

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до розрахунково-графічних завдань 4-6
з дисципліни «Опір матеріалів»

(для студентів усіх спеціальностей
денної форми навчання)

З а т в е р ж д е н о
на засіданні кафедри
технічної механіки
Протокол № 6 від
23 листопада 2004 р.

Краматорськ 2004

УДК 539.3/6

Методичні вказівки до розрахунково-графічних завдань 4-6 з дисципліни «Опір матеріалів» (для студентів усіх спеціальностей денної форми навчання) / Укл.: М.О. Соломин, О.Ю. Деньщиков.- Краматорськ: ДДМА, 2004.- 56 с.

Містять умови, вихідні дані до задач, що входять у завдання № 4-6, приведена методика перевірки міцності при вигині, побудови пружної лінії балки, розрахунків на міцність і твердість стрижнів при різних видах напруження, даний план рішення статично невизначених балок і рам, підбор перетину стиснутої стійки, приведена методика визначення напруг у стрижневій системі з урахуванням змушених коливань.

Укладачі:

М.О. Соломин, асис.
О.Ю. Деньщиков, асис.

Відп. за випуск

В.А. Овчаренко, доц.

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ	4
1.1 Мета курсових розрахунково-графічних завдань	4
1.2 Видавання завдання	4
1.3 Захист завдань	4
1.4 Оформлення курсових розрахунково-графічних завдань	4
2 КУРСОВЕ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 4	5
2.1 Задача 1	5
2.1.1 Умова задачі та початкові дані	5
2.1.2 Вимоги до оформлення	6
2.1.3 План розв'язання задачі	6
2.1.3.1 Повна перевірка міцності	6
2.1.3.2 Побудування пружної лінії балки	8
2.2 Задача 2	12
2.2.1 Умова задачі та вихідні дані	12
2.2.2 Вимоги до оформлення задачі	12
2.2.3 План розв'язання задачі 2	12
2.3 Задача 3	16
2.3.1 Умови задачі та вихідні дані	16
2.3.2 План розв'язання задачі 3	17
2.4 Задача 4	25
2.4.1 Умови задачі та вихідні дані	25
2.4.2 План розв'язання задачі 4	25
3 КУРСОВЕ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 5	26
3.1 Задача 1. Статично невизначена рама	26
3.1.1 Умова задачі і вихідні дані	26
3.1.2 План і рекомендації з рішення задачі	27
3.2 Задача 2. Нерозрізна балка	33
3.2.1 Умова задачі і вихідні дані	33
3.2.2 План і особливості розв'язання задачі 2	33
4 КУРСОВЕ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 6	37
4.1 Задача 1. Підбор стиснутої стійки	37
4.1.1 Умова задачі і вихідні дані	37
4.1.2 План розв'язання задачі	37
4.2 Задача 2. Визначення напруг при коливаннях	42
4.2.1 Умова задачі і вихідні дані	42
4.2.2 План рішення задачі 2	42
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ,	47
ДОДАТКИ	48
Коефіцієнти j для різних матеріалів	48
Коефіцієнти приведеної довжини	49
Приклад титульної сторінки	55

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

1.1 Мета курсових розрахунково-графічних завдань

Курсові розрахунково-графічні завдання призначені для розвитку в студентів навичок виконання типових, що найчастіше зустрічаються в інженерній практиці, розрахунків на міцність і сприяють кращому засвоєнню теоретичного матеріалу лекційного курсу і придбанню навичок самостійної практичної роботи.

1.2 Видавання завдання

Завдання 4-6 виконуються після пророблення відповідного матеріалу. Кожному студенту видається варіант, по якому він виконує завдання. Номер варіанта складається з 4 цифр. Перша цифра вказує номер стовпця в першій таблиці, друга - у другий, третя і четверта - номер схеми.

1.3 Захист завдань

Усі завдання після виправлення зауважень викладача захищаються в аудиторії під час проведення консультацій.

1.4 Оформлення курсових розрахунково-графічних завдань

Оформлення курсових розрахунково-графічних завдань робиться відповідно до вимог методичних указівок до курсових розрахунково-графічних робіт [10], що виконуються студентами усіх форм навчання, і відповідно до ДСТ 2.105 – 95, ДСТУ 3008 – 95.

Загальні вимоги

- 1 Титульний лист повинний бути виконаний на щільному папері формату А4.
- 2 Завдання повинне бути написане від руки на одній стороні білого папера формату А4.
- 3 Поля повинні оставляться з 4 сторін листа. Розмір лівого поля - 35 мм, правого - не менш 10 мм, нижнього і верхнього - не менш 20 мм.
- 4 Для кожної задачі на першій сторінці повинне бути приведена умова з даними, що відповідають варіанту, і всі рисунки з необхідними для розрахунків розміра-

ми, значеннями навантажень і результатами розрахунків. При необхідності формат листа можна збільшити до А3.

5 На наступних сторінках повинні приводитися в довільній формі текстова частина і розрахунки, що пояснюють виконання завдання.

6 Текстова частина повинна бути виконана чорнилом чітким почерком.

7 Усі рисунки й епюри повинні бути виконані в масштабі.

8 Виправлення зауважень робити тільки на зворотній стороні попереднього листа. Допускається вставка додаткового листа.

2 КУРСОВЕ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 4 СКЛАДНИЙ ОПР

2.1 Задача 1

2.1.1 Умова задачі та початкові дані

Підібрати розміри перерізу сталеві двотаврової балки (таблиці 2.1, 2.2, рисунок 2.2), зробити повну перевірку на міцність за IV теорією міцності.

Визначити прогини та кути повороту у 3-4 місцях і показати форму зігнутої осі балки.

Таблиця 2.1

Величина	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
[σ], МПа	150	160	170	220	140	180	200	120	210	190
M, кН·м	20	50	80	30	40	65	35	55	45	70
P, кН	30	40	60	70	20	35	65	25	45	55
q, кН/м	12	10	14	20	16	22	18	15	18	24

Таблиця 2.2

Величина	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a, м	2,0	2,2	2,4	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,1
b, м	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
c, м	1,6	1,4	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5

2.1.2 Вимоги до оформлення

На окремій сторінці необхідно накреслити балку з навантаженнями, епюри поперечних сил Q , згинальних моментів M_x та форму зігнутої осі балки. На другій сторінці необхідно накреслити переріз та побудувати епюри розподілу напружень в небезпечних перерізах.

2.1.3 План розв'язання задачі

2.1.3.1 Повна перевірка міцності

1 Будуються епюри поперечних сил Q та згинальних моментів M .

2 З аналізу епюри згинальних моментів визначається M_{\max} .

3 З умови міцності при згинанні

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [\sigma]$$

визначається потрібний осьовий момент опору перерізу

$$W_x = \frac{M_{\max}}{[\sigma]}.$$

4 Вибирається номер профілю, який має найближчий більший осьовий момент опору. Дозволяється відхилення W_x у меншу сторону, але не більш ніж на 2-3% від потрібного.

5 Перевіряється міцність на дію нормального напруження. Небезпечним буде переріз, де діє найбільший згинальний момент, а в самому перерізі найбільші напруження будуть в найбільш віддалених від нейтральної лінії точках.

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [\sigma].$$

Дозволяється перенапруження, але не більш ніж на 2-3% від допустимого.

6 Перевіряється міцність на дію дотичного напруження. Небезпечним буде переріз, де діє найбільша поперечна сила, а в самому перерізі найбільші напруження будуть в точках на головній осі x (нейтральній лінії для нормальних напружень).

$$t_{\max} = \frac{Q_{\max} (S_x^*)_{\max}}{I_x b} \leq [t] = (0,5 \div 0,6) [\sigma],$$

де I_x – момент інерції перерізу відносно головної центральної осі;

Q_{\max} – поперечна сила в перерізі ;

b – ширина перерізу в тому місці, де визначається τ ;

$(S_x)_{\max}$ – статичний момент половини площини перерізу (наведений у сортаменті).

7 Переріз перевіряється на спільну дію, нормальне та дотичне напруження за IV теорією міцності.

$$S_{Hh\%o} = \sqrt{s_k^2 + 3t_k^2} \leq [s].$$

Перевірка робиться в перерізі, де M і Q близькі до найбільших значень, а в самому перерізі в точках, де з'єднуються полиця та стінка двотавру :

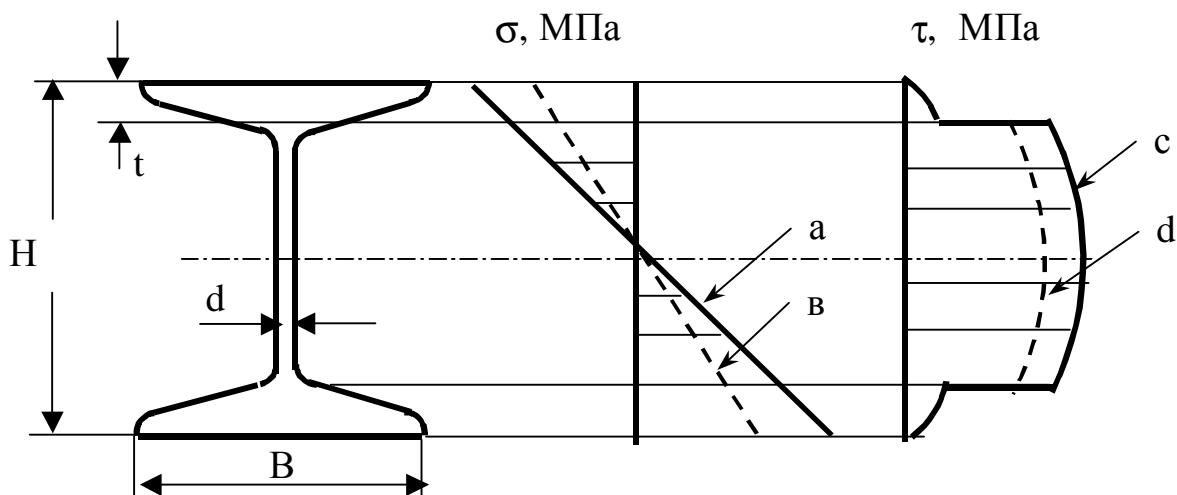
$$s_k = \frac{M}{I_x} y_k, \quad t_k = \frac{QS_x^*}{I_x b}.$$

При визначенні статичного моменту площі полиці двотавру її можна вважати як прямокутник шириною, яка дорівнює ширині полиці b , та висотою, яка дорівнює товщині середині полиці t . Тоді

$$S_x = b t 0,5 (h - t).$$

8 Будуються епюри розподілу нормальних та дотичних напружень в небезпечних перерізах.

Загальний вид епюр показано на рисунку 2.1.



a, b – нормальні; c, d – дотичні напруження відповідно у перерізах з максимальними моментом, силою та у небезпечному по еквівалентним напруженням

Рисунок 2.1 - Поперечний переріз. Епюри розподілу напружень в небезпечних перерізах

2.1.3.2 Побудування пружної лінії балки

1 Записується універсальне рівняння пружної лінії, при цьому початок координатної системи (z, y) повинен бути крайнім зліва.

$$y = y_0 + q_0 z + \frac{1}{EI_x} \left[\sum_1^n M \frac{(z-a)^2}{2} + \sum_1^n q \frac{(z-c)^4}{24} - \sum_1^n q \frac{(z-d)^4}{24} \right],$$

де y - прогин в будь-якому перерізі;

y_0, θ_0 - прогин та кут повороту крайнього лівого перерізу;

a, b, c, d - відстань до переріза, де діють відповідно згинальний момент M , поперечна сила P , початок та кінець розподіленого навантаження q .

Універсальне рівняння являє собою рівняння останньої ділянки балки, вважаючи від початку координат.

2 З граничних умов визначаються початкові параметри y_0 та q_0 . Для балки з шарнірними опорами граничні умови – це відсутність прогинів у точках, де розташовані шарніри.

Підставляючи послідовно в універсальне рівняння значення z , які дорівнюють координатам кожної з опор, одержуємо в загальному випадку систему двох лінійних алгебраїчних рівнянь для визначення y_0 та q_0 .

3 Підставляючи в рівняння пружної лінії координати 3-4 точок, визначаються прогини в цих точках, відкладаються в масштабі і з'єднуються плавною кривою.

4 Необхідно стежити за зв'язком форми пружної лінії з епюрою згинальних моментів – на ділянці, де стиснуті верхні волокна, кривизна зігнутої осі додатна, тобто крива увігнута, а де стиснуті нижні – випукла.

5 Необхідно стежити за диференційними залежностями між $q, Q, M_{\max}, \theta, y$.

