

ОПД.Ф.02.02 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ
СБОРНИК ЗАДАЧ
ЧАСТЬ 1
Учебное пособие

ПРЕДИСЛОВИЕ

В сборнике содержатся многовариантные задачи по 1-й части курса «Сопроотивление материалов», предназначенные для самостоятельного выполнения студентами очной формы обучения. Номера задач и сроки их выполнения сообщает студентам преподаватель. При этом каждому студенту сообщается также номер варианта (расчетной схемы). Числовые значения (исходные данные) для своего варианта студент выбирает сам из таблиц, которые прилагаются к каждой задаче. При выборе данных используется начальная буква имени и буквы фамилии студента. Короткая фамилия для получения нужного набора ключевых букв повторяется, длинная — обрывается.

Выбор исходных данных оформляется в виде таблицы, которая располагается перед условием задачи. Ниже дается пример выбора исходных данных к задаче 1 для студента С. Ивлева.

С.	И	в	л	е	в	С.	И	в	л	е	в
a , см	b , см	c , см	P_1 , кН	P_2 , кН	P_3 , кН	A , см ²	не используются				
90	60	40	80	70	40	45					

Исходные данные, как правило, наносятся на чертеж (расчетную схему) в виде конкретных числовых данных. Для удобства решения обозначения, приведенные в условии, можно изменять. Например, в задаче 1 для обозначения длины участков вместо a , b , c можно ввести логически более удобные обозначения l_1 , l_2 , l_3 .

Латинский и греческий алфавит, перечень обозначений основных величин и их размерность, единицы измерения механических величин в Международной системе единиц (СИ), а также кратные и дольные приставки приведены перед условиями задач.

В прил. А и Б к этому сборнику содержатся справочные данные по физико-механическим характеристикам материалов и таблицы сортамента стального проката, необходимые для решения задач.

В библиотеке университета имеется широкий выбор учебно-методической литературы, которая поможет в освоении учебного материала и при решении задач. Список рекомендуемой литературы сообщает преподаватель и, кроме того, список основной учебной и справочной литературы приведен в конце этого сборника.

Общие правила выполнения и оформления заданий

1. Номера задач, их варианты, сроки выполнения и защиты заданий выдает преподаватель.
2. Решение каждой задачи начинать с новой страницы. Вначале записать номер задачи, вариант и таблицу исходных данных.
3. Записи необходимо выполнять чернилами. Чертежи — мягким карандашом, указать все размеры и соблюдать масштаб.
4. Часть чертежей по указанию преподавателя выполнять на чертежной или миллиметровой бумаге.
5. Физико-механические характеристики материалов, необходимые для решения задач, студент выбирает самостоятельно, руководствуясь условием задачи и прил. А и Б, приведенными в конце сборника.
6. Каждый этап решения задачи должен быть озаглавлен.
7. При решении задач сначала записать формулу, в нее подставить исходные данные в системе СИ и подсчитать результат с обязательным указанием его размерности. Промежуточные вычисления нужно приводить лишь для громоздких формул. Все величины округляются до трехзначных чисел.
8. Решение задач заканчивать ответом (выводом).

Латинский алфавит		
Буква		Название
заглавная	прописная	
<i>A</i>	<i>a</i>	а
<i>B</i>	<i>b</i>	бэ
<i>C</i>	<i>c</i>	цэ
<i>D</i>	<i>d</i>	дэ
<i>E</i>	<i>e</i>	э
<i>F</i>	<i>f</i>	эф
<i>G</i>	<i>g</i>	гэ
<i>H</i>	<i>h</i>	ап
<i>I</i>	<i>i</i>	и
<i>J</i>	<i>j</i>	йот
<i>K</i>	<i>k</i>	ка
<i>L</i>	<i>l</i>	эль
<i>M</i>	<i>m</i>	эм
<i>N</i>	<i>n</i>	эн
<i>O</i>	<i>o</i>	о
<i>P</i>	<i>p</i>	пэ
<i>Q</i>	<i>q</i>	кү
<i>R</i>	<i>r</i>	эр
<i>S</i>	<i>s</i>	эс
<i>T</i>	<i>t</i>	тэ
<i>U</i>	<i>u</i>	у
<i>V</i>	<i>v</i>	вэ
<i>W</i>	<i>w</i>	дубль-вэ
<i>X</i>	<i>x</i>	икс
<i>Y</i>	<i>y</i>	игрек
<i>Z</i>	<i>z</i>	зэт

Греческий алфавит		
Буква		Название
заглавная	прописная	
Α	α	альфа
Β	β	бэга
Γ	γ	гамма
Δ	δ	дельта
Ε	ε	эпсилон
Ζ	ζ	дзета
Η	η	эта
Θ	θ	тэта
Ι	ι	йота
Κ	κ	каппа
Λ	λ	ламбда
Μ	μ	мю
Ν	ν	ню
Ξ	ξ	кси
Ο	ο	омикрон
Π	π	пи
Ρ	ρ	ро
Σ	σ	сигма
Τ	τ	тау
Υ	υ	ипсилон
Φ	φ	фи
Χ	χ	хи
Ψ	ψ	пси
Ω	ω	омега

Перечень обозначений основных величин и их размерность

Обозначение	Наименование величины	Ед. Междунар. системы (СИ)
A	Площадь	м^2
S_z	Статический момент площади (относительно оси z)	м^3
J_z	Осевой момент инерции (относительно оси z)	м^4
J_p	Полярный момент инерции	м^4
J_{xy}	Центробежный момент инерции (относительно осей xy)	м^4
W_z	Момент сопротивления при изгибе (относительно оси z)	м^3
W_p	Полярный момент сопротивления	м^3
a, b, d, h	Размеры сечения	м
l	Длина	м
F, P	Сосредоточенная сила (сосредоточенная нагрузка)	Н
q	Интенсивность нагрузки, распределенной по длине	Н/м
p	Нагрузка, распределенная по площади (давление)	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
γ	Удельный вес	Н/м^3
m	Сосредоточенный момент. Нагрузка в виде пары сил	$\text{Н}\cdot\text{м}$
N	Продольная сила	Н
Q	Поперечная сила	Н
M	Изгибающий момент	$\text{Н}\cdot\text{м}$
$M_{кр}, T$	Крутящий момент	$\text{Н}\cdot\text{м}$
ϵ	Линейная деформация (относительная деформация)	—
γ	Угловая деформация	—
Δl	Изменение длины (абсолютная деформация)	м
θ	Угол поворота	рад
f, Δ, δ	Перемещение линейное	м
u	Составляющая перемещения по оси x	м
v	Составляющая перемещения по оси y	м
w	Составляющая перемещения по оси z	м
σ	Нормальное напряжение	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$

Окончание таблицы

Обозначение	Наименование величины	Ед. Междунар. системы (СИ)
τ	Касательное напряжение	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Главные напряжения ($\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$)	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
ρ	Плотность	кг/м^3
α	Температурный коэффициент линейного расширения	$1/\text{град}$
E	Модуль упругости (модуль Юнга)	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
ν	Коэффициент Пуассона	—
G	Модуль сдвига	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
σ_T	Предел текучести	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
$\sigma_{шк}$	Предел пропорциональности	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
$\sigma_{0,2}$	Предел текучести условный	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
σ_B	Предел прочности (временное сопротивление)	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
δ	Относительное удлинение после разрыва	%
R_y	Расчетное сопротивление по пределу текучести	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
R_s	Расчетное сопротивление при сдвиге	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$
R_w	Расчетное сопротивление для углового шва	$\text{Н/м}^2, \text{Па}$

R_{br}	Расчетное сопротивление бетона при сжатии	Н/м ² , Па
R_{bt}	Расчетное сопротивление бетона на растяжении	Н/м ² , Па
R_p	Расчетное сопротивление при смятии	Н/м ² , Па

**Единицы механических величин
в Международной системе единиц (СИ)**

Величина		Ед. изм. СИ		
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение	Соотношение единиц
Сила	F, Q, N	ньютон	Н	10 Н \approx 1 кгс
Напряжение	σ, τ	паскаль	Па	1 Па = 1 Н/м ²
Модуль упругости	E, G	паскаль	Па	1 МПа \approx 10 кгс/см ²
Момент силы	M	ньютон-метр	Н·м	1 Н·м \approx 0,1 кгс·м
Погонная нагрузка	q	ньютон на метр	Н/м	1 Н/м \approx 0,1 кгс/м

Кратные и дольные приставки

Приставка	Гига-	Мега-	Кило-	Гекто-	Деци-	Сантим-	Милли-	Микро-
Сокращенное обозначение	Г	М	к	г	д	с	м	мк
Множитель, который она заменяет	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	10 ²	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Стальной стержень нагружен тремя силами P_1 , P_2 и P_3 так, как показано на расчетной схеме. Величину сил, длину участков и площадь поперечного сечения необходимо выбрать из таблицы исходных данных.

