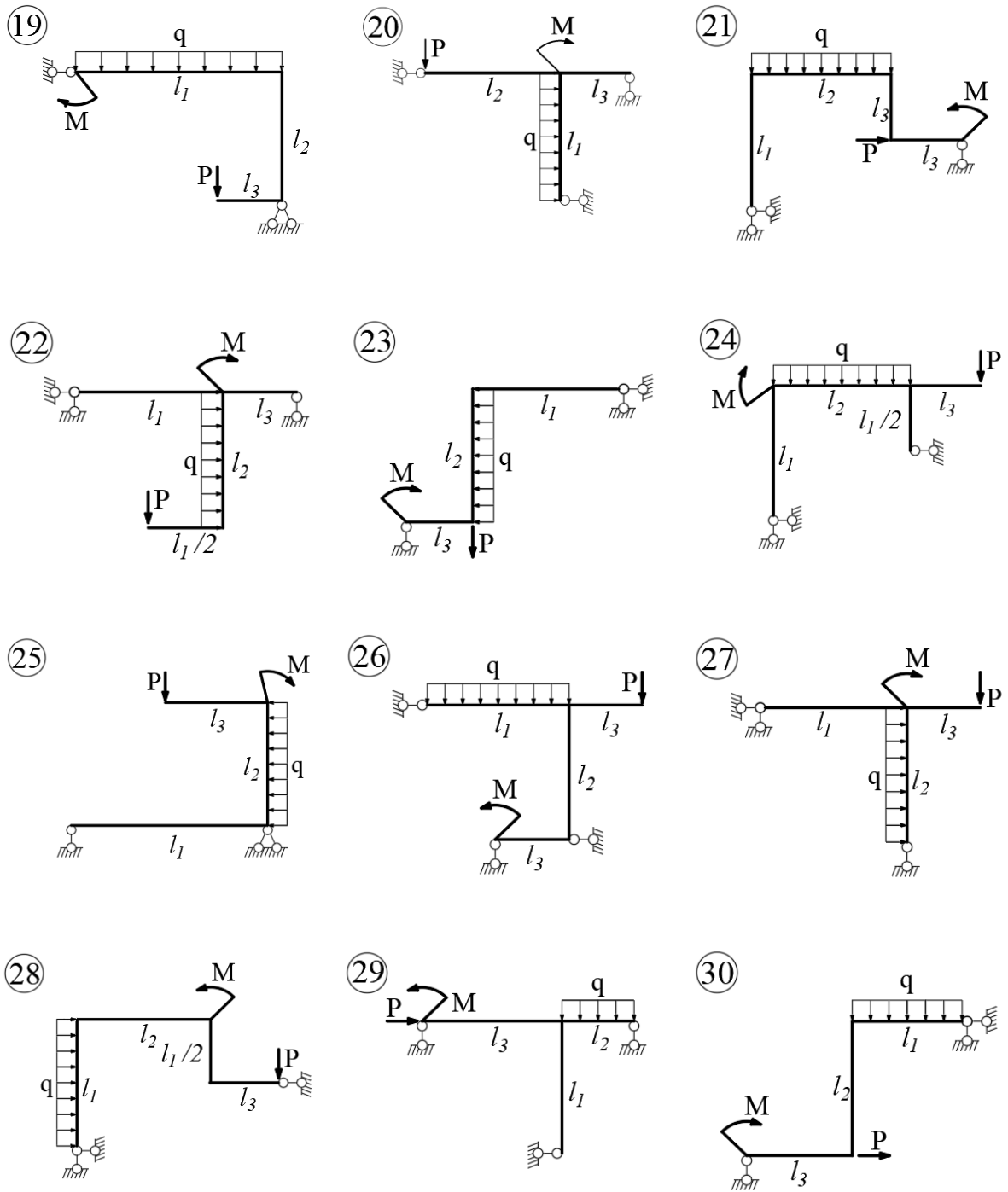


Рис. 12.1 (окончание)

СПИСОК 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.

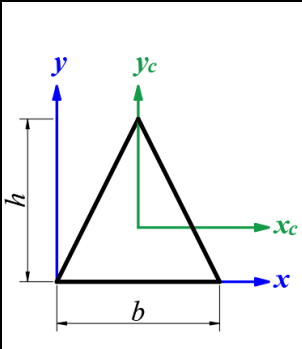
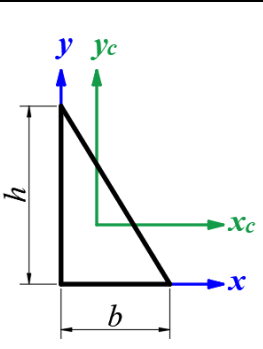
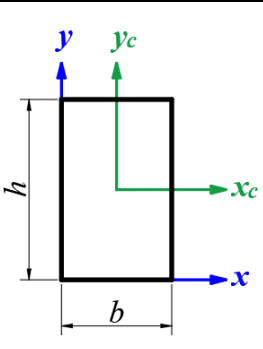
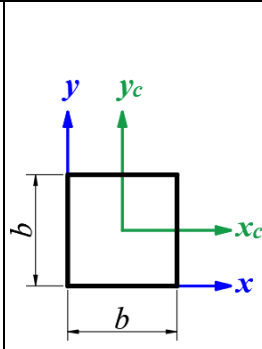
2. Сопротивление материалов (с примерами решения задач) [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению "Строительство" / Н. М. Атаров [и др.]; под ред. Н. М. Атарова. – Москва: КноРус, 2017. - 330, [1] с.: рис., табл. - (Бакалавриат). – Библиогр.: с. 331. – ISBN 978-5-406-04555-8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