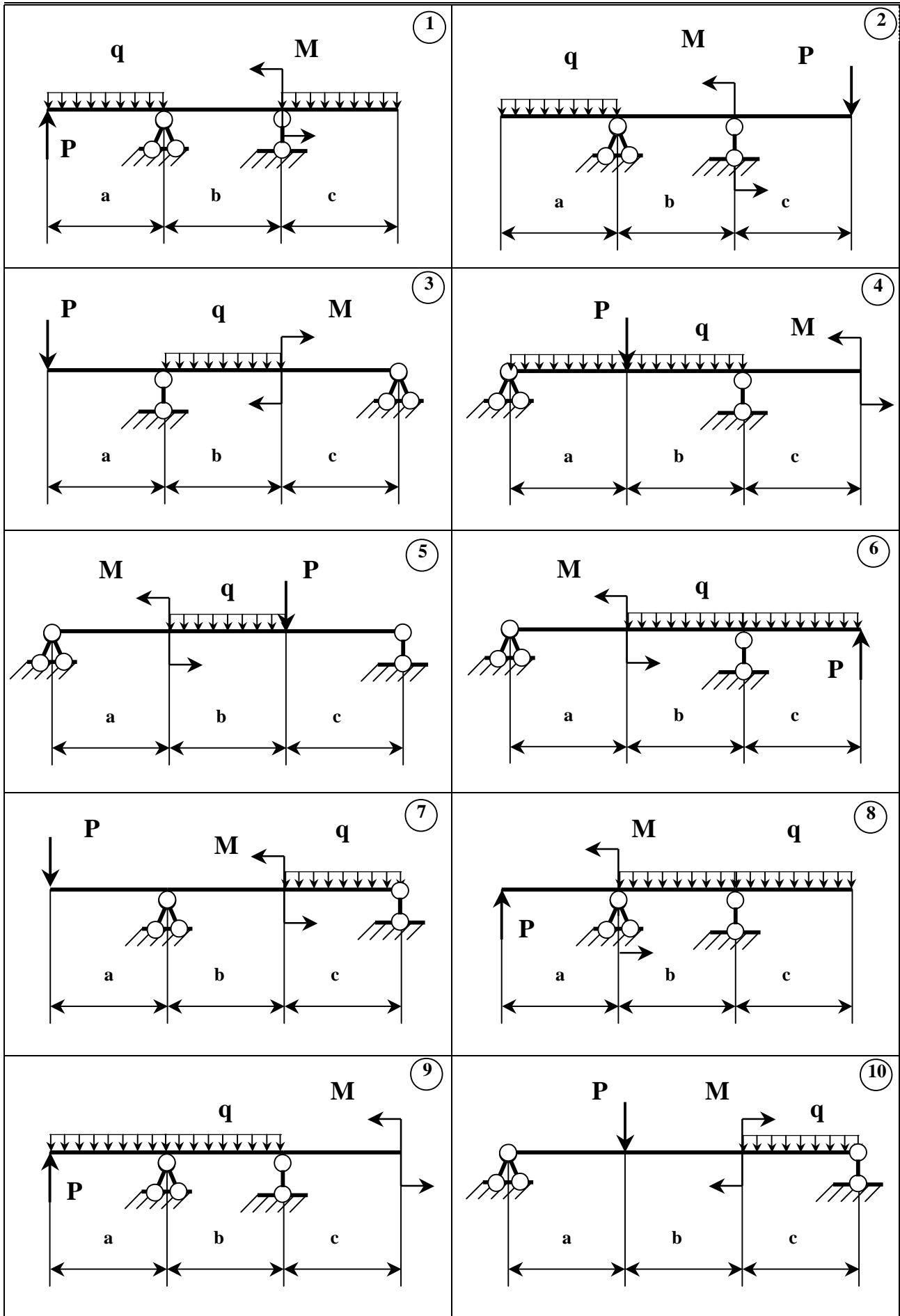


Рисунок 2.2

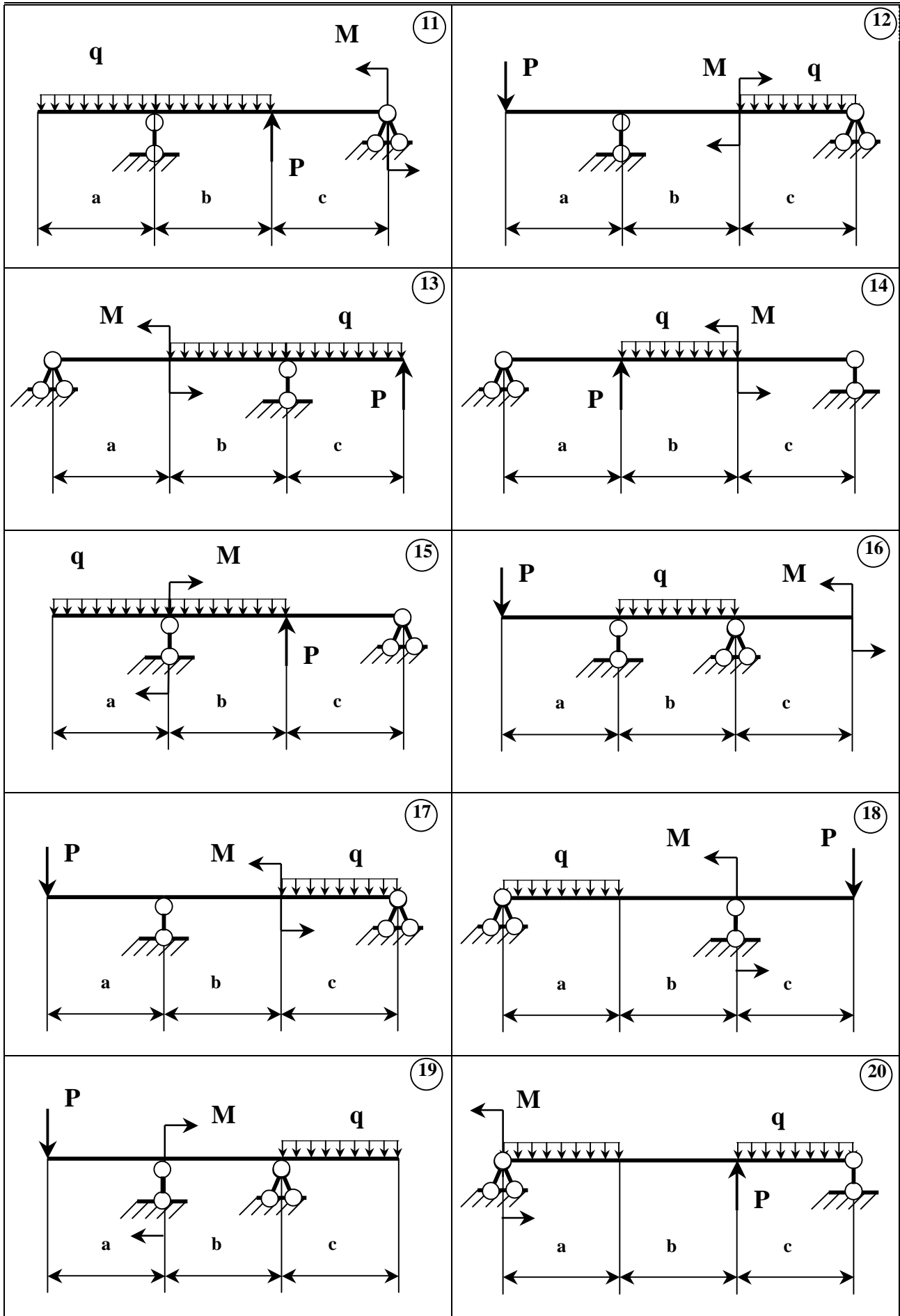


Рисунок 2.2, аркуш 2

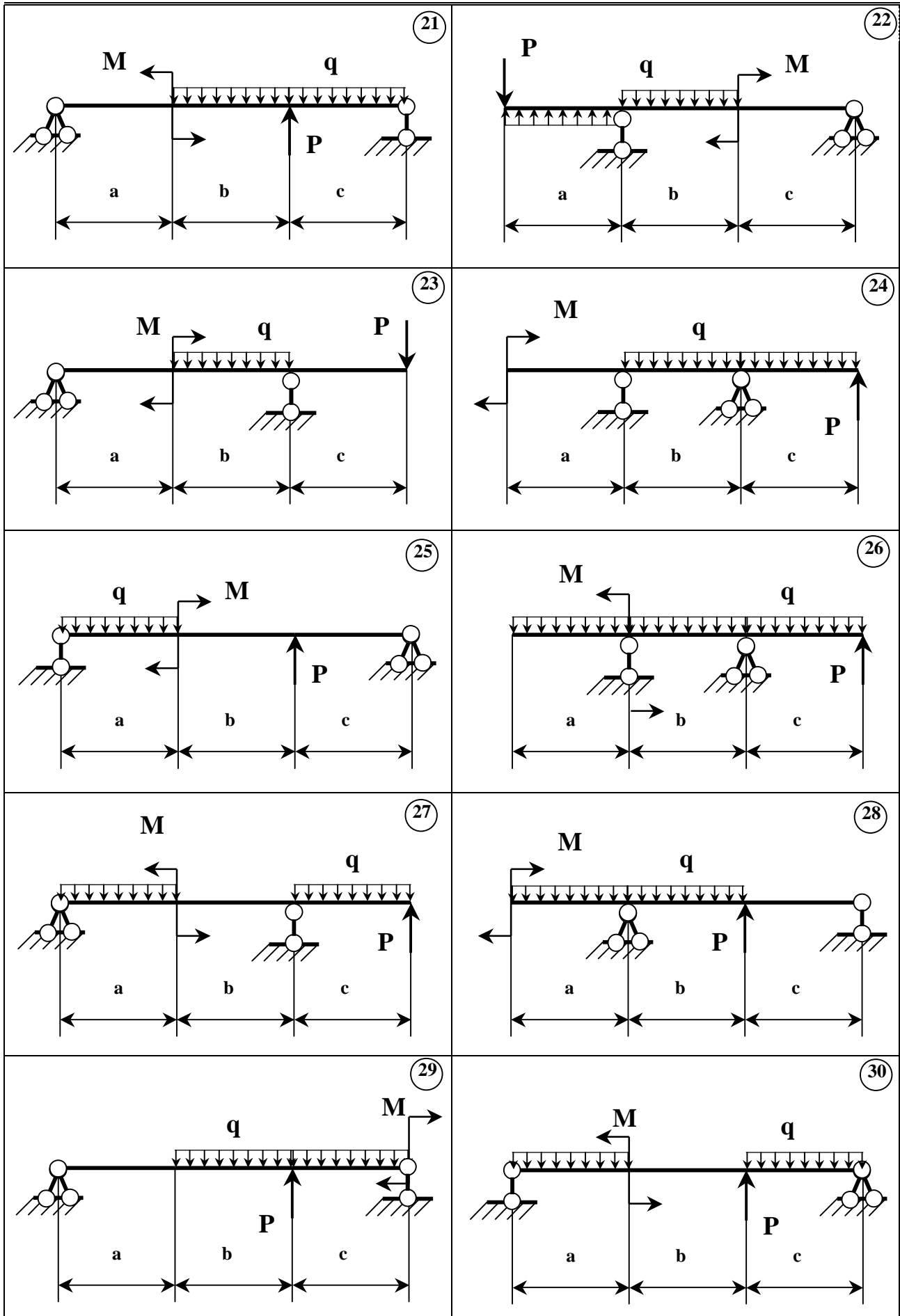


Рисунок 2.2, аркуш 3

2.2 Задача 2

2.2.1 Умова задачі та вихідні дані

Для заданої балки (таблиці 2.3, 2.4) визначити найбільші нормальні напруження та побудувати епюру напружень в небезпечному перерізі (рисунок 2.3).

Таблиця 2.3

Величина	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a, м	1,3	0,7	0,8	1,2	0,9	1,1	1,4	1,9	1,0	0,7
b, м	1,9	2,0	1,6	1,8	2,3	2,5	1,8	2,5	2,2	2,1
c, м	1,4	2	2,3	0,7	0,9	1,7	2,1	1,4	2	2,5
P, кН	10	8	12	14	10	10	12	8	12	6
M, кН·м	25	24	22	20	18	16	10	18	12	10

Таблиця 2.4

Величина	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
q, кН/м	34	24	32	36	30	40	28	20	26	32
Двотавр	27	24	40	27	45	30	24	33	36	30
Швелер	14	12	20	14	22	24	16	14	16	18
Кутник	80x50x6	90x56x10	80x50x6	75x50x8	90x56x8	70x45x5	90x56x8	70x45x5	90x56x8	100x63x8
Смуга, см x см	2,6x20	2,0x26	1,6x30	1,4x36	1,2x40	1,0x42	1,2x36	0,8x30	1,6x36	1,4x28

2.2.2 Вимоги до оформлення задачі

На першій сторінці накреслити задану балку, балку з навантаженням у вертикальній поверхні та побудувати епюру згинальних моментів M_x , балку з навантаженням у горизонтальній поверхні та побудувати епюру згинальних моментів M_y . На другій сторінці накреслити переріз та побудувати епюру розподілу напружень в небезпечному перерізі.

2.2.3 План розв'язання задачі 2

1 Переріз зображується в масштабі, визначається положення центру ваги перерізу та моменти інерції відносно головних центральних осей J_x то J_y .

2 Навантаження розкладається на вертикальну та горизонтальну частину, тобто по поверхням головних центральних осей.

3 Зображуються окремо сили, що діють в горизонтальній площині, і будується епюра згинальних моментів M_x .

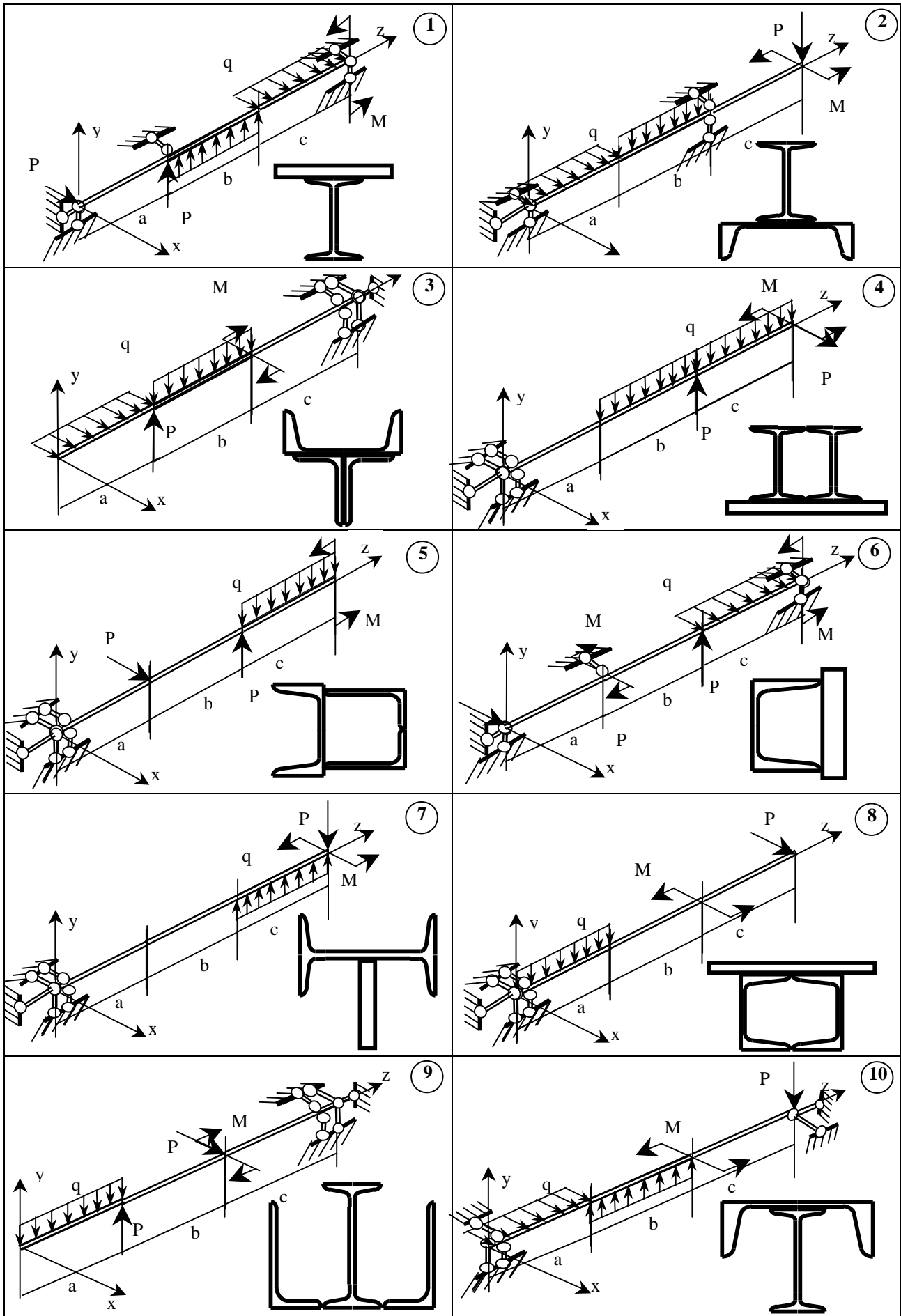


Рисунок 2.3

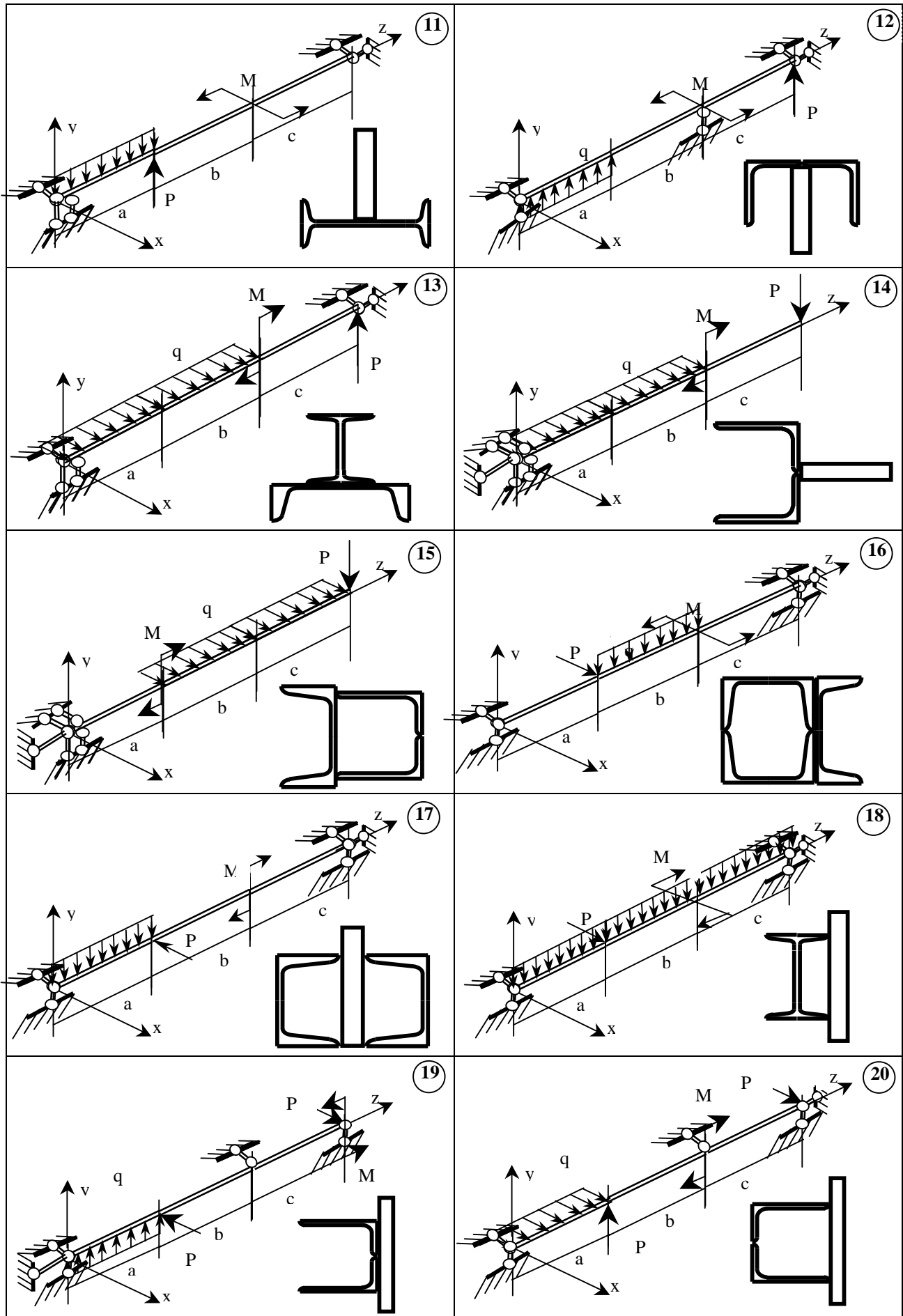


Рисунок 2.3, аркуш 2

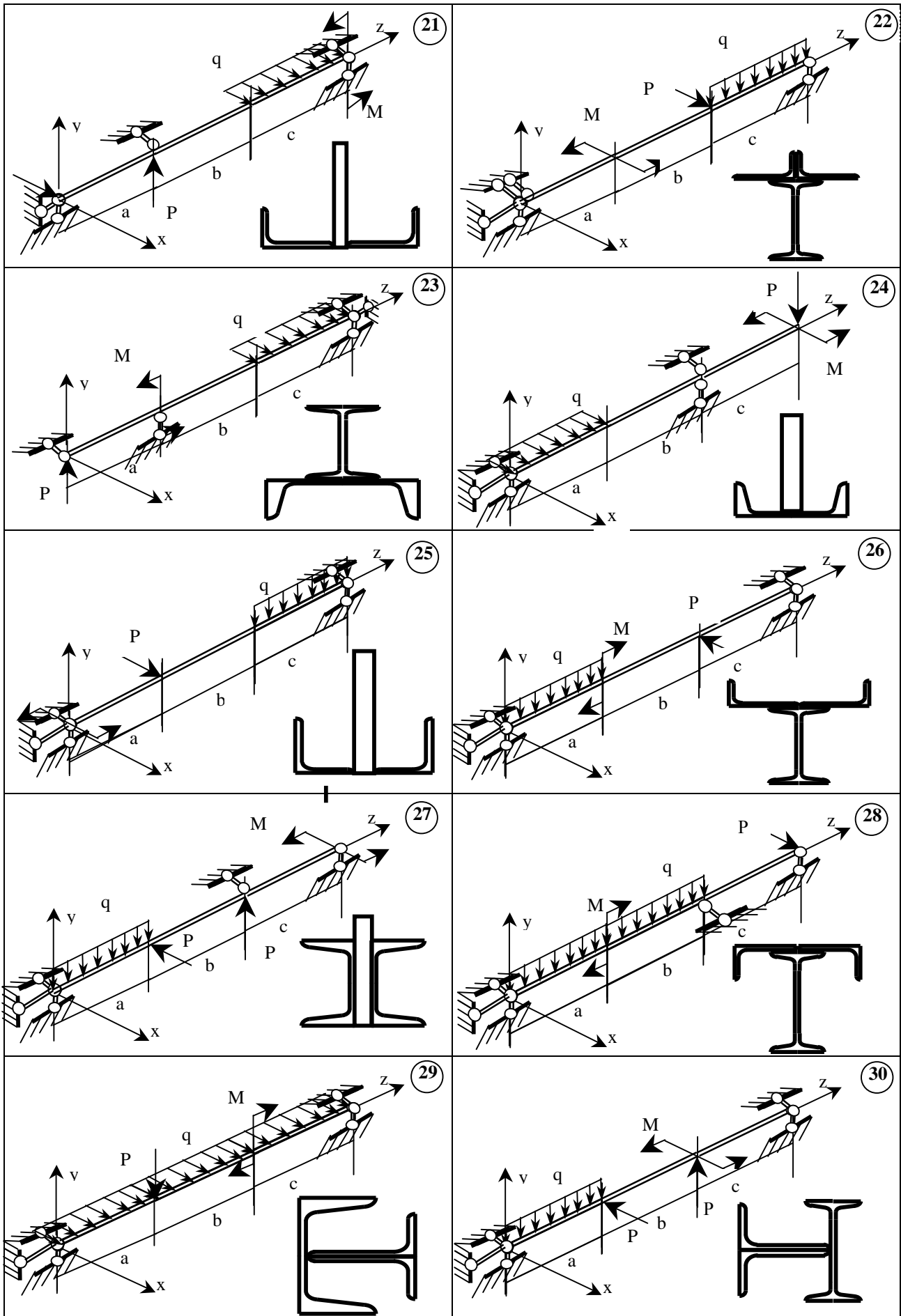


Рисунок 2.3, аркуш 3

4 Зображуються окремо сили, що діють в вертикальній площині, і будується епюра згинальних моментів M_y .