Т р е б у е т с я:

1. Изобразить расчетную схему стержня, соблюдая масштаб длин. Указать числовое значение величины нагрузок и длины участков. Если имеются нагрузки, помеченные звездочками (*), то необходимо изобразить повторно стержень, изменив направление силы P на противоположное.
2. Определить на участках продольные силы и построить эпюру N .
3. Определить нормальные напряжения в поперечных сечениях и построить эпюру σ .
4. Вычислить удлинения (укорочения) каждого участка и изменение длины всего стержня.

Принять $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

5. Построить эпюру перемещений.

К задаче 1

Алфавит	a , см	b , см	c , см	P_1 , кН	P_2 , кН	P_3 , кН	A , см ²
<i>а б в</i>	40	40	40	50	60*	40	20
<i>г д е ё</i>	50	50	50	60	70	50*	25
<i>ж з и й</i>	60	60	60	70	80*	60	30
<i>к л м</i>	70	70	70	80	90	70*	35
<i>н о п</i>	80	80	80	90	100*	80	40
<i>р с т</i>	90	90	90	100	110	90*	45
<i>у ф х</i>	100	100	100	110	120*	100	50
<i>ц ч ш щ</i>	105	105	105	120	130	110*	55
<i>ъ ы ь</i>	110	110	110	130	140*	120	60
<i>э ю я</i>	115	115	115	140	150	130*	65

Задача 2. Абсолютно жесткий рычаг шарнирно прикреплен к основанию шарнирно-неподвижной опорой и стальным стержнем. Заданы нагрузки P и q , длина участков и площадь поперечного сечения стержня A_1 , A_2 и α .

Т р е б у е т с я:

1. Вычислить продольные силы и нормальные напряжения в поперечных сечениях стержней.
2. Определить вертикальное и горизонтальное перемещения точки K , пренебрегая деформацией рычага.

К задаче 2

Алфавит	P , кН	q , кН/м	a , м	b , м	l_1 , м	l_2 , м	A_1 , см ²	A_2/A_1	α , град
---------	----------	------------	---------	---------	-----------	-----------	-------------------------	-----------	-----------------

а б в	40	10	0,80	0,5а	0,6	1,5	10	2,0	20
г д е ё	50	14	0,90	0,5а	0,7	1,4	12	2,2	25
ж з и й	60	18	1,00	0,6а	0,8	1,3	14	2,4	30
к л м	70	20	1,05	0,6а	0,9	1,2	16	2,6	35
н о п	80	22	1,10	0,7а	1,0	1,1	18	2,8	40
р с т	90	24	1,15	0,8а	1,1	1,0	20	3,0	45
у ф х	100	26	1,20	0,75а	1,2	0,9	22	3,2	50
ц ч ш щ	95	28	1,25	0,65а	1,3	0,8	24	3,4	55
ъ ы ь	85	30	1,30	0,55а	1,4	0,7	26	3,6	60
э ю я	75	32	1,35	0,45а	1,5	0,6	28	3,8	65

Задача 3. Бетонный блок в виде прямоугольной призмы, лежащей на боковой стороне, закреплен на платформе четырьмя стальными растяжками из проволок диаметром 6,0 мм и деревянными упорами. Упоры прибиты к основанию гвоздями диаметром 4,0 мм.

Принять:

Расчетное сопротивление проволоки $R_v = 100$ МПа. Расчетное сопротивление гвоздей на сдвиг $R_s = 80$ МПа. Плотность бетона $\rho = 2400$ кг/м³. Тормозная сила $I' = 1,2Q$ (Q — вес блока). Коэффициент перегрузки для собственного веса принять равным 1,2; для тормозных сил — 3.

Требуется:

1. Определить из условия прочности число проволок в растяжках и число гвоздей, прикрепляющих упор к основанию (трение не учитывать).

К задаче 3

Алфавит	Ширина блока В, м	L, м
а б в	2,5	4,0
г д е ё	2,6	4,2
ж з и й	2,7	4,6
к л м	2,8	4,8
н о п	2,4	5,0
р с т	2,3	5,2
у ф х	2,2	5,4
ц ч ш щ	2,1	5,5
ъ ы ь	2,0	5,6
э ю я	1,9	5,8

Задача 4. Стержневая система (ферма) нагружена двумя силами. Величина сил, размеры и материал стержней фермы приведены в таблице.

Требуется:

1. Определить продольные силы в каждом элементе фермы.

2. Из условия прочности подобрать размеры поперечного сечения стержней, пользуясь таблицами сортамента прокатных профилей. Для сжатых стержней принять коэффициент снижения расчетного сопротивления $\varphi = 0,5$.

3. Определить вес отдельных стержней и всей фермы. Расчет оформить в виде таблицы.

К задаче 4

Алфавит	P_1/P_2 , кН	P_3/P_4 , кН	L , м	h , м	α , град	Материал	Тип сечения
а б в	0/100	800/0	2,0	1,8	35	ВСтЗкп	Два равнополочных уголка
г д е ё	0/200	0/700	2,5	2,0	37	16Д	Два равнополочных уголка
ж з и й	300/0	600/0	2,8	2,2	40	ВСтЗкп	Два равнополочных уголка
к л м	400/0	0/500	3,0	2,4	42	16Д	Швеллер
н о п	0/500	400/0	3,5	2,6	45	20	Два швеллера

Алфавит	P_1/P_2 , кН	P_3/P_4 , кН	l , м	h , м	α , град	Материал	Тип сечения
<i>р с т</i>	600/0	0/300	4,0	2,8	48	18Гсп	Два равнополочных уголка
<i>у ф х</i>	0/700	200/0	3,2	3,0	49	16ГД	Два равнополочных уголка
<i>ц ч ш щ</i>	800/0	0/100	2,4	3,2	50	18Гсп	Два равнополочных уголка
<i>ь ы ь</i>	0/900	90/0	2,6	3,4	45	20	Швеллер
<i>э ю я</i>	1000/0	0/80	3,0	3,6	40	18Гсп	Два швеллера

Задача 5. Колонна из бетона ($\gamma = 25 \text{ кН/м}^3$; $E = 2,7 \cdot 10^4 \text{ МПа}$; расчетное сопротивление на сжатие $R = 5 \text{ МПа}$) выполнена в виде ступенчатого стержня.

Требуется:

1. Определить продольные силы на участках от действия сосредоточенных сил P_1 , P_2 и собственного веса. Построить эпюру N .
2. Вычислить нормальные напряжения в поперечных сечениях и построить эпюру этих напряжений.
3. Проверить прочность колонны и сделать заключение.
4. Запроектировать колонну минимального веса, определив из условия прочности минимальную площадь поперечного сечения на каждом участке (A_1 , A_2 и A_3).
5. Для колонны минимального веса построить эпюры N , σ и определить перемещение сечения $B-B$.