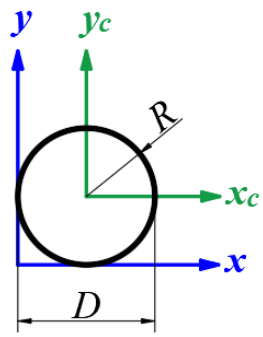
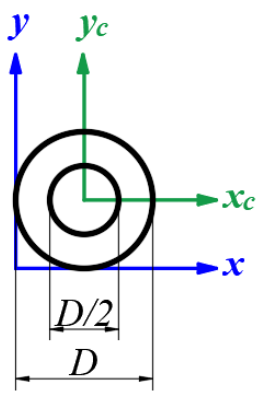
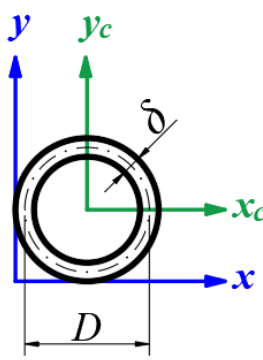
Приложение А. Геометрические характеристики простейших фигур

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;
- J_p – полярный момент инерции.

Таблица А.1

				
A	bh	$\frac{bh}{2}$	bh	b^2
X_c	$\frac{b}{2}$	$\frac{b}{3}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{b}{2}$
Y_c	$\frac{h}{3}$	$\frac{h}{3}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{b}{2}$
J_{xc}	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{bh^3}{36}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{b^4}{12}$
J_{yc}	$\frac{hb^3}{48}$	$\frac{hb^3}{36}$	$\frac{hb^3}{12}$	$\frac{b^4}{12}$
J_{xyc}	0	$-\frac{b^2h^2}{72}$	0	0

		 $\alpha = \frac{D_1}{D_2}$	 $\delta \leq \frac{D}{10}$
A	πR^2	$\pi R^2 \cdot [1 - \alpha^2]$	$\pi D \delta$
x_c	R	R	R
y_c	R	R	R
J_{x_c}	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64} \cdot [1 - \alpha^4]$	$\frac{\pi D^3 \delta}{8}$
J_{y_c}	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64} \cdot [1 - \alpha^4]$	$\frac{\pi D^3 \delta}{8}$
$J_{x_{y_c}}$	0	0	0
J_ρ	$\frac{\pi D^4}{32}$	$\frac{\pi D^4}{32} \cdot [1 - \alpha^4]$	$\frac{\pi D^3 \delta}{4}$

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
			53
		56	56
			60
63	63	63	63

Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
			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 следует отдавать рядам с более крупной градацией (например, ряд Ra5 – ряду Ra10; ряд Ra10 — ряду Ra20; ряд Ra20 — ряду Ra40).

Приложение В. Расчет бруса некруглого сечения при кручении

При кручении бруса некруглого сечения наибольшие касательные напряжения на внешних волокнах посередине длинных сторон прямоугольного сечения определяются по формуле

$$\tau_{max} = \frac{M_{кр}}{W_k}.$$

Здесь момент сопротивления при кручении бруса прямоугольного сечения определяется по формуле

$$W_k = \alpha \cdot h \cdot b^2,$$

где h – большая сторона (рис. В.1);

b – меньшая сторона;

α – безразмерный коэффициент, зависящий от соотношения сторон.

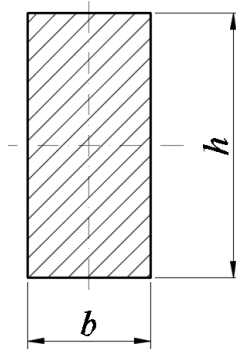


Рис. В.1

Касательные напряжения по середине коротких сторон меньше и определяются по формуле

$$\tau = \gamma \cdot \tau_{max}.$$

Относительный угол закручивания определяется по формуле

$$\theta = \frac{M_{кр}}{G \cdot J_k},$$

где момент инерции прямоугольного сечения при кручении $J_k = \beta \cdot h \cdot b^3$.

Коэффициенты α , β и γ зависят от соотношения h/b и определяются по таблице В.1.