5 Визначається небезпечний переріз. Коли M_x та M_y приймають найбільше значення в одному перерізі, то перевірка ведеться тільки в одному місці, коли ні - визначаються моменти в двох небезпечних перерізах – дві точки, де M_x – найбільше (M_x, M_y), та де M_y - найбільше (M_x, M_y).

6 Для небезпечного переріза записується рівняння напруження

$$s = \frac{M_x}{I_x} y + \frac{M_y}{I_y} x.$$

7 Записується рівняння нейтральної лінії, поклавши в рівняння напруження $s = 0$:

$$0 = \frac{M_x}{I_x} y + \frac{M_y}{I_y} x, \text{ або } y = -\frac{M_x I_y}{M_y I_x} x,$$

де $\frac{M_x I_y}{M_y I_x} = \tan \alpha$ - кут нахилу нейтральної лінії. Нейтральна лінія про-

водиться на схемі перерізу, визначаються координати точок, найбільш віддалених від нейтральної лінії в розтягнутій (x_a, y_a) та стиснутій зонах (x_b, y_b).

8 Визначається найбільше розтягуюче s_{\max} (s_+) та найбільше стискуюче s_{\min} (s_-) напруження в перерізі I. Так саме визначаються s_{\max} та s_{\min} в перерізі II.

9 Для побудовання епюри нормальних напружень проводиться вісь епюри перпендикулярно до нейтральної лінії, а з найбільш віддалених точок A і B – прямі, паралельні нейтральній лінії, на яких від осі епюри відкладаються відрізки, які дорівнюють відповідно s_+ та s_- у вибраному масштабі, їхні кінці з'єднуються прямою.

2.3 Задача 3

2.3.1 Умови задачі та вихідні дані

Визначити допустиму позацентрово прикладену до стержня стискуючу силу. Координати точки прикладення сили (у приведеній на рисунку системі координат) - x_p, y_p . Допустиме напруження $[s] = 120$ МПа.

Вимоги до оформлення задачі. На окремій сторінці слід показати поперечний переріз з головними центральними осями інерції, нейтральну лінію та епюру розподілу напружень, згідно з визначеною силою.

2.3.2 План розв'язання задачі 3

1 Накреслюється переріз стержня у масштабі.

2 Для заданого перерізу визначимо положення центру ваги, положення головних центральних осей інерції та центральні головні моменти інерції I_x , I_y та площу F .

Таблиця 2.5

Величина	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x_p , см	1	-1.2	1.4	-1.6	-1.8	1.6	-1.4	1.2	1.0	-1.8
y_p , см	2.8	2.4	2.2	2	1.8	-1.8	-2	-2.2	-2.4	-2.8
Двотавр	10	12	14	16	18	10	12	14	16	18
Швелер	18	16	14	12	10	18	16	14	12	10
Смуга $b \times h$, см ²	150X12	170X14	180X16	200X18	220X20	240X24	260X20	230X20	240X40	180X24
a , см	4	4.5	5	5.5	6	5.5	5	4.5	4	6

Таблиця 2.6

Величина	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
b , см	5	6	7	8	4	5.5	4.5	6.5	7.5	8.5
c , см	8	7	6	5	4	8.5	7.5	6.5	5.5	4.5
d , см	4. 5	5.5	6.5	7.5	8.5	4	5	6	7	8
Кутник	100X63X8	50X32X4	63X40X6	75X50X8	100X63X8	125X80X10	160X100X12	180X110X10	200X125X14	250X160X18

3 Запишемо рівняння нормального напруження при позacentровому стисканні:

$$s = -P \left(\frac{1}{F} + \frac{x_p}{I_x} + \frac{y_p}{I_y} \right),$$

де x_p , y_p – координати прикладання сили в системі головних центральних осей інерції.

Рівняння нейтральної лінії матимемо, поклавши $s = 0$:

$$\left(\frac{1}{F} + \frac{x x_p}{I_x} + \frac{y y_p}{I_y} \right) = 0.$$

4 Поклавши в цьому рівнянні по черзі $x = 0$ та $y = 0$, знайдемо відрізки, що відсікаються нейтральною лінією на осях x та y :

$$a_y = -\frac{I_y}{F y_p}, \quad a_x = -\frac{I_x}{F x_p}.$$

5 Проводимо дотичні до контуру переріза паралельно нейтральній лінії і знаходимо найбільш напружені точки: b – у стиснутій, a – в розтягнутій зонах перерізу.

Підставляючи у рівняння напружень координати найбільш віддаленої точки, обчислимо максимальні напруження, прирівняємо їх до допустимих:

$$s_a = -P \left(\frac{1}{F} + \frac{x_a x_p}{I_x} + \frac{y_a y_p}{I_y} \right) \leq [s_+],$$

$$s_b = \left| -P \left(\frac{1}{F} + \frac{x_b x_p}{I_x} + \frac{y_b y_p}{I_y} \right) \right| \leq [s_-].$$

З цієї умови міцності визначаємо допустиму позацентрово прикладену стискуючу силу:

$$P \leq \frac{[s_+]}{\left(\frac{1}{F} + \frac{x_a x_p}{I_x} + \frac{y_a y_p}{I_y} \right)} ;$$

$$P \leq \frac{[s_-]}{\left| \frac{1}{F} + \frac{x_b x_p}{I_x} + \frac{y_b y_p}{I_y} \right|}.$$

Вибираємо те значення сили, яке задовольняє обидві умови, тобто найменше.

Якщо матеріал однаково працює на розтяг та стиснення

$$[\sigma_+] = [\sigma_-] = [\sigma].$$

За знайденими значеннями сили обчислюємо напруження у небезпечних точках та побудуємо епюру розподілу напружень у небезпечному перерізі.

Для побудовання епюри нормальних напружень проводиться вісь епюри перпендикулярно до нейтральної лінії, а з найбільш віддалених точок A і B – прямі, паралельні нейтральній лінії, на яких від осі епюри відкладаються відрізки, які дорівнюють відповідно s_+ та s_- у вибраному масштабі, їхні кінці з'єднуються прямою.