К задаче 5

Алфавит	a , м	b , м	c , м	A_1 , м ²	A_2 , м ²	A_3 , м ²	P_1 , кН	P_2 , кН
<i>а б в</i>	2,0	2,5	3,0	1,2	2,1	4,0	100	80
<i>с д е ё</i>	2,5	2,8	3,5	1,4	2,3	4,2	110	70
<i>ж з и й</i>	3,0	3,0	3,8	1,6	2,5	4,4	120	60
<i>к л м</i>	3,5	3,2	4,0	1,8	2,7	4,6	130	50
<i>н о п</i>	4,0	3,5	3,9	2,0	3,0	4,8	140	40
<i>р с т</i>	3,8	3,4	3,7	1,9	3,1	5,0	150	30
<i>у ф х</i>	3,6	3,1	3,5	1,7	3,3	4,9	160	20
<i>ц ч ш щ</i>	3,4	2,9	3,3	1,5	3,5	4,7	170	25
<i>ь ы ь</i>	3,2	2,7	3,1	1,3	3,4	4,5	180	35
<i>э ю я</i>	3,0	2,4	2,9	1,1	3,2	4,3	190	45

Задача 6. Составной стержень из алюминиевых и стальных частей жестко зашпелен по концам и нагружен силами P_1 и P_2 .

Требуетя:

1. Изобразить расчетную схему стержня, соблюдая масштаб длин. Если имеются нагрузки, помеченные звездочкой (*), то изобразить повторно стержень, изменив направление силы $P^{(*)}$ на противоположное. На схеме указать числовые значения величины нагрузок, длины участков стержня.

2. Определить степень статической неопределимости и выбрать основную систему.

3. Раскрыть статическую неопределимость системы, т.е. рассмотреть три стороны задачи — статическую, геометрическую, физическую и определить опорные реакции.

4. Вычислить продольные силы и построить эпюру N .

5. Из условия прочности определить площади поперечных сечений стержня, соблюдая заданное между ними соотношение.

6. Найти нормальные напряжения в поперечных сечениях на каждом участке и построить эпюру σ .

7. Вычислить изменение длины каждого участка и построить эпюру перемещений сечений.

8. Вычислить продольные силы N_t и напряжения σ_t (без учета внешних сил) при повышении температуры на 20°C . Построить эпюры N_t и σ_t .

9. Построить эпюру нормальных напряжений в поперечных сечениях от совместного действия сил и температуры.

К задаче 6

Алфавит	Материал <i>a/b/c</i>	<i>a</i> , см	<i>b</i> , см	<i>c</i> , см	P_1 , кН	P_2 , кН	Марка стали	Марка алюминия
<i>a б в</i>	ст/ст/ал	40	40	40	200	200*	ВСт3 кп	АД1М
<i>с д е ё</i>	ст/ал/ст	45	45	45	180*	180	ВСт3 кп	АД1М
<i>ж з и й</i>	ст/ал/ст	50	50	50	160	160*	16Д	АМцМ
<i>к л м</i>	ал/ст/ст	55	55	55	150*	150	16Д	АМцМ
<i>н о п</i>	ал/ст/ст	60	60	60	140	140*	18сп	АД31Т1
<i>р с т</i>	ал/ал/ст	65	65	65	130*	130	18сп	АД31Т1
<i>у ф х</i>	ал/ал/ст	70	70	70	120	120*	20	АМг2П
<i>ц ч ш щ</i>	ал/ст/ал	75	75	75	110*	110	20	АМг2П
<i>ъ ы ь</i>	ст/ал/ал	80	80	80	120	120*	18Гсп	АМг2П
<i>э ю я</i>	ст/ал/ал	85	85	85	140*	140	18Гсп	АМг2П

Задача 7. Абсолютно жесткий стержень-балка (на схемах утолщен) прикреплен к основанию шарнирно-неподвижной опорой и двумя стержнями — стальным (l_1) и алюминиевым (l_2) с заданным соотношением площадей поперечных сечений.

Принять:

для стального стержня: $E_1 = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; $R_1 = 200$ МПа.

для алюминиевого стержня: $E_2 = 0,7 \cdot 10^5$ МПа; $R_2 = 150$ МПа.

Задача 7 состоит из трех отдельных частей (задач).

Задача 7.1. Требуется определить допускаемую нагрузку $P_{\text{доп}}^*$, считая, что алюминиевый стержень l_2 отсутствует, а балка удерживается только стальным стержнем.

Задача 7.2. Балка удерживается двумя стержнями (стальным и алюминиевым) и нагружена силой P , величина которой задана. Требуется определить напряжения в стержнях и проверить прочность.

Задача 7.3. Для балки с двумя стержнями (стальным и алюминиевым) определить:

1) допускаемое значение силы $P_{\text{доп}}$;

2) вертикальное перемещение точки приложения силы $P_{\text{доп}}$.

К задачам 7 и 8

Алфавит	<i>a</i> , м	$A_{\text{ст}}^*$, см ²	$A_{\text{ал}}/A_{\text{ст}}$	P , кН	q , кН/м	m , кН·м	Погрешность изготовления одного из стержней
<i>a б в</i>	0,4	6,0	0,4	30,0	15,0	30,0	$-0,001l_c$
<i>с д е ё</i>	0,5	7,0	0,5	35,0	16,0	35,0	$0,004l_c$
<i>ж з и й</i>	0,6	8,0	0,6	40,0	18,0	40,0	$-0,006l_c$
<i>к л м</i>	0,7	9,0	0,7	50,0	20,0	50,0	$0,008l_c$
<i>н о п</i>	0,8	10,0	0,8	60,0	24,0	60,0	$-0,001l_a$
<i>р с т</i>	1,0	12,0	1,0	70,0	26,0	70,0	$0,002l_a$
<i>у ф х</i>	1,2	14,0	1,2	80,0	30,0	80,0	$-0,003l_a$

ц ч и ц	1,1	15,0	1,6	90,0	36,0	90,0	$0,005I_a$
ь ы ь	1,0	13,0	1,8	110,0	38,0	95,0	$0,004I_a$
о ю я	0,9	16,0	2,0	100,0	40,0	100,0	$-0,006I_a$

Задача 8. Абсолютно жесткий стержень-балка прикреплен к основанию неподвижным шарниром и двумя стержнями, выполненными из стали и алюминиевого сплава, с заданными соотношениями площадей (см. табл., приведенную выше).

Принять:

для стали $E_1 = E_{ст} = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; $R_{ст} = 200$ МПа; $\sigma_{т,ст} = 220$ МПа;

для алюминиевого сплава $E_2 = E_{ал} = 0,7 \cdot 10^5$ МПа; $R_{ал} = 150$ МПа; $\sigma_{т,ал} = 220$ МПа.

Требуется:

1. Определить площади поперечного сечения деформируемых стержней, соблюдая заданное соотношение площадей.
2. Определить монтажные напряжения при неточном изготовлении одного из стержней (при отсутствии внешних сил).
3. Проверить прочность стержней при действии сил и заданной точности изготовления.

Задача 9. Для заклепочных соединений заданы размеры стальных листов и накладок b , t_1 и t_2 , а также число заклепок n , их диаметр d , схемы расположения заклепок (1–5) и варианты соединений (1–30).

Принять:

для листов и накладок $R_y = 240$ МПа;

для заклепок: расчетное сопротивление на срез $R_s = 180$ МПа; на смятие $R_p = 300$ МПа.

Требуется:

1. Построить эпюры продольных сил в листах и накладках.
2. Из условий прочности на срез и смятие заклепок, а также из условия прочности на растяжение листов и накладок в ослабленном сечении определить допускаемую силу P .