Таблица В.1

h/b	1,0	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	4,0
α	0,208	0,231	0,239	0,246	0,258	0,267	0,282
β	0,141	0,196	0,214	0,229	0,249	0,263	0,281
γ	1,000	0,859	0,820	0,795	0,766	0,753	0,745

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

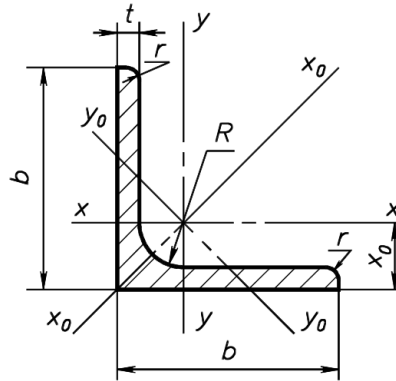


Рис. Г.1.

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

Таблица Г.1

Номер уголка	b	t	R	r	Площадь попер. сечения A, 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

Номер уголка	b	t	R	r	Площадь попер. сечения A, 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			
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	13,7S	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	1S,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	330,9S	3,81	86,84	21,10	1,9S	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	S20,00	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	S71,04	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
		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
14	140	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
		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
16	160	10	16,0	5,3	31,43	774,24	66,19	4,96	1229,10	6,25	319,33	52,52	3,19	4S5,00	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 Д. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные.
Сортамент

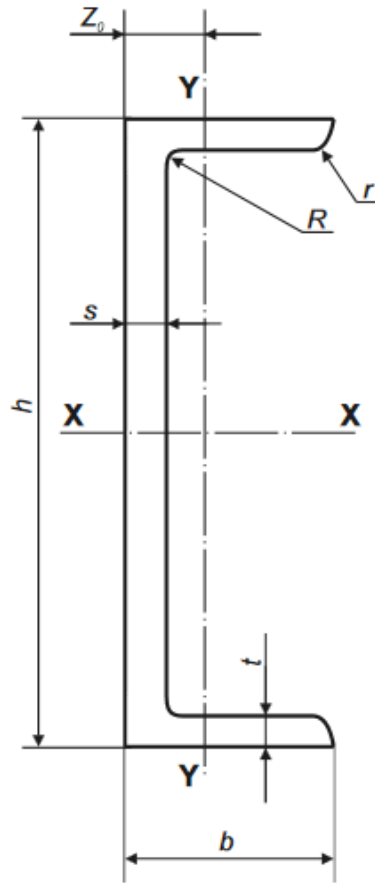


Рис. Д.1

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

Таблица Д.1

Номер швеллера	Размеры						Площадь попер. сечения A , см^2	Масса l м, кг	Справочные данные для осей							Z_0 , см
	h	b	s	t	R	r			X - X				Y - Y			
	мм								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	
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 Е. ГОСТ Р 57837-2017. Двутавры стальные
горячекатаные с параллельными гранями полки. Технические
условия.**

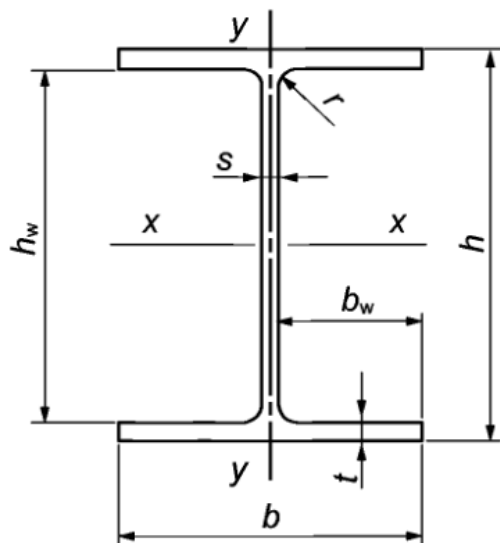


Рис. Е.1

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

Таблица Б.1

Номер профиля	Номинальные размеры								Площадь поперечного сечения A_w , см^2	Масса 1м двугавра, кг	Справочные величины для осей профиля						
	h	b	s	t	h_w	b_w	r	I_x , см^4			W_x , см^3	S_x , см^3	i_x , мм	I_y , см^4	W_y , см^3	S_y , см^3	i_y , мм
Тип Б – Балочные нормальные двугавры																	
10Б1	100,0	55,0	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	38,50	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	5,5	8,0	184,0	47,25	11,0	27,16	21,30	1844,26	184,40	104,73	82,41	133,91	26,78	20,97	22,21
20Б2	203,0	101,0	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	208,0	102,0	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	232,0	59,50	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	232,0	59,50	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	11,5	232,0	59,25	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	127,0	9,0	14,0	232,0	59,00	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	5,5	8,0	282,0	71,75	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	282,0	71,75	13,0	46,78	36,70	7209,26	480,60	271,06	124,14	507,53	67,67	52,56	32,94
30Б3	305,0	151,0	8,0	11,5	282,0	71,50	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	152,0	9,5	14,0	282,0	71,25	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	174,0	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	11,0	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	176,0	8,5	13,5	328,0	83,75	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	177,0	10,0	16,5	328,0	83,50	14,0	92,89	72,90	20719,71	1147,90	651,07	149,35	1528,90	172,76	134,02	40,57