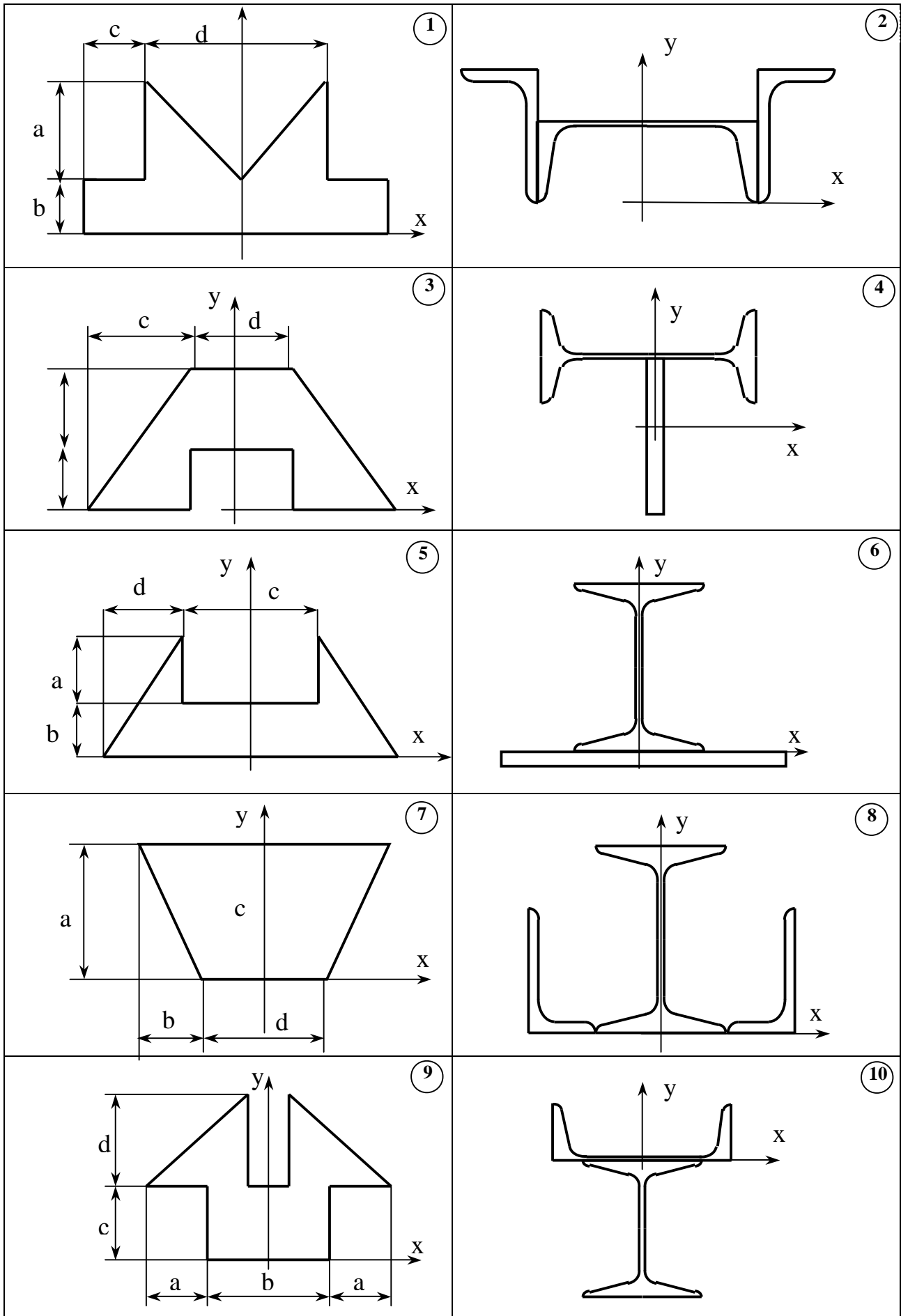


Рисунок 2.4

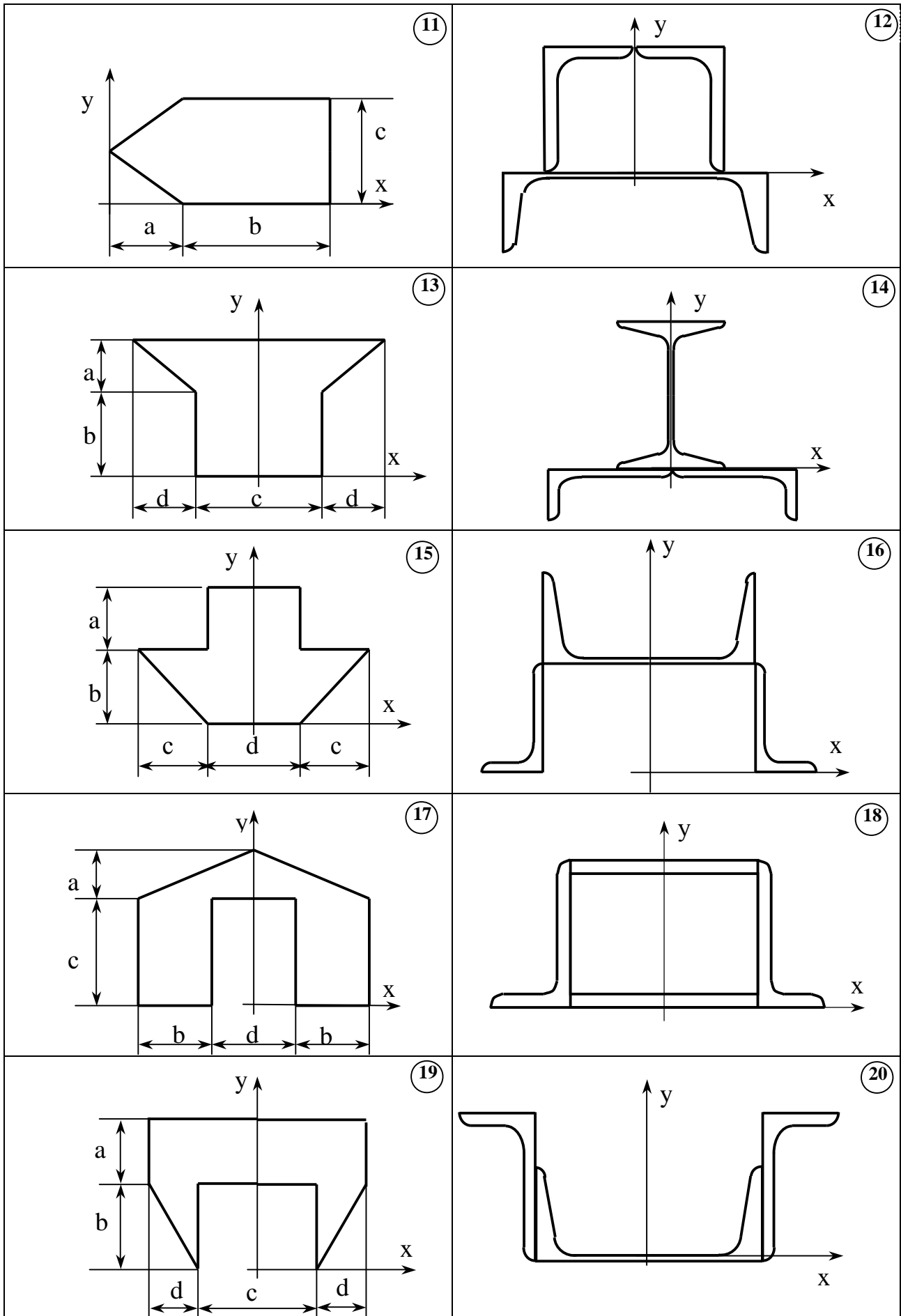


Рисунок 2.4, аркуш 2

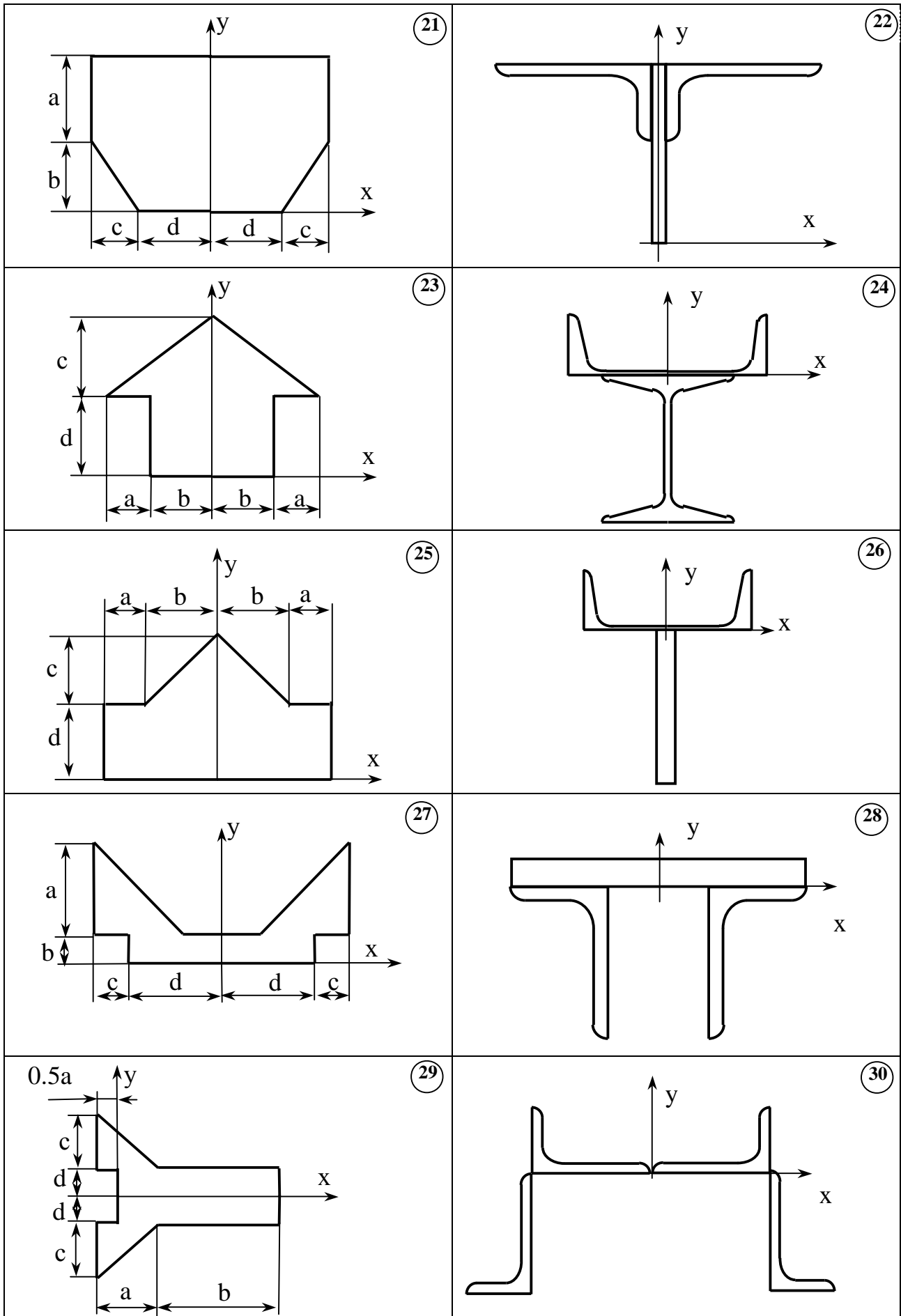


Рисунок 2.4, аркуш 3

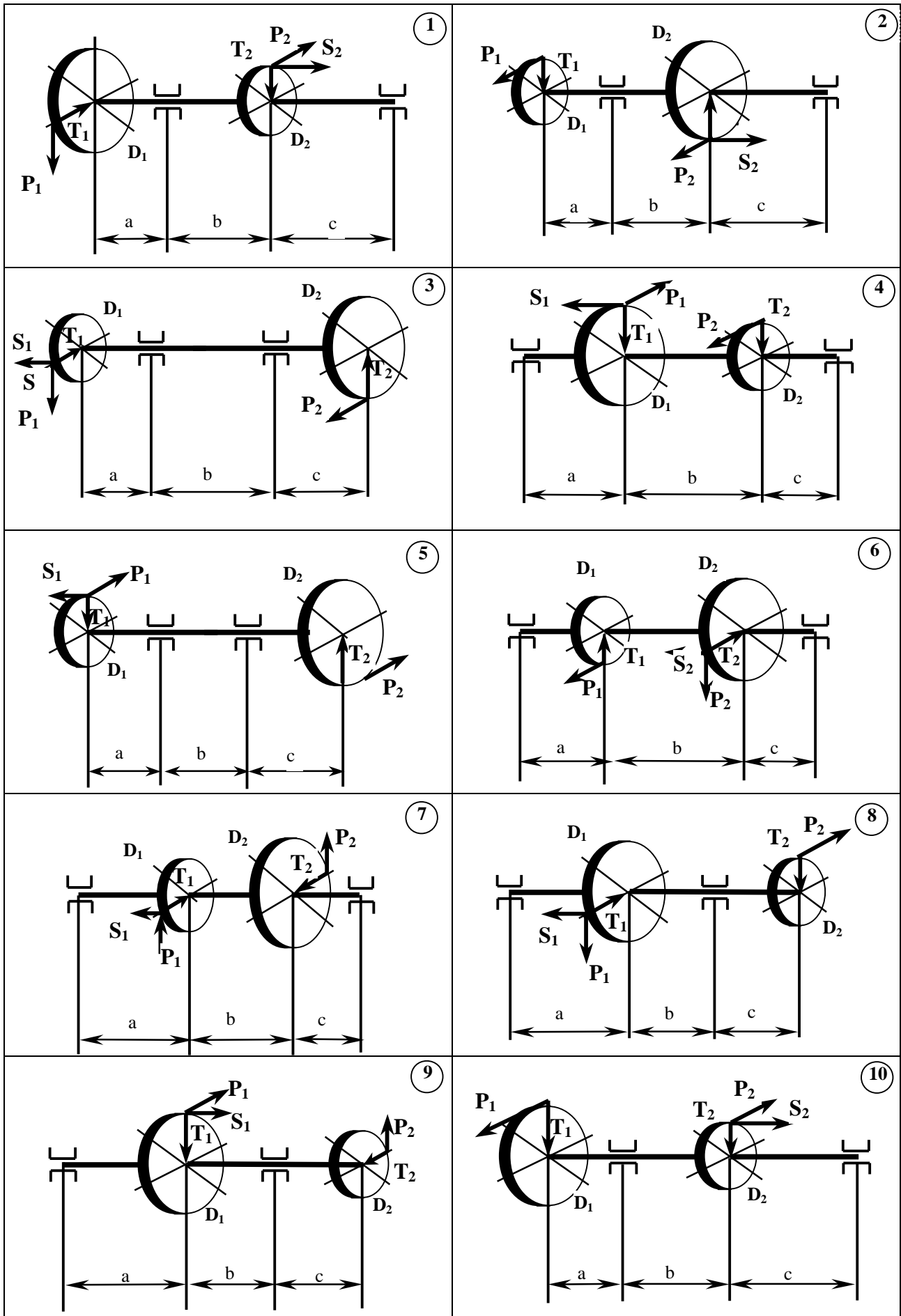


Рисунок 2.5

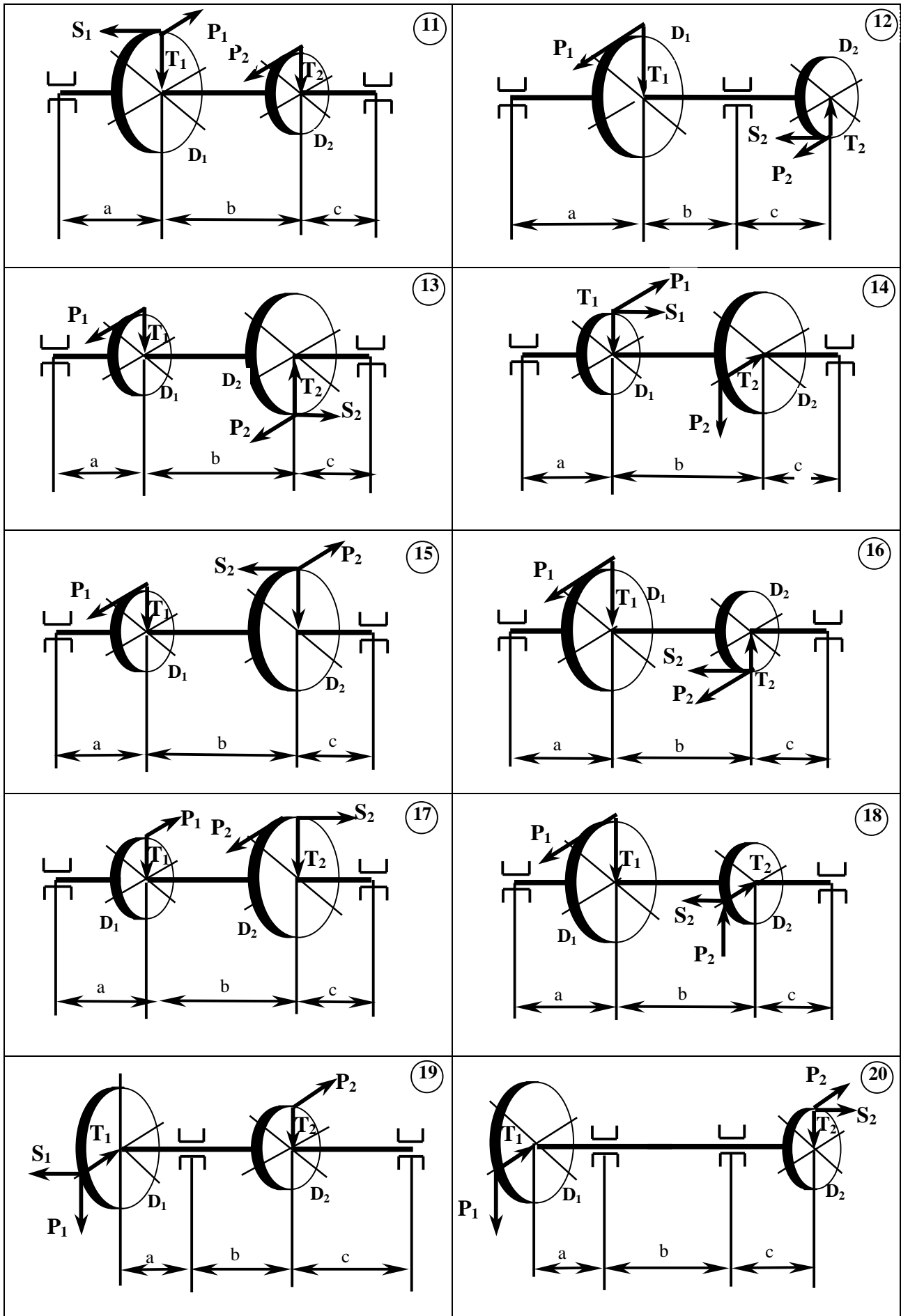


Рисунок 2.5, лист 2

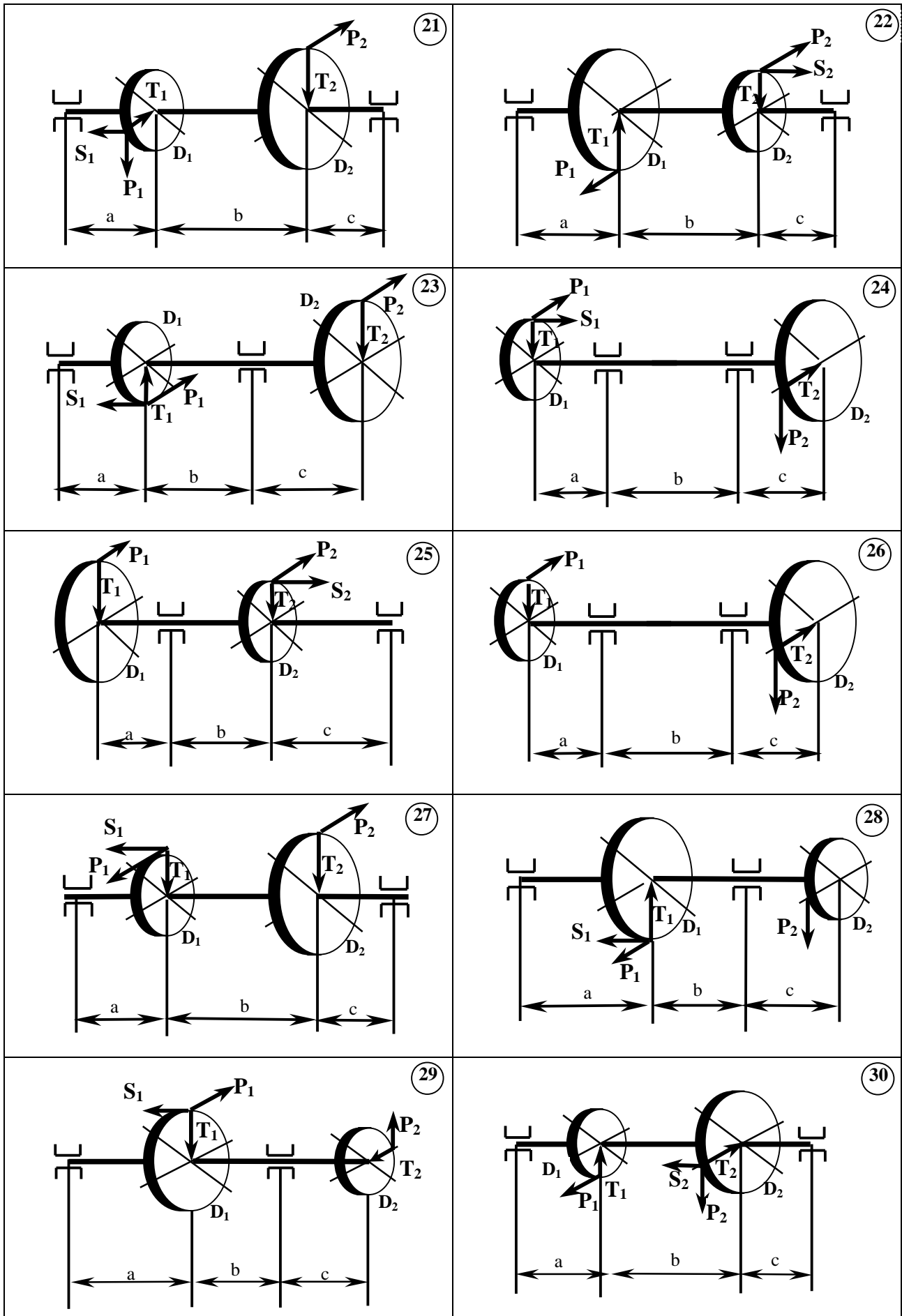


Рисунок 2.5, лист 3

2.4 Задача 4

2.4.1 Умови задачі та вихідні дані

Визначити діаметр проміжного вала редуктора, схема якого показана на рис. 2.5. Потужність, що передається W кВт, кутова швидкість n об. / хв. Співвідношення між силами, що діють вздовж дотичної до кола, радіуса та осі в зачепленні прийняти $T=0.32P$, $S=0.4P$. Допустиме напруження $[\sigma] = 80$ МПа. Перевірити міцність вала, враховуючи повздовжню силу.

Для задачі необхідно на першій сторінці розташувати схему навантажень в головних площинах з епюрами згинальних моментів та епюру крутних моментів.

Таблиця 2.7

Перша цифра шифру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
W , кВт	10	35	20	45	15	25	50	30	55	40
d_1 , м	0,5	0,9	0,6	0,8	0,5	0,9	0,6	0,8	0,7	0,8
d_2 , м	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6

Таблиця 2.8

Друга цифра шифру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
n , об./хв	100	350	200	450	300	150	500	250	400	350
a , м	0,7	0,5	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,6	0,5
b , м	0,5	0,6	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,7	0,6
c , м	0,3	0,5	0,7	0,5	0,6	0,4	0,6	0,7	0,5	0,7

2.4.2 План розв'язання задачі 4

1 Обчислюється крутний момент, що передається валом:

$$M_{кр} = 9,54 \frac{W}{n},$$

де W – потужність;

n – кутова швидкість.

2 За знайденим крутним моментом знаходимо сили в зачепленні:

$$P = \frac{2 M_{кр}}{d},$$

а потім ті, що діють уздовж вісі та радіусу:

$$T = 0.32 P,$$

$$S = 0.4 P.$$

3 Зображуються окремо сили, що діють в горизонтальній поверхні і будується епюр згинальних моментів M_x .

4 Зображуються окремо сили, що діють в вертикальній поверхні і будується епюра згинальних моментів M_y .

5 Зображуються окремо крутні моменти, що діють на вал і будується епюра крутних моментів M_z .

6 Згідно з III теорією міцності визначаємо зведений момент у небезпечному перерізі:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_{верт}^2 + M_{гор}^2}.$$

7 Підставляючи зведений момент до вимоги міцності при згинанні з крученням:

$$M_{зв}^{III} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_{кр}^2}.$$

8 Діаметр вала знаходиться з умови міцності:

$$s_{екв} = \frac{M_{прив}^{III}}{W_x} \leq [s], \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_{прив}^{III}}{\rho [s]}}.$$

переводиться у міліметри и скорочується до розміру, кратного 5.

3 КУРСОВЕ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 5

РОЗРАХУНОК СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ СИЛ

3.1 Задача 1. Статично невизначена рама

3.1.1 Умова задачі і вихідні дані

Розкрити статичну невизначеність рами (табл. 3.1, 3.2, рис. 3.1), побудувати епюри подовжніх, поперечних сил і згинальних моментів. Підібрати двотавровий переріз, якщо $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$. Визначити кут повороту вузла К.

Таблиця 3.1

Перша цифра шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
a, м	1	1,2	0,8	2	2,2	1,2	1,6	1	1,8	1,4
b, м	2	1,6	1,4	2,4	1,4	1,8	2	1,4	1,2	2,2
c, м	2,5	2	1,8	0,8	0,8	2,2	2,4	2,2	2,4	0,8
d, м	2,2	0,8	1	1,2	1,8	0,8	1	0,8	0,8	1,8

Таблиця 3.2

Друга цифра шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P, к	10	14	18	20	16	22	20	22	14	18
M, кН·м	16	8	10	12	10	8	8	10	12	8
q, к/м	8	10	6	8	6	10	10	6	10	10

3.1.2 План і рекомендації з рішення задачі

1 Опори замінюються опорними реакціями.

2 Знаходиться ступінь статичної невизначеності як різниця між числом невідомих реакцій і числом рівнянь статики.

3 Вибирається основна система шляхом відкидання “зайвих” зв'язків. Рекомендується основну систему вибирати якнайближче до вихідного, тобто відкидати ті зв'язки, без яких твердість системи зменшується не занадто сильно. Основна система повинна бути статично визначною і не повинна бути механізмом, тобто для плоскої рами реакцій повинне бути три і вони не повинні усі перерізатися в одній точці і не повинні бути усі рівнобіжні між собою.

4 Зображується еквівалентна система, тобто основна система з прикладеними зовнішніми навантаженнями і невідомими реакціями відкинутих зв'язків X_1, X_2, \dots, X_n .

5 Записується система канонічних рівнянь методу сил:

$$\begin{cases} d_{11} X_1 + d_{12} X_2 + \mathbf{K} + \Delta_{1P} = 0 \\ d_{21} X_1 + d_{22} X_2 + \mathbf{K} + \Delta_{2P} = 0 \\ \mathbf{K} \cdot \\ d_{n1} X_1 + d_{n2} X_2 + \mathbf{K} + \Delta_{nP} = 0 \end{cases}$$

6 Основна система завантажується тільки заданими навантаженнями, знаходяться опорні реакції, і будується еюра згинальних моментів M_p .

7 Основна система завантажується по черзі тільки одним одиничним навантаженням у перерізі і напрямку 1, 2, ..., n відкинутого зв'язку, знаходяться опорні реакції, і будується еюра згинальних моментів $\bar{M}_1, \bar{M}_2, \dots, \bar{M}_n$.

8 Визначаються коефіцієнти і вільний член системи шляхом обчислення інтеграла Мора:

$$\Delta_{1P} = \frac{1}{EI_x} \sum_{i=1}^n \int_l M_1 M_P dz .$$

Інтеграл Мору для еюр M_1 і M_p можна обчислити за універсальною формулою

$$\Delta_{1P} = \frac{1}{EI_x} \sum_{i=1}^n \frac{l}{6} (2 M_1 a_1 + 2 M_2 a_2 + M_1 a_2 + M_2 a_1) + \frac{q l^3}{24} (a_1 + a_2) ,$$

де M_1, M_2 - значення згинаючого моменту на границях ділянок вантажний еюри ;

a_1, a_2 - значення згинаючого моменту на границях ділянок одиничної еюри.

Добуток ординат у формулі приймається позитивним, якщо обидві ординати, що перемножуються спрямовані в одну сторону. В останньому, що складається, a_1 і a_2 позитивні, якщо напрямок цих ординат збігається з напрямком опуклості еюри M_p .