К задаче 9

Алфавит	Схема расположения заклепок	d , мм	t_1 , мм	t_2 , мм
а б в	1, 2, 3	14	10, 12, 14	10, 8, 8
г д е ё	4, 5, 1, 2	17	18, 16, 14, 16	12, 10, 10, 8
ж з и й	3, 4, 5, 1	20	12, 10, 16, 18	14, 10, 12, 8
к л м	2, 3, 4	23	16, 18, 20	10, 8, 12
н о п	5, 1, 2	26	12, 14, 16	8, 10, 12
р с т	3, 4, 5	14	10, 12, 14	10, 12, 10
у ф х	1, 2, 3	17	16, 10, 12	8, 10, 8
ц ч ш щ	4, 5, 1, 2	20	12, 10, 14, 16	8, 10, 12, 14
ъ ы ь	3, 4, 5	23	16, 18, 20	10, 8, 12
э ю я	1, 2, 3	26	18, 16, 14	12, 10, 8

Применения: 1. Если в столбце указано несколько цифр, то каждая из них соответствует определенной букве алфавита.

2. Для вариантов соединений 7–18 число заклепок n принять с одной стороны от стыка.

Задача 10. Для сварных соединений принять расчетные сопротивления:

для материала листов $R_y = 200$ МПа;

для угловых швов $R_w = 150$ МПа.

Требуется:

Для вариантов 1–6:

- 1) при заданной силе P , из условия прочности на растяжение, подобрать размеры поперечного сечения стержней фермы (форма сечений 1, 2 и 3 — заданы);
- 2) определить необходимую длину фланговых швов для прикрепления стержней к фасонке. Толщину шва принять равной толщине стенки прокатного профиля.

Указание. Для сечений 1 и 2 учесть, что нагрузка проходит через центр тяжести сечения, поэтому из условия равновесия надо определить нагрузку, воспринимаемую швами у пера и обушка уголков, а затем длину швов.

Для вариантов 7–12. При заданных размерах листов b_1 , t_1 и t_2 , скрепленных торцевыми швами, определить допускаемую силу P из условий прочности листов и швов. Высоту обоих швов принять одинаковой.

Для вариантов 13–30:

- 1) по заданной силе P и ширине листа b_1 определить размеры поперечных сечений листов и накладок b_2 , t_1 и t_2 ;
- 2) определить длину фланговых и прорезных швов (вариант 25–30), обеспечивающих прочность соединений.

К задаче 10

Алфавит	Сила P , кН	Форма сечения (для вариантов 1–6)	Ширина листа b_1 , см	Толщина листов, мм (для вариантов 7–12)		Кэф. α (для вариантов 25–30)
				t_1	t_2	
а б в	400	1	20,0	10, 12, 14	10, 8, 12	0,20
г д е ё	500	2	22,0	18, 16, 14, 12	14, 16, 18, 8	0,25

ж з и й	600	3	24,0	10, 12, 14, 16	10, 12, 14, 16	0,30
к л м	700	1	26,0	12, 19, 16	18, 16, 14	0,35
н о п	800	2	28,0	18, 16, 14	12, 10, 8	0,40
р с т	900	3	30,0	12, 10, 8	8, 10, 12	0,35
у ф х	1000	1	29,0	10, 12, 14	14, 16, 8	0,30
ц ч ш щ	1200	2	27,0	18, 16, 14, 12	10, 12, 14	0,25
ъ ы ь	1400	3	25,0	8, 10, 12	16, 14, 12	0,20
э ю я	1500	1	23,0	18, 16, 14	10, 12, 14	0,25

Указание.

1. Толщину листов принять стандартной 6, 8, 10, ..., 28, 30 мм.
2. Ширину листа b_2 определить из условий размещения швов ($b_2 = b_1 - 3$ см).
3. Длину прорезных швов принять ($l_2 = \alpha l_1$).

Задачи 11–13. Для заданных сечений определить моменты инерции относительно главных центральных осей.

Требует ся:

1. Начертить сечение в масштабе на отдельном листе.
2. Разбить сечение на простые фигуры, определить их площади и центры тяжести.
3. Выбрать начальные оси и определить статические моменты площадей относительно начальных осей.
4. Найти центр тяжести всего сечения.
5. Определить главные центральные моменты инерции сечения.

Указание.

1. Расчет свести в таблицу.
2. К задач 11 размеры даны в сантиметрах.

К задачам 12–14

Алфавит	К задаче 12–13		К задаче 14
	a , см	b , см	Размеры уголка, мм
а б в	8	a	80×60×6
г д е з	10	$a + 3$	90×56×8
ж з н й	12	$a - 3$	100×63×7
к л м	14	$a + 4$	100×65×10
н о п	15	$a - 4$	110×70×8
р с т	16	a	125×80×12
у ф х	13	$a + 5$	140×90×8
ц ч ш щ	11	$a - 5$	160×100×10
ъ ы ь	9	$a + 2$	180×110×10
э ю я	7	$a - 2$	200×125×16

Задача 14. Дано сечение в виде неравнополочного уголка, замняющего стандартный. Найти главные центральные моменты инерции.

Требует ся:

1. Начертить уголок на отдельном листе в масштабе и в том положении, как он задан в таблице вариантов. Размеры взять из таблиц сортамента (радиусы закругления не учитывать). Считать, что уголок состоит из двух прямоугольников.

Варианты расположения уголков

1–3	4–6	7–10	11–14	15–18	19–22	23–26	27–30

2. Определить положение центра тяжести уголка.
3. Вычислить осевые и центробежный моменты инерции относительно центральных осей, параллельных полкам уголка.
4. Вычислить главные центральные моменты инерции уголка.
5. Определить положение главных центральных осей.
6. Сравнить полученные величины с данными сортамента.

Задачи 15–18. Для сечений, составленных из прокатных профилей, вычислить моменты инерции относительно главных центральных осей.

Требует ся:

1. Начертить заданное сечение в масштабе на отдельном листе.

- Разбить сечение на простые фигуры (части), отдельно их изобразить и выписать из таблиц сортамента для прокатных профилей необходимые размеры и геометрические характеристики.
- Выбрать начальные оси и определить статические моменты площадей.
- Определить положение центра тяжести составного сечения.

К задачам 16–18

Алфавит	Помер двутавра	Уголок ($B \times b \times t$)	Помер швеллера	Толщина пластины, см	Диаметр стержня, см
<i>а б в</i>	16	80×50×5	40	1,0	5/7
<i>г д е ё</i>	18	90×56×6	36	1,5	6/8
<i>ж з и й</i>	20	100×63×8	33	2,0	7/10
<i>к л м</i>	22	100×65×7	30	2,5	8/11
<i>н о п</i>	24	110×70×8	27	3,0	9/12
<i>р с т</i>	27	125×80×12	24	3,5	10/14
<i>у ф х</i>	30	140×90×10	22	4,0	8/12
<i>ц ч ш щ</i>	33	160×100×9	20	4,5	7/9
<i>ъ ы ь</i>	36	180×110×10	18	5,0	5/8
<i>э ю я</i>	40	200×125×11	16	6,0	4/7

- Вычислить моменты инерции сечения относительно центральных осей.
- Для задач 17 и 18 вычислить главные центральные моменты инерции сечения и определить положение главных осей. Показать их на чертеже.
- Вычислить моменты сопротивления сечения.

Задачи 19–23. Построить эпюры внутренних усилий при плоском поперечном изгибе.

Требуется:

- Выбрать из таблицы исходные данные (общие для этих задач).
- Для каждой балки вычислить размеры и начертить расчетную схему балки, соблюдая масштаб.
- Вычислить и нанести на расчетную схему числовое значение нагрузок в кН, кН·м, кН/м. Если заданы нагрузки, помеченные звездочкой (*), то начертить повторно балку, изменив направление этой нагрузки на противоположное.
- Вычислить опорные реакции.
- Разбить балку на участки. Составить уравнения для определения внутренних усилий Q и M в пределах каждого участка.
- Вычислить значения Q и M в характерных сечениях и построить эпюры Q и M .
- Используя эпюру M и особенности закрепления, изобразить примерный вид изогнутой оси балки.