9 Розв'язуючи систему канонічних рівнянь, знаходимо X_1, X_2, \dots, X_n . Для перевірки правильності розв'язання системи варто підставити знайдені значення X_i у кожне з рівнянь.

10 Величину і дійсний напрямок знайдених X_1, X_2, \dots, X_n необхідно показати на еквівалентній системі.

11 В еквівалентній системі визначаються опорні реакції від зовнішніх сил і знайдених X_1, X_2, \dots, X_n , будуються остаточні епюри подовжніх, поперечних сил і згинальних моментів.

На остаточній епюрі моментів M максимальні значення моментів, як правило, зменшуються, а мінімальні збільшуються в порівнянні з епюрою M_p в основній системі, тобто моменти по довжині стрижневої системи перерозподіляються більш рівномірно.

12 Деформаційна перевірка виконується «перемножуванням» остаточної епюри M послідовно на кожен з одиничних епюр від $X_1=1, X_2=1 \dots$ і т.д. У результаті перемножування повинні вийти числа, близькі до нуля, тобто сума позитивних і негативних доданків повинна складати 2-3% від суми позитивних складових.

13 Переріз добирається з умови міцності при плоскому вигині:

$$s = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq [s] , \quad W_x \geq \frac{M_{\max}}{[s]} ,$$

де M_{\max} – найбільша ордината на остаточній епюрі згинальних моментів.

За знайденим моментом опору W_x обчислюється необхідний номер двотавра.

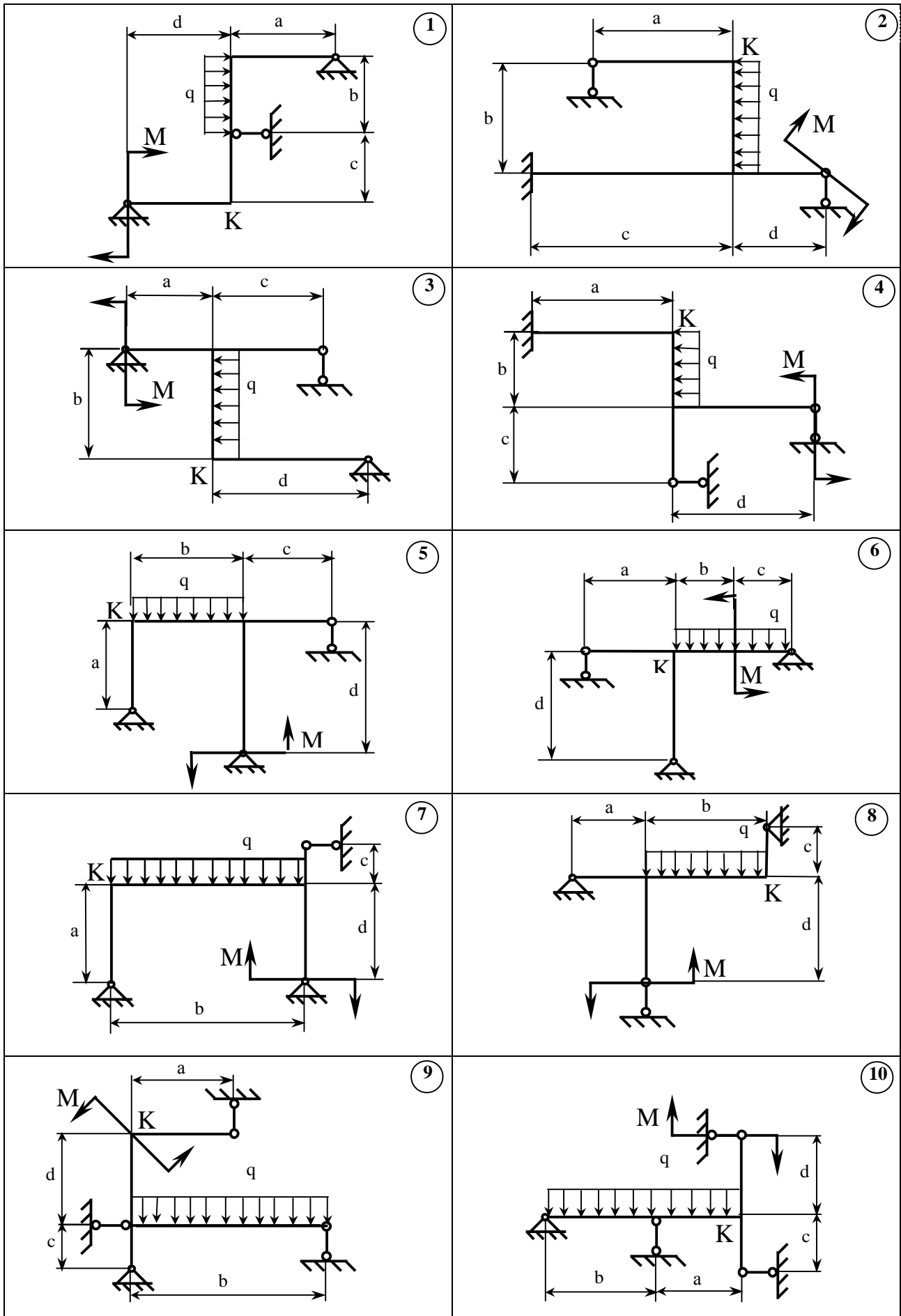


Рисунок 3.1

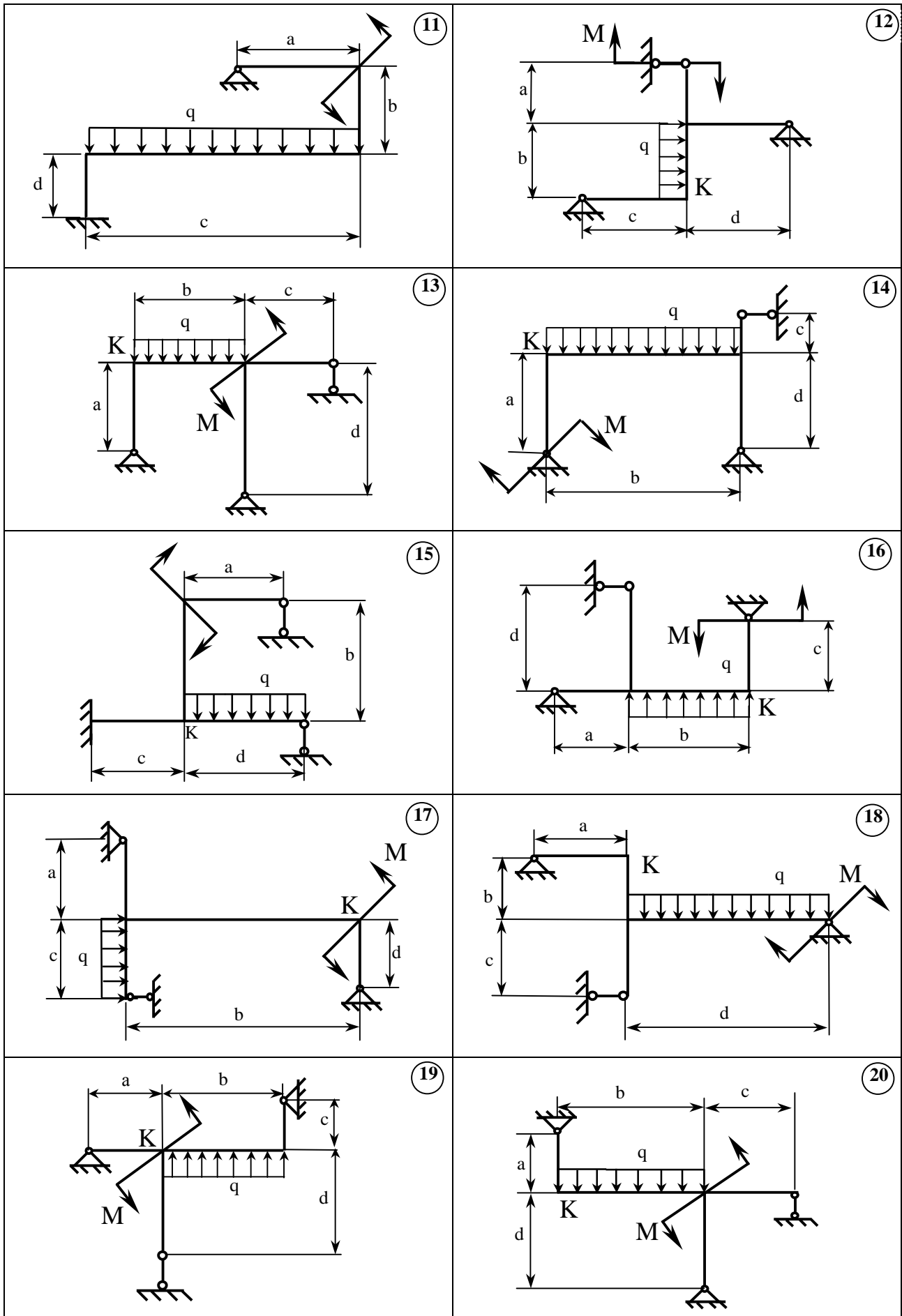


Рисунок 3.1, аркуш 2

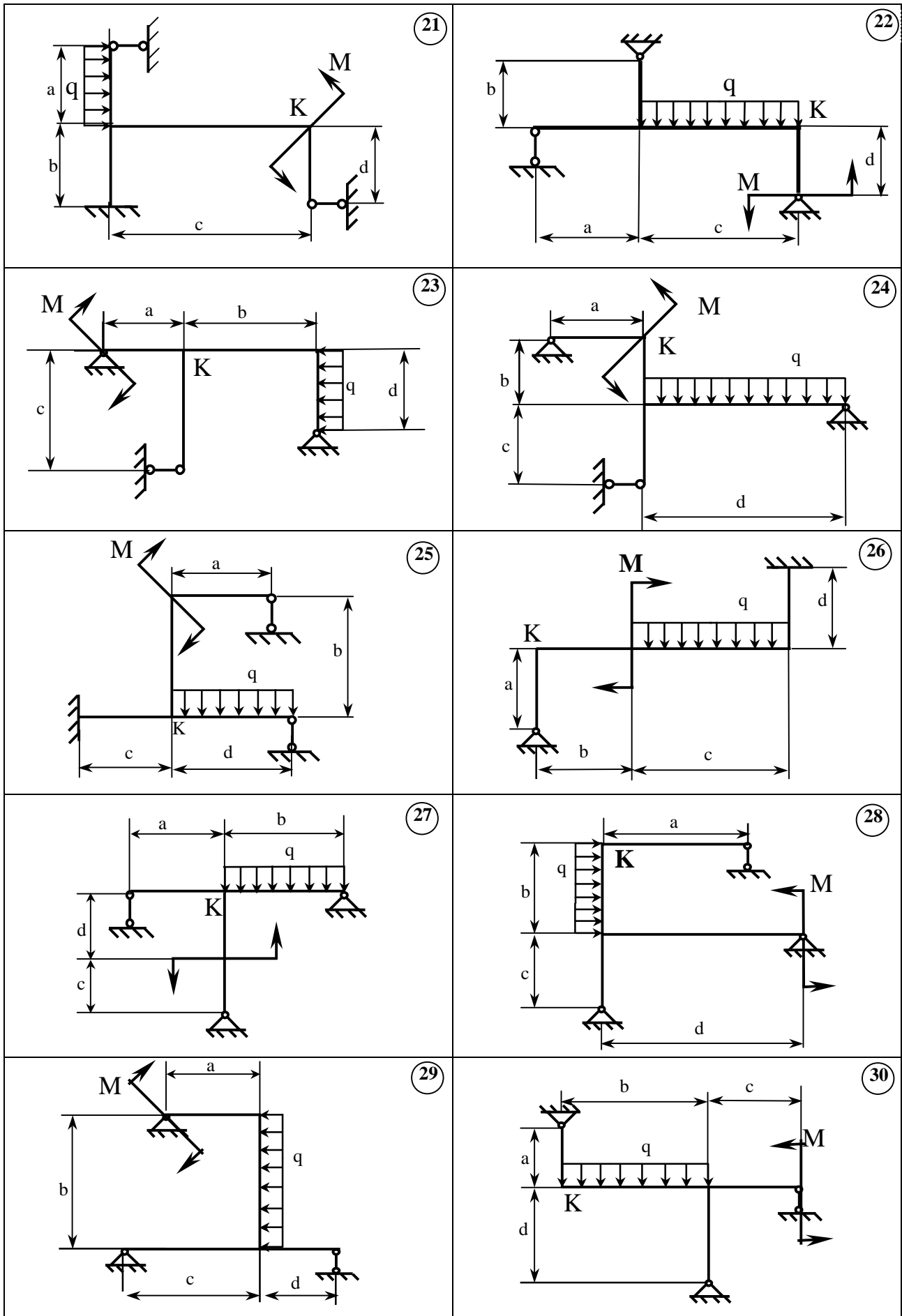


Рисунок 3.1, аркуш 3

14 Прикладається одиничне навантаження в перерізі й у напрямку необхідного переміщення (при визначенні кутового переміщення – одиничний момент, при визначенні лінійного переміщення – одинична сила) до основної системи, знаходяться опорні реакції від прикладеного одиничного навантаження, і будується епюра згинальних моментів \bar{M} . Отримана епюра “перемножується” на остаточну епюрі моментів.

3.2 Задача 2. Нерозрізна балка

3.2.1 Умова задачі і вихідні дані

Для нерозрізної балки (табл. 3.3, 3.4, рис. 3.2) розкрити статичну невизначеність, побудувати епюри внутрішніх зусиль, підібрати двотавровий переріз і визначити прогин у точці К і кут повороту перерізу А.

3.2.2 План і особливості розв’язання задачі 2

План розв’язання задачі 2 такий ж, як і задачі 1, однак є деякі особливості у виборі основної системи.

1 Як основна система приймається балка із шарнірами, поміщеними над зайвими опорами, і тверде закладення замінюється нерухомим шарніром. При цьому нерозрізна балка перетворюється в кілька незалежних шарнірно-опорних балок.

Таблиця 3.3

Перша цифра шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a, м	1,5	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	1,3	1,1	2,8
b, м	2,9	2,7	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,2	1,2	1,2
c, м	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,6	2,8	1,4
d, м	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	2,0	1,4	2,2

Таблиця 3.4

Друга цифра шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P, к	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6
q, к/м	10	12	14	12	14	10	12	10	14	10
M, кН·м	8	6	10	4	6	6	8	10	8	12

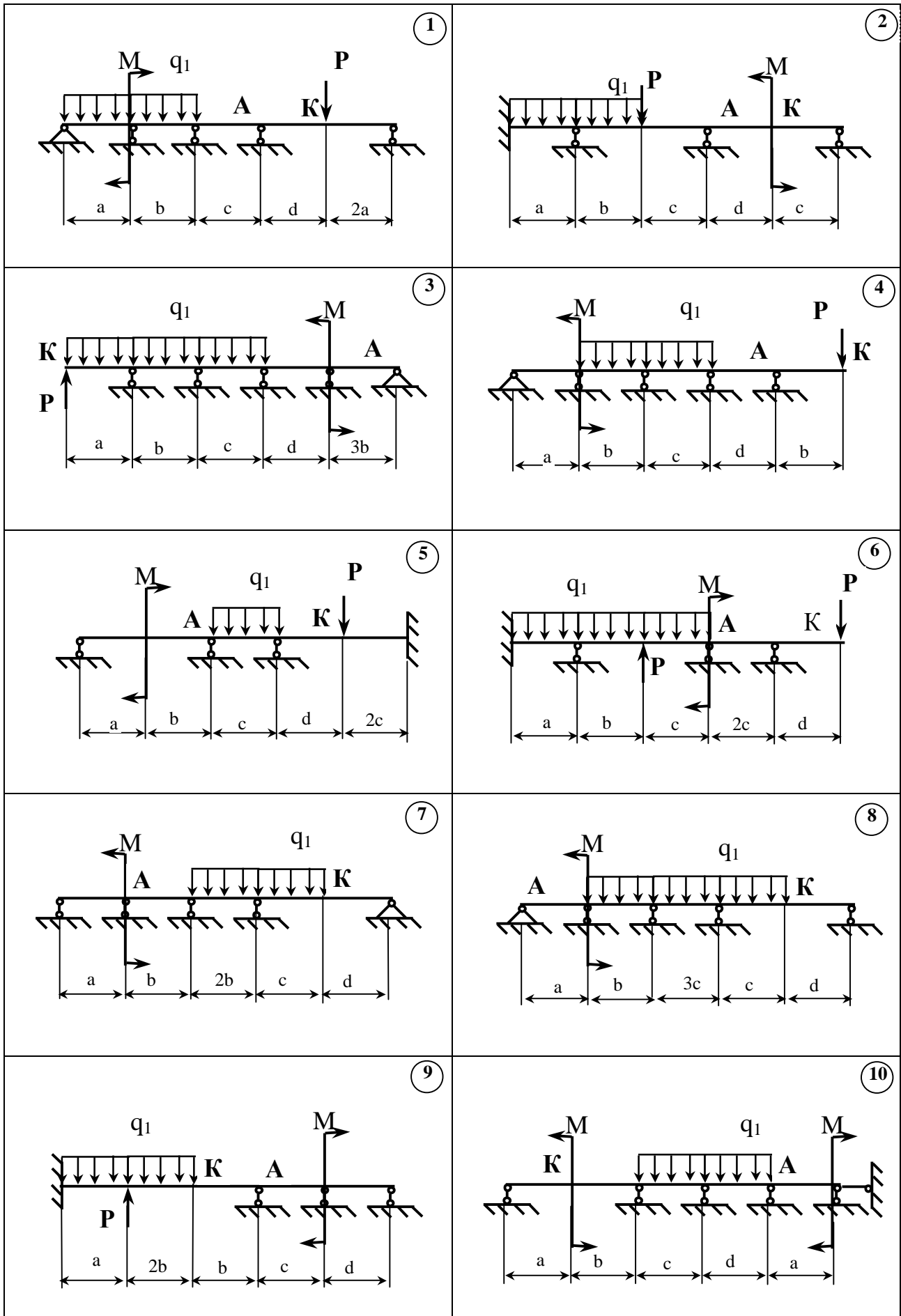


Рисунок 3.2

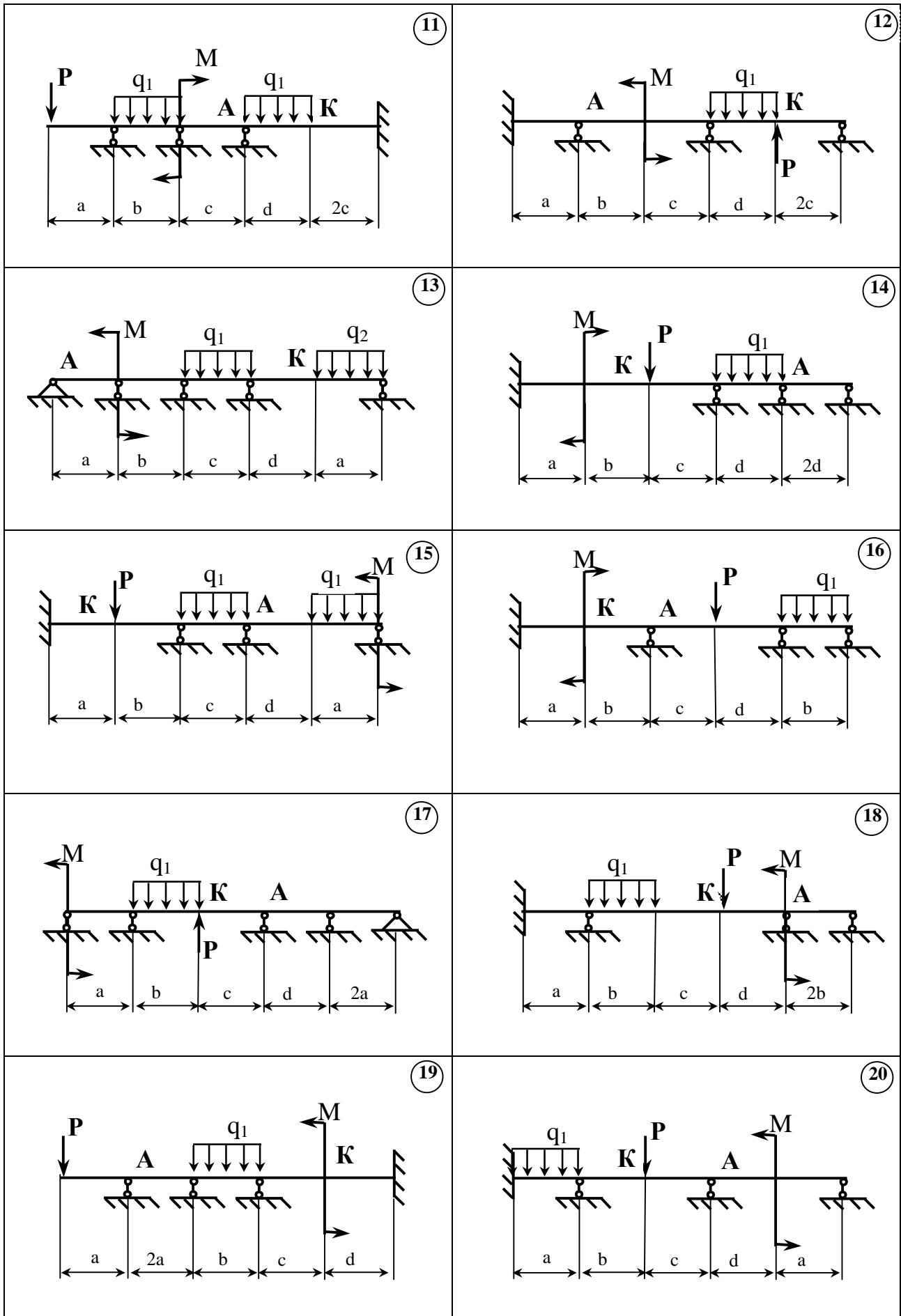


Рисунок 3.2, аркуш 2

2 Невідомими методу сил при такому виборі основної системи є моменти у введених шарнірах X_1, X_2, \dots, X_n , що показуються на еквівалентній системі.

3 Остаточна епюра моментів у межах будь-яких двох сусідніх ділянок повинна змінювати знак, максимальні ординати, як правило, зменшуються в порівнянні з відповідними значеннями епюри M_p .

4 КУРСОВЕ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ 6

СТІЙКІСТЬ І КОЛИВАННЯ ПРУЖНИХ СИСТЕМ

4.1 Задача 1. Підбор стиснутої стійки

4.1.1 Умова задачі і вихідні дані

Для заданої стійки довжиною l (табл. 4.1, 4.2), розрахункова схема і форма перерізу якої показані на рис. 4.1, з умови стійкості підібрати розміри перерізу і раціонально розташувати його. Перевантаження перерізу не допускається, а недовантаження не повинне перевищувати 10%.

4.1.2 План розв'язання задачі

1 Підбор перерізу здійснюється з умови стійкості

$$s = \frac{P}{F} \leq j [s],$$

де P – навантаження, діюче на стійку;

F – площа поперечного перерізу;

φ – коефіцієнт зниження напруги, що допускається.

Тому що в умову стійкості входять дві невідомі величини F і φ , то задачу варто розв'язувати шляхом послідовних наближень.

Таблиця 4.1

Перша цифра шифру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P , кН	500	550	600	650	700	450	400	350	600	500

Таблиця 4.2

Друга цифра шифру	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l , м	4,0	3,5	3,0	5,0	2,5	5,5	4,0	4,5	5,0	3,5

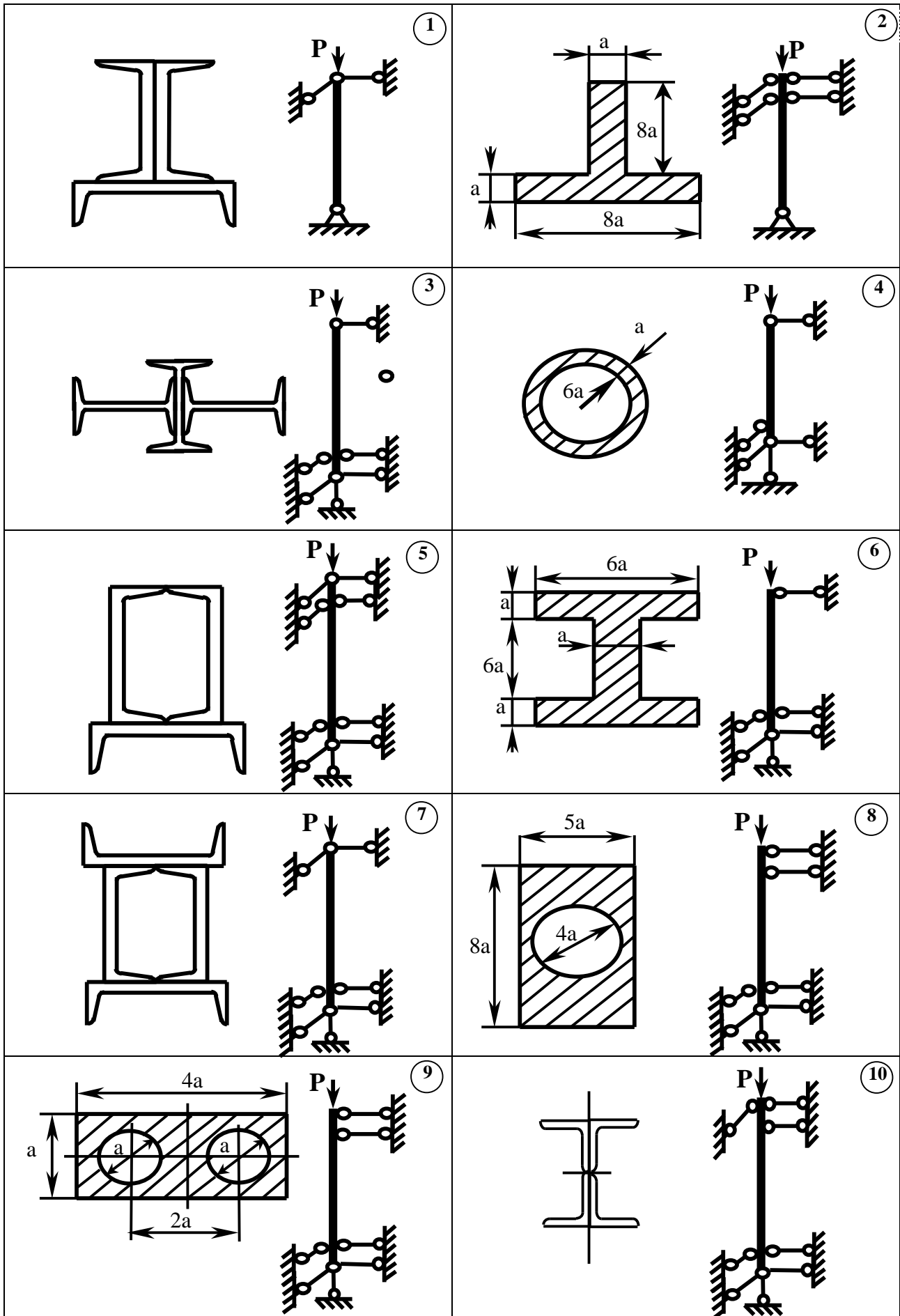


Рисунок 4.1

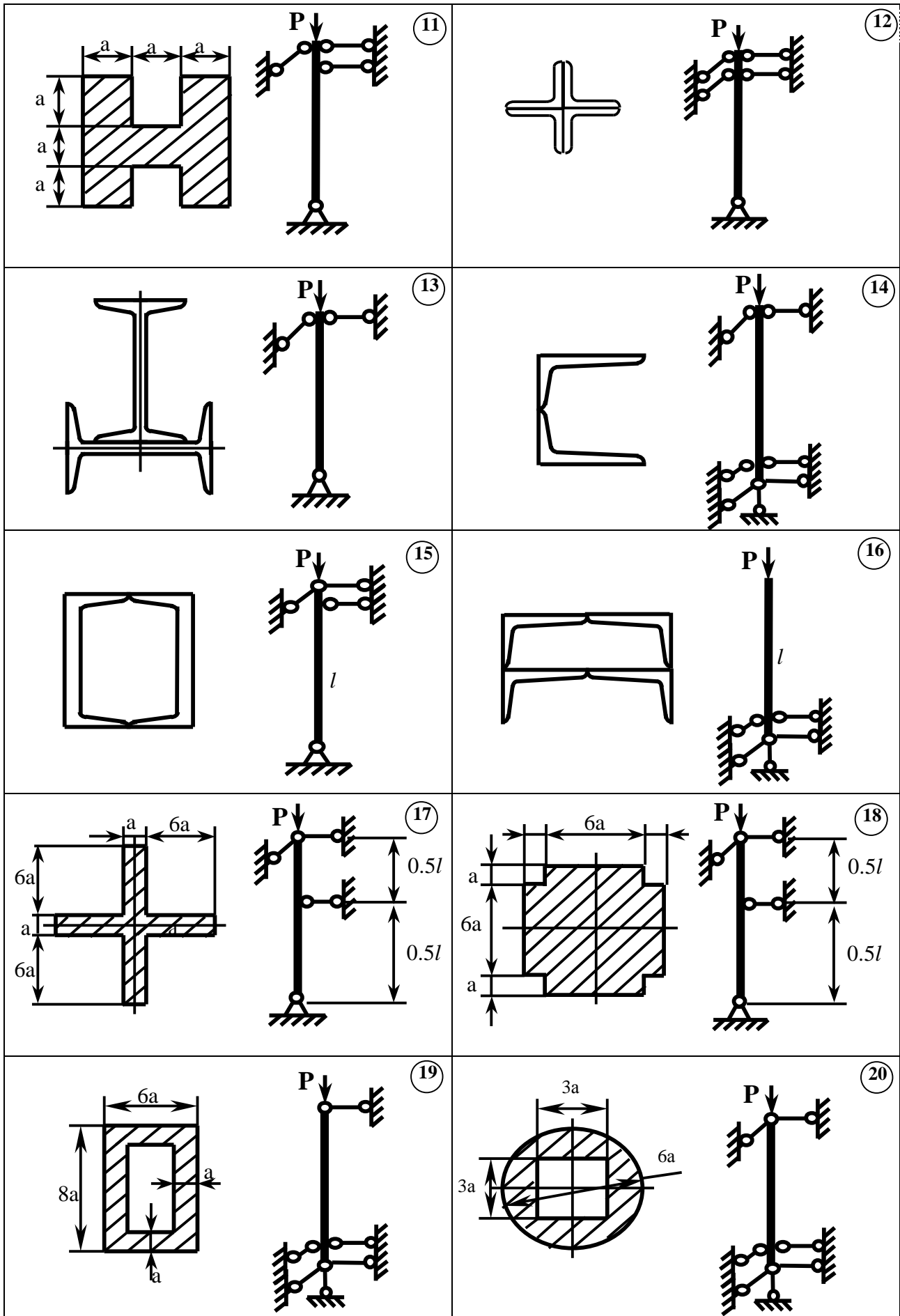


Рисунок 4.1, аркуш 2

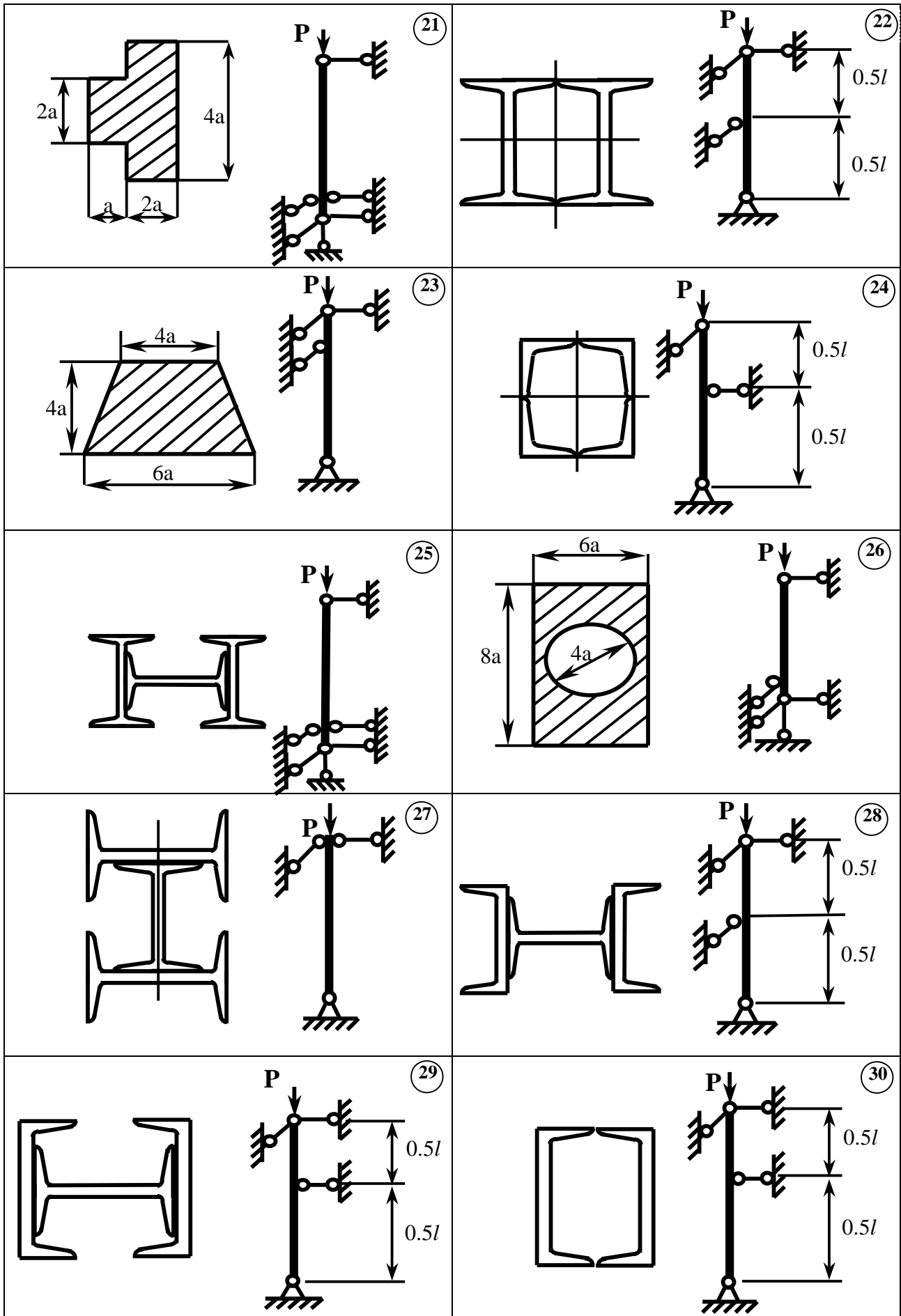


Рисунок 4.1, аркуш 3

2 Задаються деяким значенням коефіцієнта зниження напруги φ і з умови стійкості визначається необхідна площа поперечного перерізу F_0 ; найбільш доцільно обирати φ у межах 0,5 - 0,6.

$$F_0 \approx \frac{P}{j_0 [s]} .$$

3 За знайденою площею визначається номер профілю з сортаменту чи розмір перерізу a , обчислюються його моменти інерції щодо головних центральних осей J_x і J_y і радіуси інерції щодо цих осей i_x, i_y :

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} , \quad i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} .$$

4 Обчислюються значення гнучкості в двох площинах, попередньо раціонально розташовується переріз так, щоб у площині меншого моменту інерції закріплення було більш твердим, а в площині більшого – менш твердим. У цьому випадку більшому значенню радіуса інерції i_{\max} відповідає більше значення коефіцієнта приведення довжини - μ_{\max} і навпаки:

$$l_{x(y)} = \frac{m_{\max} l}{i_{\max}} , \quad l_{y(x)} = \frac{m_{\min} l}{i_{\min}} .$$

5 Подальший розрахунок ведеться для площини, де λ має найбільше з двох значень. За більшим λ визначається з таблиці коефіцієнт j'_0 , що звичайно відрізняється від прийнятого на початку розрахунку.