К задачам 19–23

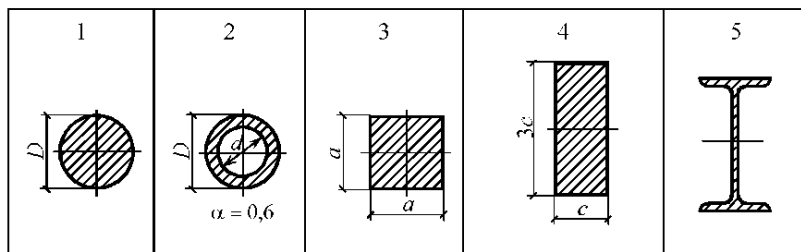
Алфавит	a , м	b , м	F_0 , кН	q_0 , кН/м	m_0 , кН·м
<i>а б в</i>	1,0	0,4	1,0	1,0	1,0
<i>г д е ё</i>	1,5	0,5	1,5*	1,2	2,0
<i>ж з и й</i>	2,0	0,6	2,0	1,6	3,0
<i>к л м</i>	2,5	0,8	2,5	1,5	1,0*
<i>н о п</i>	1,0	1,0	3,0	1,8	2,0*
<i>р с т</i>	1,5	0,4	1,0*	2,0	3,0*
<i>у ф х</i>	2,0	0,5	1,5	2,2	1,0
<i>ц ч ш щ</i>	2,5	0,6	2,0*	2,4	2,0
<i>ъ ы ь</i>	2,0	0,8	2,5	2,4	1,0*
<i>э ю я</i>	2,5	1,0	3,0*	3,0	2,0*

Задача 24. Подбор поперечных сечений балки.

Для балки (см. свой вариант задачи 22).

Требуется:

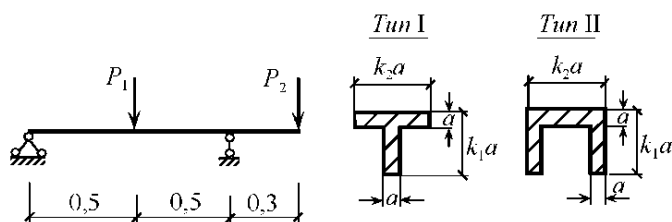
1. Определить из условия прочности по нормальным напряжениям размеры поперечных сечений пяти типов, приняв расчетное сопротивление на растяжение $R_t = 220$ МПа.
2. Оценить влияние формы сечения на массу балки, вычислив, во сколько раз вес каждой из балок будет превышать вес наиболее легкой из них.



Задача 25. Расчет балки из серого чугуна.

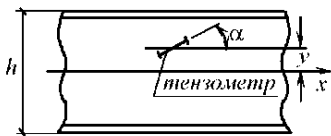
Требуется:

1. Построить эпюры Q и M в заданной балке (см. схему ниже).
2. Расположить сечение так, чтобы в опасном сечении балки растягивающие напряжения были меньше сжимающих.
3. Выразить момент инерции сечения через a в общем виде.
4. Из условий прочности по нормальным напряжениям определить размеры поперечного сечения (параметр a).
5. Для опасных сечений построить эпюры σ и τ . Значения τ вычислить в четырех характерных точках.



Алфавит	Тип сечения	k_1	k_2	P_1 , кП	P_2 , кП	Марка чугуна
а б в	I	3	3,5	100	500	Сч-15
г д е ё	II	3,5	4,0	120	450	Сч-20
ж з и й	I	4,0	4,5	150	400	Сч-25
к л м	II	4,5	5,0	180	350	Сч-30
н о п	I	5,0	5,5	200	300	Сч-15
р с т	II	4,5	6,0	250	250	Сч-20
у ф х	I	4,0	5,5	300	200	Сч-25
ц ч ш щ	II	3,5	5,0	350	150	Сч-30
ь ы ь	I	3,0	4,5	400	100	Сч-15
э ю я	II	2,5	4,0	450	120	Сч-20

Задача 26. Для балки, расчетная схема и нагрузки которой заданы в задаче 21, требуется:



1. Определить, исходя из условия прочности по нормальным напряжениям, размеры поперечного сечения в двух вариантах: а) двутавр; б) два швеллера.

2. Проверить прочность балок по касательным напряжениям.

3. Сопоставить массу балок по вариантам а и б.

4. Определить изменение показаний тензомера, установленного в середине длины двутавровой балки. Принять коэффициент увеличения:

$k = 1000$, база $l_T = 20$ мм.

Алфавит	α , град	y	Материал
а б в	30	$0,2h$	16Д
г д е ё	35	$0,25h$	16Д
ж з и й	40	$0,30h$	18СП
к л м	45	$0,35h$	18СП
н о п	50	$0,00h$	09Г2С
р с т	55	$0,40h$	09Г2С
у ф х	60	$0,35h$	10ХСПД
ц ч ш щ	50	$0,30h$	10ХСПД
ь ы ь	40	$0,25h$	15ХСНД
э ю я	30	$0,2h$	15ХСПД

Задача 27. Расчет сварной балки.

Расчетную схему и нагрузку взять из задачи 23.

Принять для материала балки:

расчетное сопротивление $R_p = 200$ МПа;

расчетное сопротивление на сдвиг $R_s = 120$ МПа.

Расчетное сопротивление сварного углового шва при сдвиге $R_w = 100$ МПа.

Т р е б у е т с я:

1. Подобрать, используя условие прочности по нормальным напряжениям, сечение в виде стандартного двутавра.
2. Заместить стандартный дву-тавр сварным из листов толщиной 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 ... (мм). Вычислить момент сопротивления полученного сечения и, изменяя размеры, добиться того, чтобы он не отличался от стандартного более чем на 5 %.
3. Проверить прочность сварного двутавра по нормальным и касательным напряжениям. В случае если условие по сдвигу не удовлетворяется, то увеличить толщину стенки.
4. Изобразить сечение в масштабе, построить эпюры σ и τ для опасных сечений.
5. Для сечения, где опасными могут быть главные напряжения, построить эпюры главных напряжений. Для этого определить главные напряжения в характерных точках.
6. Определить высоту (катет) сварного шва, соединяющего полку со стенкой. В случае, если высота сплошного шва окажется меньше 3,0 мм, применить прерывистый шов высотой 5,0 мм и длиной 20 мм, определив его шаг.

Задача 28. Расчет клепаной балки.

Т р е б у е т с я:

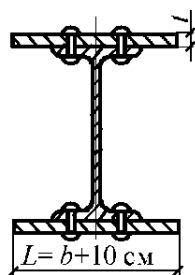
1. Рассчитать на прочность стандартную двутавровую балку.
2. Определить, во сколько раз возрастет ее грузоподъемность после усиления. Расчетную схему взять из задачи 23. Расчетные сопротивления определить в соответствии с маркой стали, заданной в таблице исходных данных.

Порядок расчета двутавровой балки

1. Используя условие прочности по нормальным напряжениям и таблицу сортамента прокатных профилей, определить номер двутавра.
2. Проверить выбранную двутавровую балку по касательным напряжениям.
3. Изобразить сечение в масштабе. В опасном сечении балки построить эпюры нормальных напряжений σ_x , касательных напряжений τ_y , главных напряжений σ_1 и σ_3 , максимальных касательных напряжений τ_{\max} , вычислив эти напряжения в характерных точках двутавра.

Для пяти точек, в которых вычисляли главные напряжения:

- а) показать напряжения, действующие на гранях элемента, ориентированного по осям x , y и по главным осям;
- б) построить круги Мора.

Порядок расчета усиленной балки

1. Двутавр усилить листами, симметрично прикрепленными к полкам. Толщину листа t взять из таблицы исходных данных. Ширину листа L назначить самостоятельно на 10 см больше ширины полки.
2. Определить момент инерции и момент сопротивления усиленной балки.
3. Из условия прочности по нормальным напряжениям определить увеличение грузоподъемности, %.
4. Вычислить нагрузки, которые выдержит усиленная балка, и соответствующие им Q и M .
5. Проверить прочность усиленной балки с новыми нагрузками по нормальным напряжениям и касательным напряжениям.
6. Определить шаг a заклепок, прикрепляющих листы к полкам, считая диаметр заклепок $d = 10$ мм, $R_s = 100$ МПа и $R_p = 250$ МПа.

К задаче 28

Алфавит	Материал балки	t , мм
$a \bar{b} \bar{c}$	ВС13ки	4,0

<i>с д е ѓ</i>	ВСГЗкп	5,0
<i>ж з и й</i>	16Д	6,0
<i>к л м</i>	16Д	8,0
<i>н о п</i>	09Г2С	10,0
<i>р с т</i>	09Г2С	12,0
<i>у ф х</i>	10ХСНД	14,0
<i>ц ч ш щ</i>	10ХСНД	16,0
<i>ъ ы ь</i>	18Гсп	18,0
<i>э ю я</i>	18Гсп	20,0

Задача 29. Анализ напряженного состояния пластины.

Пластина толщиной l находится в плоском напряженном состоянии.

Т р е б у е т с я:

1. Изобразить пластину с нагрузками, соблюдая масштаб. Изменить направление действия сил, отмеченных в таблице звездочкой (*), на противоположное. Указать величины нагрузок.
2. Вычислить нормальные и касательные напряжения в сечениях, параллельных граням пластины, считая, что они равномерно распределены по граням.
3. Вычислить нормальные и касательные напряжения на наклонном сечении, положение которого определяется углом φ .
4. Найти величину главных напряжений и положение главных площадок.
5. Вычислить максимальное касательное напряжение, показать площадки, на которых они действуют.
6. Выполнить п. 3–5 графически, используя круг Мора, и сравнить результат с аналитическим расчетом.

Алфавит	a , см	h , см	l , см	P_1 , кН	P_2 , кН	Q_1 , кН	φ , град
а б в	12	10	1,0	450	100	300*	30
с д е ё	14	12	1,25	475	125*	325	35
ж з и й	16	14	1,50	500*	150	350	40
к л м	18	16	1,75	525	160	375*	45
н о п	20	18	2,0	550	170*	400	50
р с т	19	20	2,25	575*	180	425	55
у ф х	17	18	2,5	600	140	450*	60
ц ч ш щ	15	16	2,75	625	130*	475	65
ъ ы ь	13	14	2,5	650*	110	500	70
э ю я	11	12	2,0	675	90	525*	75

Задача 30. Анализ напряженного состояния.

Пластина, лежащая в плоскости xOy , находится в плоском напряженном состоянии. В точке заданы напряжения σ_x , σ_y и τ_{xy} .

Требуется:

1. Изобразить элемент с площадками, для которых оси x , y являются нормальными, и показать заданные напряжения (для напряжений, отмеченных звездочкой (*), изменить направление на противоположное).

2. Вычислить напряжения на площадках, перпендикулярных осям x_1 и y_1 . Ось x_1 составляет с осью x угол α (положительное направление — против хода часовой стрелки). Изобразить элемент и показать σ_{x_1} , σ_{y_1} , $\tau_{x_1y_1}$ и $\tau_{y_1x_1}$.

3. Вычислить главные напряжения σ_{\max} , σ_{\min} .

4. Определить положение главных площадок.

Алфавит	σ_x , МПа	σ_y , МПа	τ_{xy} , МПа	α , град
а б в	50	30	30*	30
с д е ё	60	40*	40	35*
ж з и й	70*	50	50*	40
к л м	80	60*	60	45*
н о п	90	70	70*	50
р с т	100*	80*	70	55*
у ф х	90*	70*	60*	50*
ц ч ш щ	80*	60	50	45
ъ ы ь	70*	50*	40*	40*
э ю я	60*	40	30	35

5. Вычислить экстремальные касательные напряжения и указать площадки, на которых они действуют.

6. Построить круг Мора, показать все напряжения и сравнить со значениями, вычисленными в п. 2–5.

Задача 31. В толстой недеформируемой плите сделан вырез (в схемах 7...10 — сквозная прорезь), в котором помещается один или два элемента в форме прямоугольного параллелепипеда. В некоторых схемах имеются зазоры между стенками плиты и параллелепипедов (они указаны на схемах). Смазка исключает силы трения. Нагрузки равномерно распределены по граням.

Принять для материала детали: $E = 2000$ МПа, $\nu = 0,25$.

Требуется:

1. Определить напряжения на площадках параллелепипеда, параллельных граням. (В схемах, где есть два параллелепипеда, расчетный помечен звездочкой.)

2. Вычислить значения напряжений σ_x , σ_y , σ_z .

3. Вычислить относительное изменение объема детали.

4. Определить максимальные касательные напряжения и указать площадки, по которым они действуют.

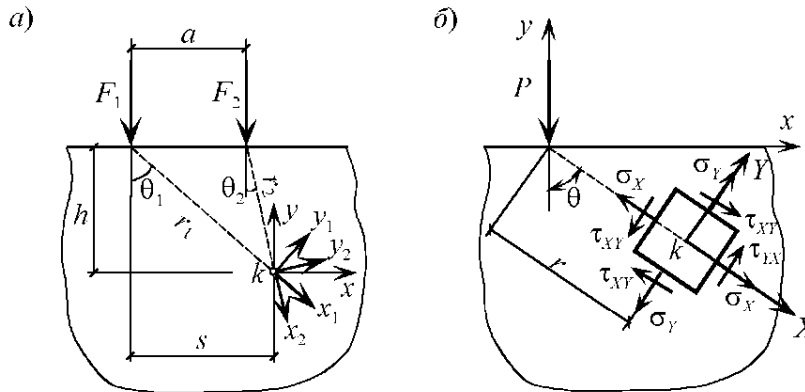
Алфавит	P , кН	Δ , мм	a , см	c , см
а б в	20	0,03	1,0	2,0
с д е ё	25	0,04	1,2	2,1
ж з и й	30	0,05	1,3	2,2
к л м	35	0,06	1,4	2,3

и о н	40	0,07	1,5	2,4
р с т	45	0,08	1,6	2,5
у ф х	50	0,09	1,7	2,6
ц ч ш щ	55	0,10	1,8	2,7
ъ ы ь	60	0,11	1,9	2,8
э ю я	65	0,2	2,0	3,0

Задача 32. Пластина толщиной t (полуплоскость) нагружена двумя сосредоточенными силами, расстояние между которыми равно a (см. рис. *a*).

Требуется:

1. Вычислить напряжения в точке k отдельно от силы F_1 по направлениям x_1, y_1 и от силы F_2 по направлениям x_2, y_2 .



Полуплоскость, нагруженная:
a — двумя сосредоточенными силами; *b* — одной сосредоточенной силой

2. Провести в точке k оси xu и вычислить напряжения по направлению этих осей отдельно от силы F_1 (напряжения $\sigma_x^I, \sigma_y^I, \tau_{yx}^I$) и от силы F_2 (напряжения $\sigma_x^{II}, \sigma_y^{II}, \tau_{yx}^{II}$).

3. Используя принцип наложения, найти напряжения $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{yx}$ в точке k от совместного действия обеих сил.

4. Найти величину и направление главных напряжений в точке k от совместного действия обеих сил. Главные оси нанести на чертеж.

5. Вычислить эквивалентное напряжение, используя IV теорию прочности. Выбрать марку стали так, чтобы напряжения в точке k не превышали предела текучести.