6 Перевіряється умова міцності:

$$s = \frac{P}{F} \leq j [s] .$$

7 При виконанні умови перевіряється недовантаження (перевантаження) перерізу:

$$\Delta = \frac{j [s] - \frac{P}{F}}{\frac{P}{F}} 100 \leq [\Delta] .$$

8 При невиконанні будь-якої умови задається нове значення коефіцієнта φ_1 , яке дорівнює середньому між j_0 і j'_0 :

$$j_1 = \frac{j'_0 + j_0}{2}$$

і розрахунок повторюється заново, починаючи з пункту а, але замість φ_0 приймається φ_1 і повторюється доти, поки будуть виконуватися обидві умови.

9 Якщо нове значення φ значно відрізняється від φ_0 , можна умови міцності і недовантаження не перевіряти, а відразу приступати до наступного наближення.

10 У випадку, коли гнучкість стійки перевищує максимальне значення в таблиці, необхідно зменшити значення φ_0 .

11 Якщо обидві умови виконати неможливо, залишається переріз, що задовольняє умова міцності.

4.2 Задача 2. Визначення напруг при коливаннях

4.2.1 Умова задачі і вихідні дані

На стрижневій конструкції (рис. 4.2) встановлений електродвигун масою m , що обертається зі швидкістю n (табл. 4.3, 4.4). Відцентрова сила, що виникає при роботі двигуна, $T = 0,3 m g$. Перерізу стержньової рами – двотавр, ферми – труба, зовнішній діаметр якої D , внутрішній $D_{\text{вн}} = 0,9D$. Визначити найбільші напруги в стрижнях і число оборотів двигуна, при якому настає резонанс. Модуль пружності матеріалу стрижнів $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

Таблиця 4.3

Перша цифра шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$m, \text{ кг}$	1500	1700	1900	2100	2200	2400	2600	1300	1100	2800
Двотавр	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33
$D, \text{ см}$	5,9	5,8	6,0	6,6	7,5	7,0	7,3	8,6	6,8	9,4
$a, \text{ м}$	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	2,0	1,4	2,2

Таблиця 4.4

Друга цифра шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n, \text{ об./хв}$	150	170	190	210	220	240	260	130	110	280
$v, \text{ м}$	2,9	2,7	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,2	1,2	1,2
$c, \text{ м}$	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,6	2,8	1,4
$d, \text{ м}$	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	2,0	1,4	2,2

4.2.2 План рішення задачі 2

1 Найбільше напруження в стержнях ферми

$$S = \frac{\bar{N}_{\max} (m q + b T)}{F}, \quad (4.1)$$

де N_{\max} – подовжня сила в найбільш навантаженому стержні від сили $P=1$, прикладеної в напрямку коливань маси;

β – коефіцієнт наростання коливань;

F – площа його поперечного перерізу.

Найбільша напруга в стержнях рами

$$S = \frac{\bar{M}_{\max} (m q + b T)}{W_x}, \quad (4.2)$$

де \bar{M}_{\max} – максимальний згинальний момент від одиничної сили, прикладеної в точці, де зосереджена маса системи, у напрямку коливань;

W_x – момент опору перерізу.

2 Для визначення найбільшого внутрішнього зусилля і власної частоти коливань до стрижневої системи в точці, де розташована її маса, прикладається в напрямку коливань сила $P=1$.

У випадку ферми знаходяться подовжні сили в стрижнях методом вирізання вузлів і визначається переміщення маси, викликане одиничною силою:

$$d_{11} = \frac{1}{E F} \sum_{i=1}^n \bar{N}_i^2 l_i. \quad (4.3)$$

Для рами будується еюра згинальних моментів \bar{M} і визначається переміщення маси, викликане одиничною силою:

$$d_{11} = \frac{1}{E I_x} \int_l \bar{M}_i^2 dz, \quad (4.4)$$

де N_{ii} – подовжня сила в i -му стрижні від одиничної сили;

l_i – його довжина;

M_{ii} – згинальний момент від одиничної сили.

Інтеграл у формулі (4.4) обчислюється способом Верещагіна чи “перемноженням” еюр за універсальною формулою.

3 Визначаються геометричні характеристики перерізів стержня – площа момент інерції відносно вісі.

4 Власна частота коливань для ферми і рами обчислюється за формулою

$$w = \sqrt{\frac{g}{d_{cm}}} = \sqrt{\frac{1}{m d_{11}}}, \quad (4.5)$$

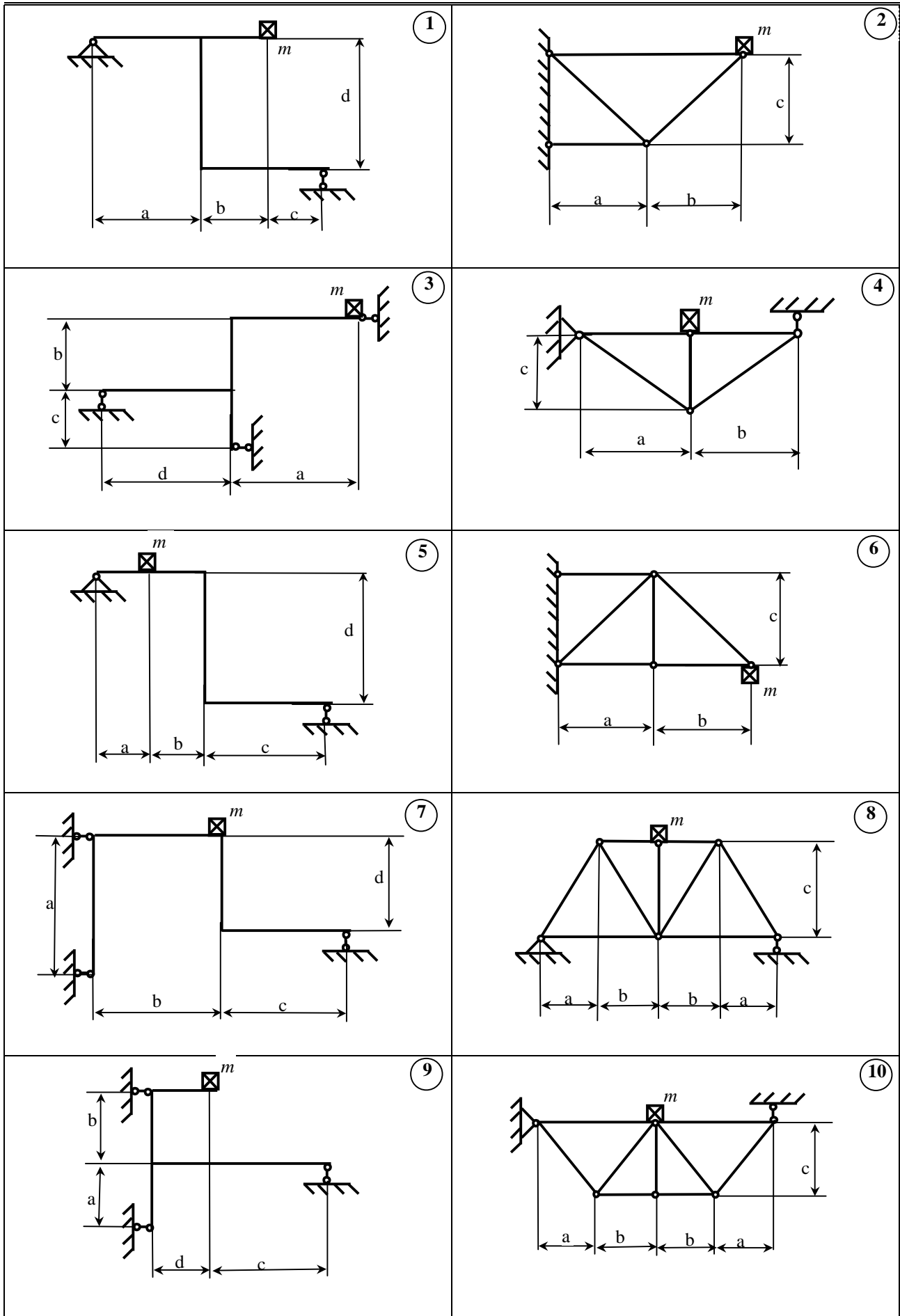


Рисунок 4.2

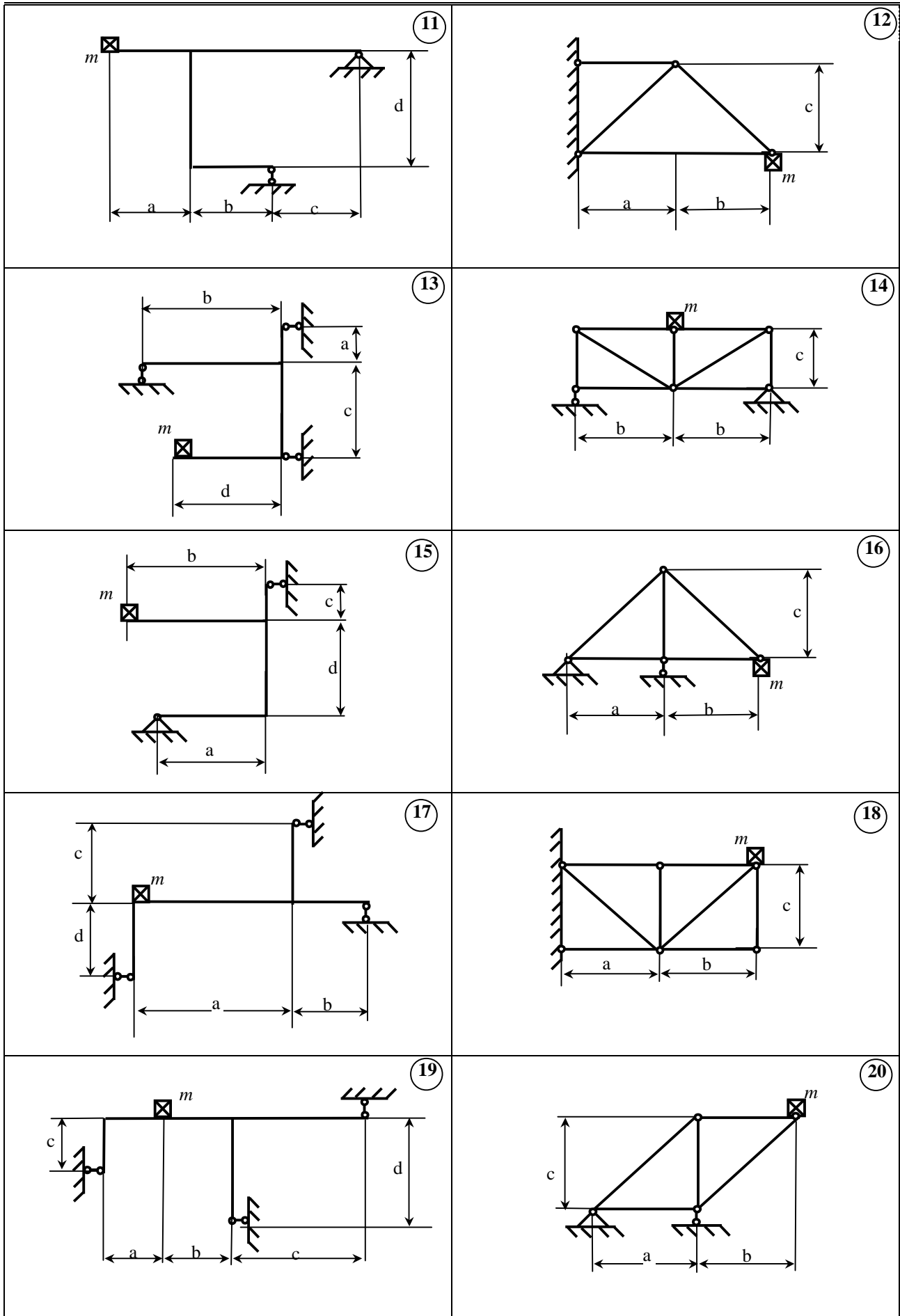


Рисунок 4.2, аркуш 2

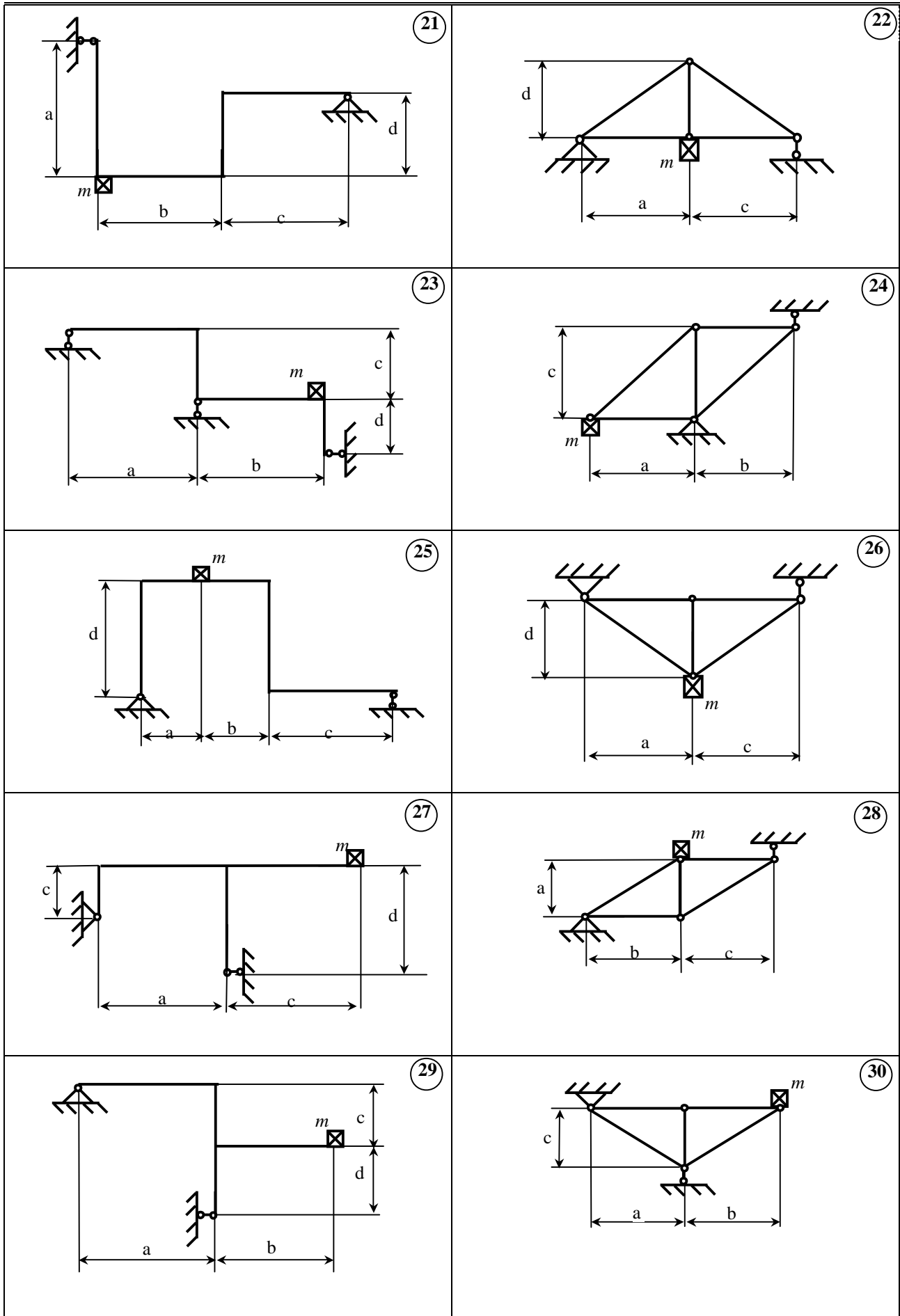


Рисунок 4.2, аркуш 3

5 Знаходиться частота сили, що збуджує:

$$\Omega = \frac{p n}{30} .$$

6 Коефіцієнт наростання коливань β для випадку відсутності сил опору обчислюється за формулою

$$b = \frac{1}{\left| 1 - \left(\frac{\Omega}{w} \right)^2 \right|} .$$

7 Визначаються найбільші напруги в стрижнях системи з урахуванням коливань:

$$S = \frac{\bar{N}_{\max} (m g + b T)}{F} \quad \text{чи} \quad S = \frac{\bar{M}_{\max} (m g + b T)}{W_x} .$$

8 Число оборотів двигуна, при якому настає резонанс,

$$n_p = \frac{30 w}{p} .$$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ, ЩО РЕКОМЕНДУЄТЬСЯ