Указание. Величина напряжений по направлению осей X, Y от действия на полуплоскость одной сосредоточенной силы (см. рис. *b*) определяется по формулам:

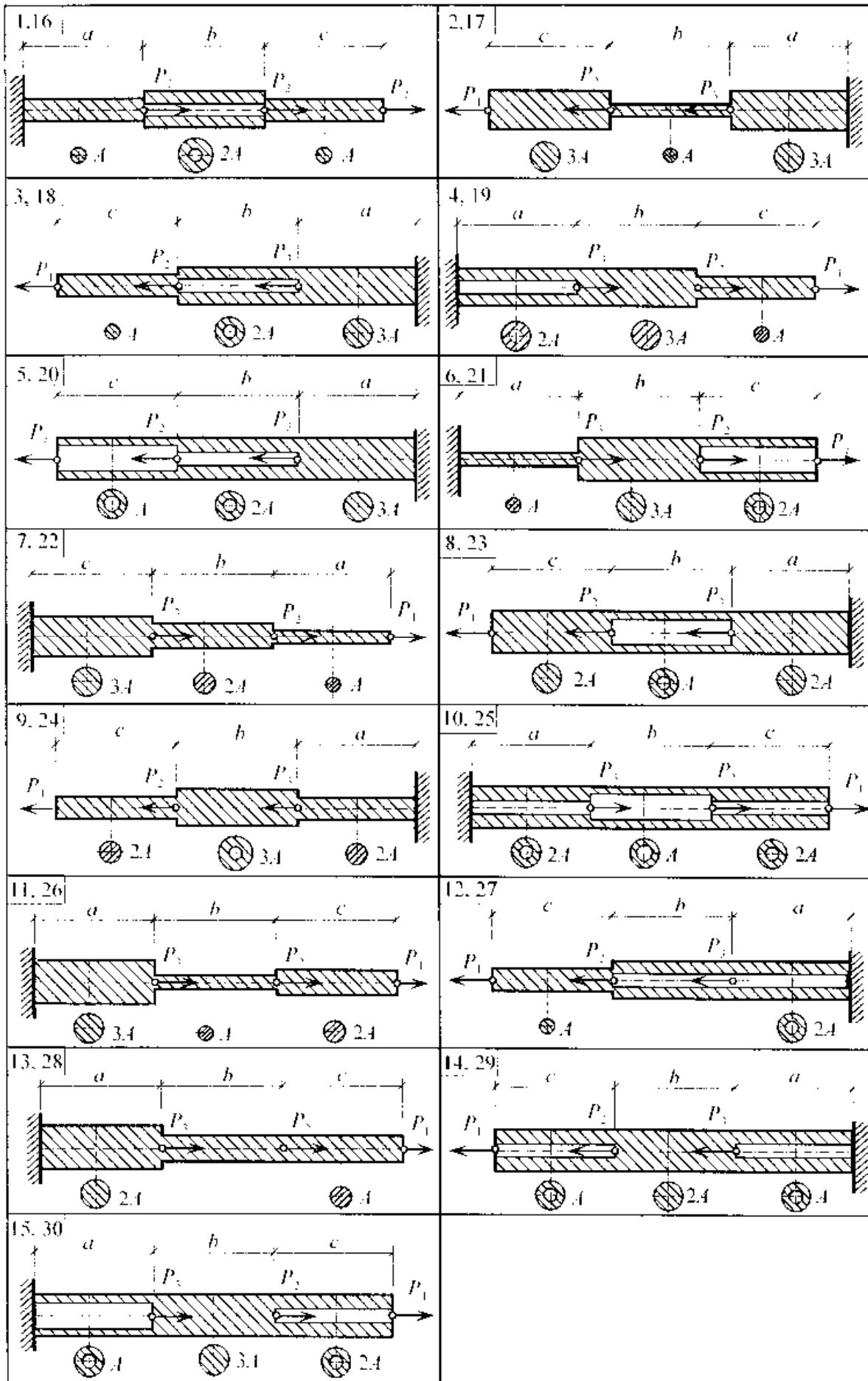
$$\sigma_X = -\frac{2P}{\pi} \frac{\cos \theta}{r}; \quad \sigma_Y = \tau_{YX} = 0.$$

То есть элемент, направленный на точку приложения силы, испытывает простое сжатие.

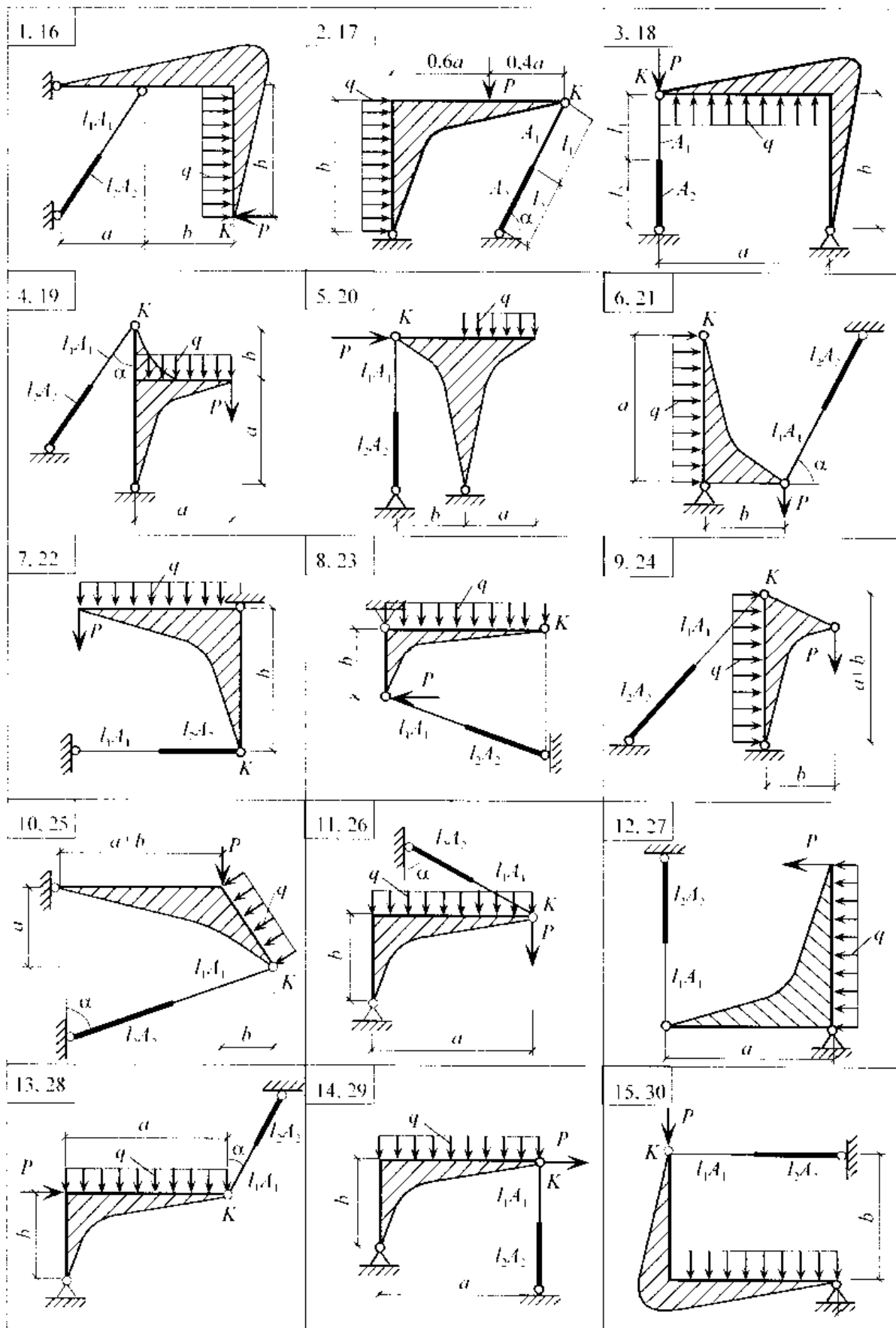
Алфавит	a , см	t , см	F_1 , кН	F_2 , кН	Координаты точки k	
					s , см	h , см
<i>а б в</i>	3,0	1,0	500	300	5	20
<i>г д е ё</i>	3,5	1,2	525	325	6	21
<i>ж з и й</i>	4,0	1,3	550	350	7	22
<i>к л м</i>	4,5	1,4	575	375	8	23
<i>н о п</i>	5,0	1,5	600	400	10	24
<i>р с т</i>	6,0	1,6	625	425	5	25
<i>у ф х</i>	7,0	1,7	650	475	-6	26
<i>ц ч ш щ</i>	8,0	1,8	675	500	7	27
<i>ъ ы ь</i>	9,0	1,9	700	525	-8	28
<i>э ю я</i>	10,0	2,0	725	550	10	30