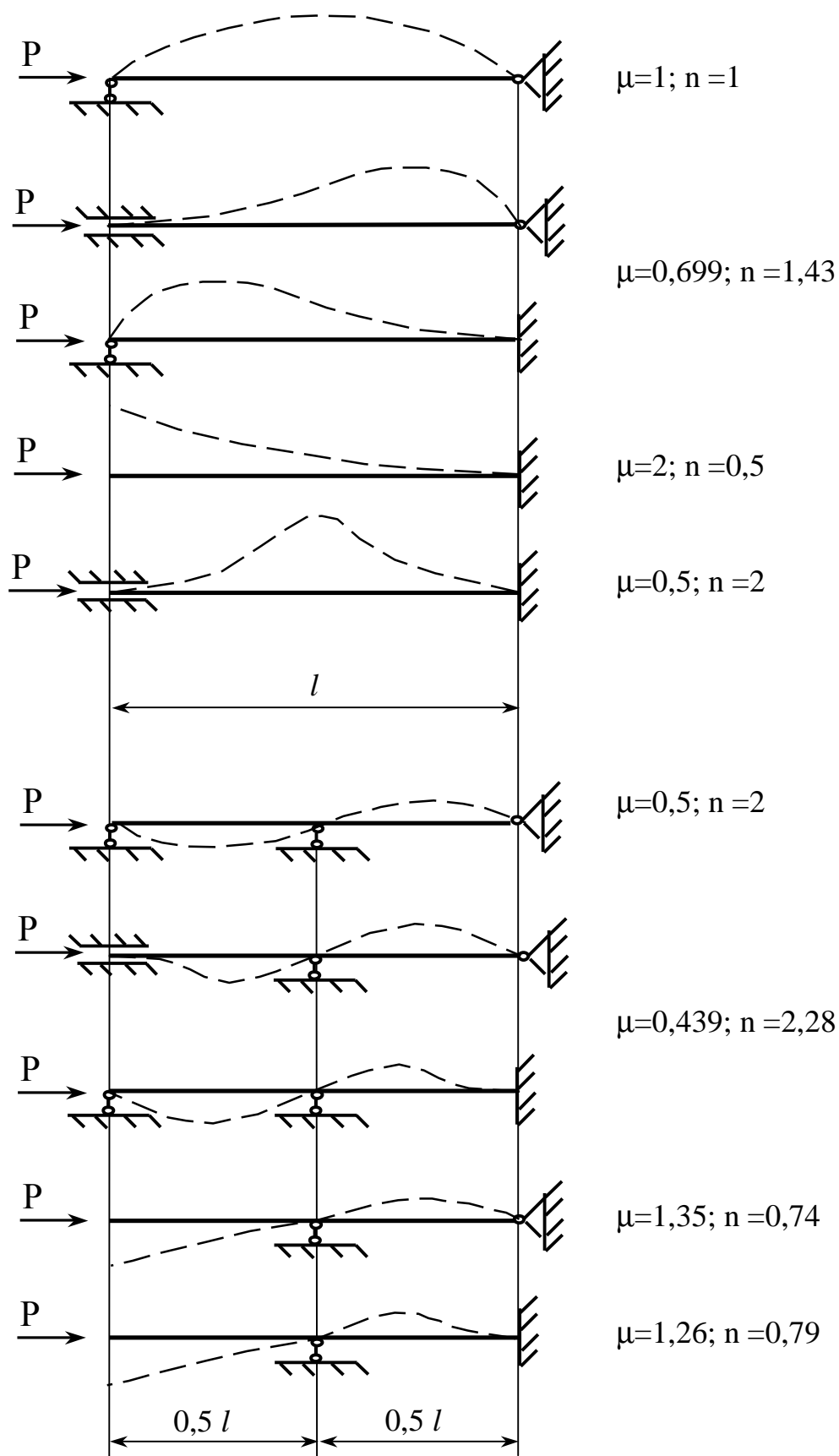
- 1 Писаренко Г.С. и др. Опір матеріалів. - Київ: Вища школа., 1986.- 775с.
- 2 Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. - М.: Наука, 1986.- 559с.
- 3 Сборник задач по сопротивлению материалов / Под ред. В.К. Качерина.- М.: Наука, 1970.- 432с.
- 4 ГОСТ 2.105 – 95 ЕСКД: Общие требования к текстовым документам.
- 5 ГОСТ 8239-89 Двутавры стальные горячекатаные. Сортаменты..
- 6 ГОСТ 8510 - 93 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортаменты.
- 7 ДСТУ 2251 - 93 Кутники сталеві гарячекатані рівнобокi. Сортаменти.
- 8 ДСТУ 3008 – 95 ЕСКД: Документи та звіти у галузі науки та техніки. ДСТУ 3436 – 96 Швелери сталеві гарячекатані. Сортаменти.
- 9 Структура та правила оформлення текстових документів. - Краматорськ: ДДМА, 1999.- 33с.

ДОДАТКИ
Додаток А
Коефіцієнти j для різних матеріалів

Гнучкість $l = \frac{m \cdot l}{i}$	сталь Ст4, 3, 2	сталь Ст5	сталь СПК	чавун	дерево
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,95	0,91	0,97
30	0,94	0,92	0,91	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,87	0,69	0,87
50	0,89	0,86	0,83	0,57	0,80
60	0,86	0,82	0,79	0,44	0,71
70	0,81	0,76	0,72	0,34	0,60
80	0,75	0,70	0,65	0,26	0,48
90	0,69	0,62	0,55	0,20	0,38
100	0,60	0,51	0,43	0,16	0,31
110	0,52	0,43	0,35	-	0,25
120	0,45	0,36	0,30	-	0,22
130	0,40	0,33	0,26	-	0,18
140	0,36	0,29	0,23	-	0,16
150	0,32	0,26	0,21	-	0,14
160	0,29	0,24	0,19	-	0,12
170	0,26	0,21	0,17	-	0,11
180	0,23	0,19	0,15	-	0,10
190	0,21	0,17	0,14	-	0,09
200	0,19	0,16	0,13	-	0,08

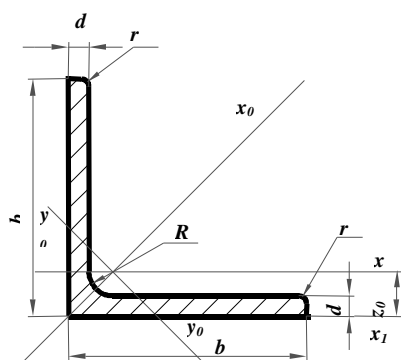
Додаток Б

Коефіцієнти приведеної довжини



Додаток В

ДСТУ 2251-93 КУТИКИ СТАЛЄВІ ГАРЯЧКАТАНІ РІВНОБОКІ. СОРТАМЕНТИ



Приклад позначення: Куттик 50x50x3 ДСТУ 2251-93

Таблиця В.1

Номер профілю	Розміри, мм		Площа перерізу, см^2	J_{x_0} , см^4	i_{x_0} , см	J_{x_1} , см^4	i_{x_1} , см	J_{y_0} , см^4	i_{y_0} , см	J_{y_1} , см^4	z_0 , см
	b	d									
5	50	3	2,96	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,4	1,33
		4	3,89	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38
		5	4,80	11,20	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42
5,6	56	4	4,38	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52
		5	5,41	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57
6,3	63	4	4,96	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69
		5	6,13	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74
		6	7,28	27,1	1,93	42,9	2,43	11,20	1,24	50,0	1,78
7	70	4,5	6,20	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88
		5	6,86	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90
		6	8,15	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94
		7	9,42	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99
7,5	75	8	10,70	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,9	2,02
		5	7,39	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02
		6	8,78	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06
		7	10,1	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10
8	80	8	11,5	59,8	2,28	94,6	2,87	24,8	1,47	113,0	2,15
		9	12,8	66,1	2,27	105,0	2,86	27,5	1,46	127,0	2,18
		5,5	8,63	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17
		6	9,38	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102,0	2,19
9	90	7	10,8	65,3	2,45	104,0	3,09	27,0	1,58	119,0	2,23
		8	12,3	73,4	2,34	116,0	3,08	30,3	1,57	137,0	2,27
		6	10,6	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	145	2,43
		7	12,3	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47
10	100	8	13,9	106,0	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51
		9	15,6	118,0	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55
		6,5	12,8	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68
		7	13,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71
10	100	8	15,6	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75
		10	19,2	179	2,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83

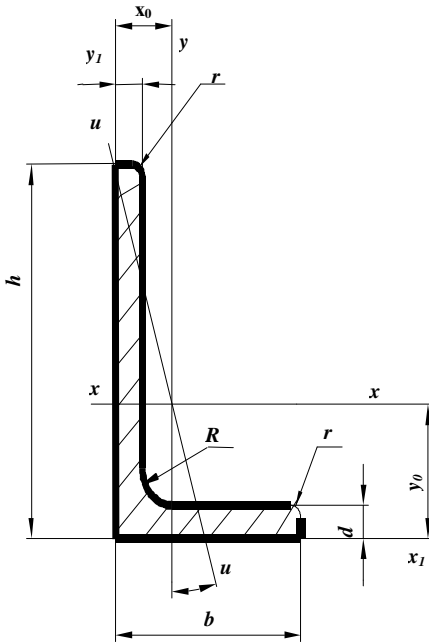
Продовження таблиці В.1

Номер профілю	Розміри, мм		Площа перерізу F , см ²	J_{x^2} , см ⁴	i_x , см	J_{x0} макс, см ⁴	i_{x0} макс, см	J_{y0} мин, см ⁴	i_{y0} мин, см	J_{xI} , см ⁴	z_{0y} , см
	B	d									
10	100	12	22,8	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91
		14	26,3	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99
		16	29,7	264	2,98	416	3,74	112,0	1,94	542	3,06
11	110	7	15,2	176	3,40	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96
		8	17,2	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3,00
12,5	125	8	19,7	294	3,37	467	4,87	122	2,49	516	3,36
		9	22,0	327	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,40
		10	24,3	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45
		12	28,9	422	3,82	670	4,82	174	2,46	782	3,53
		14	33,4	482	3,80	764	4,78	200	2,45	916	3,61
16	160	16	37,8	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68
		9	24,7	466	4,34	739	5,47	192	2,79	818	3,78
14	140	10	27,3	512	4,33	814	5,46	211	2,78	911	3,82
		12	32,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,90
		10	31,4	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,30
16	160	11	34,4	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1494	4,35
		12	37,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,39
		14	43,3	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	1911	4,47
		16	49,1	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	2191	4,55
		18	54,8	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,63
		20	60,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	2756	4,70
18	180	11	38,8	1216	5,60	1933	7,06	500	3,59	2128	4,85
		12	42,2	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	2324	4,89
20	200	12	47,1	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,37
		13	50,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,42
		14	54,6	2097	6,20	3333	7,81	861	3,97	3722	5,46
		16	62,0	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4264	5,54
		20	76,5	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,70
		25	94,3	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	6733	5,89
		30	111,5	4020	6,00	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07
22	220	14	60,4	2814	6,83	4470	8,60	1159	4,38	4941	5,93
		16	68,6	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	5661	6,02
25	250	16	78,4	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75
		18	87,7	5247	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9342	6,83
		20	97,0	5765	7,71	9160	9,72	2370	4,94	10401	6,91
		22	106,1	6270	7,69	9961	9,69	2579	4,93	11464	7,00
		25	119,7	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	13064	7,11
		28	133,1	7717	7,61	12244	9,59	3190	4,89	14674	7,23
30	142,0	8117	7,59	12965	9,56	3389	4,89	14753	7,31		

Додаток Г

ГОСТ 8510-86 КУТИКИ
СТАЛЕВІ ГОРЯЧЕКАТАНІ НЕРІВ-
НОПОЛОЧНІ. СОРТАМЕНТИ

Пример позначення: Кутик 80x50x5 ГОСТ 8510-93

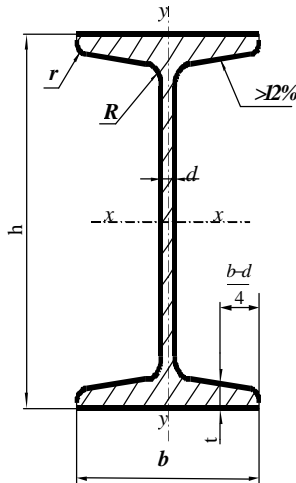


Таблиця Г.1

Номер проф.	Розміри, мм			Площа по- перізу F, см ²	J_x , см ⁴	i_x , см	J_y , см ⁴	i_y , см	J_u мин см ⁴	i_u мин см	Угол нахилу оси u, tga	J_{xI} , см ⁴	J_{yI} , см ⁴	x_0 , см	y_0 , см
	B	b	d												
5,6/3,6	56	36	4	3,58	11,4	1,78	3,7	1,02	2,19	0,78	0,406	23,2	6,25	0,84	1,82
			5	4,41	13,8	1,77	4,48	1,01	2,66	0,78	0,404	29,2	7,91	0,88	1,86
6,3/4	63	40	4	4,04	16,3	2,01	5,16	1,13	3,07	0,87	0,397	33,0	8,51	0,91	2,03
			5	4,98	19,9	2,00	6,26	1,12	3,72	0,86	0,396	41,4	10,8	0,95	2,08
			6	5,90	23,3	1,99	7,28	1,11	4,36	0,86	0,393	49,9	13,1	0,99	2,12
			8	7,68	29,6	1,96	9,15	1,09	5,58	0,85	0,386	66,9	17,9	1,07	2,20
7/4,5	70	45	5	5,59	27,8	2,23	9,05	1,27	5,34	0,98	0,406	56,7	15,2	1,05	2,28
7,5/5	75	50	5	6,11	34,8	2,39	12,5	1,43	7,24	1,09	0,436	69,7	20,8	1,17	2,39
			6	7,25	40,9	2,38	14,6	1,42	8,48	1,08	0,435	83,9	25,2	1,21	2,44
			8	9,47	52,4	2,35	18,5	1,40	10,9	1,07	0,430	112,0	34,2	1,29	2,52
8/5	80	50	5	6,36	41,6	2,56	12,7	1,41	7,58	1,09	0,387	84,6	20,8	1,13	2,60
			6	7,55	49,0	2,55	14,8	1,40	8,88	1,08	0,386	102,0	25,2	1,17	2,65
9/5,6	90	56	5,5	7,86	65,3	2,88	19,7	1,58	11,8	1,22	0,384	132	32,2	1,26	2,92
			6	8,54	70,6	2,88	21,2	1,58	12,7	1,22	0,384	145	35,2	1,28	2,95
			8	11,18	90,9	2,85	27,1	1,56	16,3	1,21	0,380	194	47,8	1,36	3,04
10/6,3	100	63	6	9,59	98,3	3,2	30,6	1,79	18,2	1,38	0,393	198	49,9	1,42	3,23
			7	11,1	113,0	3,19	35,0	1,78	20,8	1,37	0,392	232	58,7	1,46	3,28
			8	12,6	127,0	3,18	39,2	1,77	23,4	1,36	0,391	266	67,6	1,50	3,32
			10	15,5	154,0	3,15	47,1	1,75	28,3	1,35	0,387	333	85,8	1,58	3,40
11/7	110	70	6,5	11,4	142	3,53	45,6	2,00	26,9	1,53	0,402	286	74,3	1,58	3,55
			8	13,9	172	3,51	54,6	1,98	32,3	1,52	0,400	353	92,3	1,64	3,61

ГОСТ 8239-89 ДВОТАВРИ СТАЛЄВІ
ГОРЯЧЕКАТАНІ. СОРТАМЕНТИ.

Пример позначення: Двотаєр 30 ГОСТ 8239-89



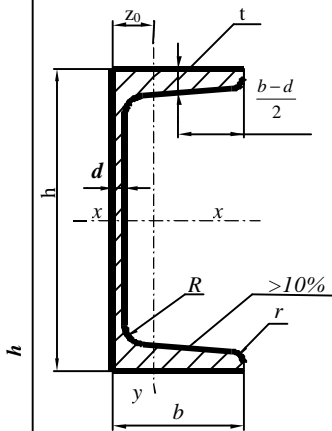
Таблиця Д.1

Номер профілю	Розміри, мм				Площа перерізу F , см^2	J_x , см^4	W_x , см^3	i_x , см	S_x , см^3	J_y , см^4	W_y , см^3	i_y , см
	h	b	d	t								
10	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,5	1,55
16	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109	6,57	62,3	58,6	14,5	1,70
18	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143	7,42	81,4	82,6	18,4	1,88
18a	180	100	5,1	8,3	25,4	1430	159	7,51	89,8	114	22,8	2,12
20	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184	8,28	104	115	23,1	2,07
20a	200	110	5,2	8,6	28,9	2030	203	8,37	114	155	28,2	2,32
22	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232	9,13	131	157	28,6	2,27
22a	220	120	5,4	8,9	32,8	2790	254	9,22	143	206	34,3	2,50
24	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
24a	240	125	5,6	9,8	37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63
27	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
27a	270	135	6,0	10,2	43,2	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
30	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
30a	300	145	6,5	10,7	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
33	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	400	155	8,3	13,0	72,6	19062	953	16,2	545	667	86,1	3,03
45	450	160	9	14,2	84,7	27696	1231	18,1	708	808	101	3,09
50	500	170	10	15,2	100	39727	1589	19,9	919	1043	123	3,23
55	550	180	11	16,5	118	55962	2035	21,8	1181	1356	151	3,39

60	600	190	12	17,8	138	76806	2560	23,6	1491	1725	182	3,54
----	-----	-----	----	------	-----	-------	------	------	------	------	-----	------

Додаток Е

ДСТУ 3436 – 96 ШВЕЛЕРИ СТАЛЄВІ
ГОРЯЧЕКАТАНІ. СОРТАМЕНТИ



Приклад позначення: Швелер 20 ДСТУ 3436 - 96

Таблиця Е.1

Номер профілю	Розміри, мм				Площа перерізу F , см^2	J_x , см^4	W_x , см^3	I_x , см^4	S_x , см^3	J_y , см^4	W_y , см^3	I_y , см^4	z_0 , см
	h	b	d	t									
5	50	32	4,4	7,0	6,16	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	48,6	15,0	2,54	9,0	8,7	3,68	1,08	1,24
8	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	100	46	4,5	7,6	10,9	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,3	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	140	58	4,9	8,1	15,6	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
14a	140	62	4,9	8,7	17,0	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	160	64	5,0	8,4	18,1	747	93,4	6,42	54,1	63,6	13,8	1,87	1,80
16a	160	68	5,0	9,0	19,5	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00
18	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121	7,24	69,8	86	17,0	2,04	1,94
18a	180	74	5,1	9,3	22,2	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	200	76	5,2	9,0	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20a	200	80	5,2	9,7	25,2	1670	167	8,15	95,9	139	24,2	2,35	2,28
22	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	220	87	5,4	10,2	28,8	2330	212	8,99	121	187	30,0	2,55	2,46
24	240	90	5,6	10,0	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24a	240	95	5,6	10,7	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	270	95	6,0	10,5	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	300	100	6,5	11,0	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	330	105	7,0	11,7	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	360	110	7,5	12,6	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	400	115	8,0	13,5	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75

Додаток Ж

Приклад титульної сторінки

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія
Кафедра технічної механіки

СКЛАДНИЙ ОПІР
(розрахунково-графічна робота № 4)

з дисципліни опір матеріалів

Варіант № 1124

Виконала:

Стрельченко І.І. студент гр. ЗВ 04-1

Перевірив:

Деньщиков О.Ю.

Краматорськ 2004

Методичні вказівки
до розрахунково-графічних завдань 4-6 з дисципліни
“Опір матеріалів”

(для студентів усіх спеціальностей
денної форми навчання)

Укладачі: Микола Олексійович Соломін,
Олександр Юрійович Деньщиков

Без редагування

Підп. до друку
Ризограф. друк. Ум. друк. арк.
Тираж прим.

Формат 60x84/16.
Обл.- вид. арк.

ДДМА. 84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72