Варианты расчетных схем к задачам

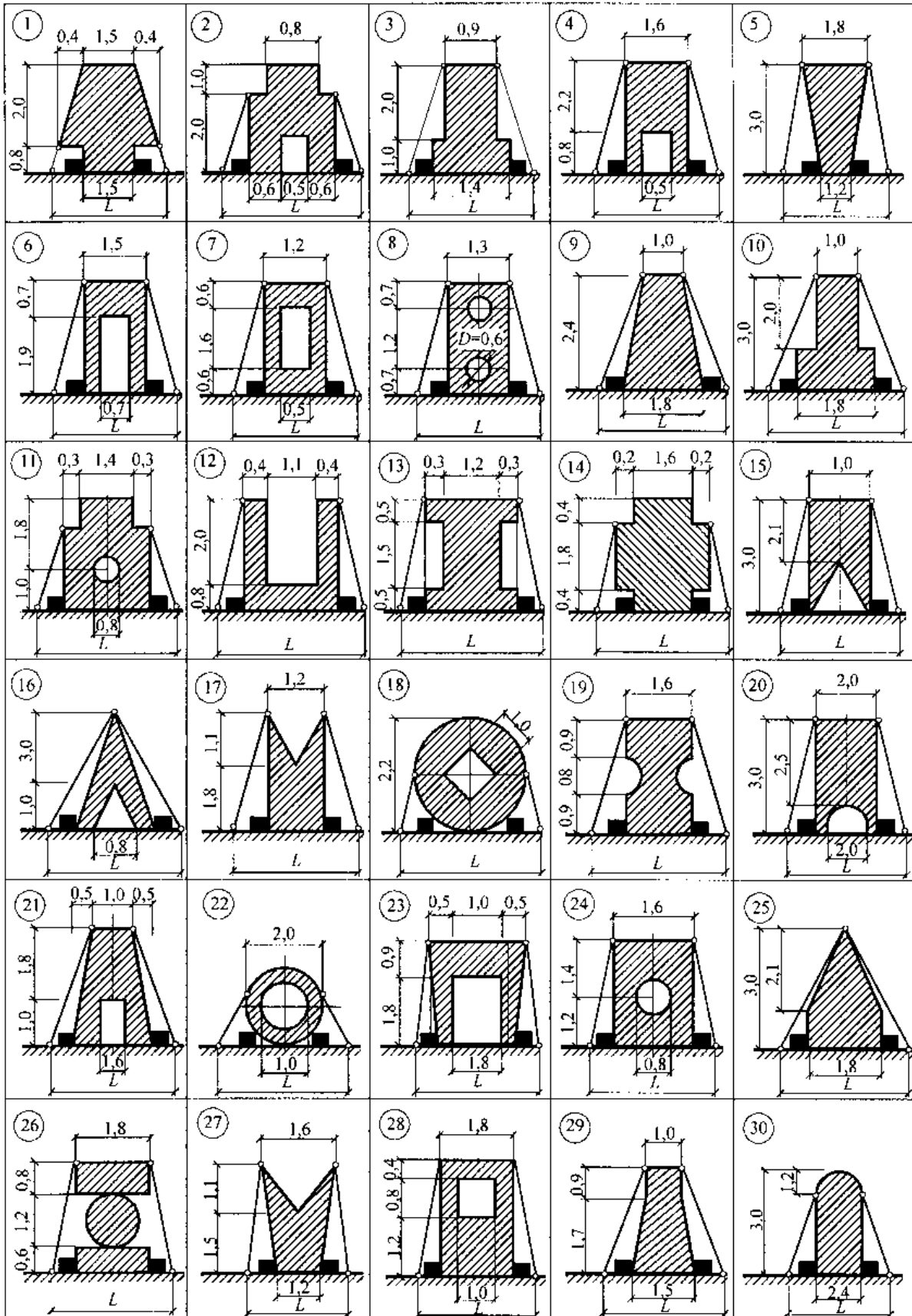
Задача 1



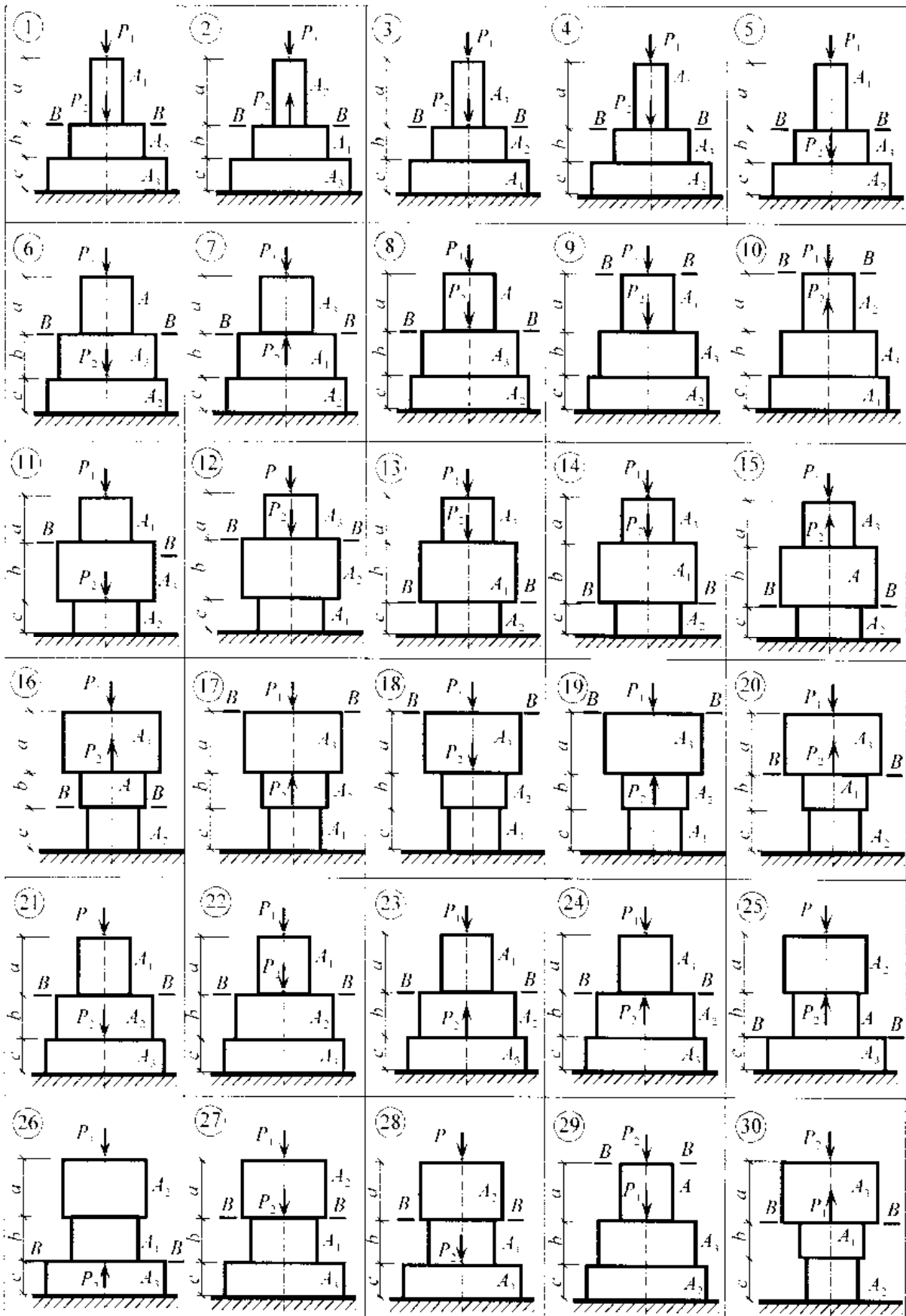
Задача 2



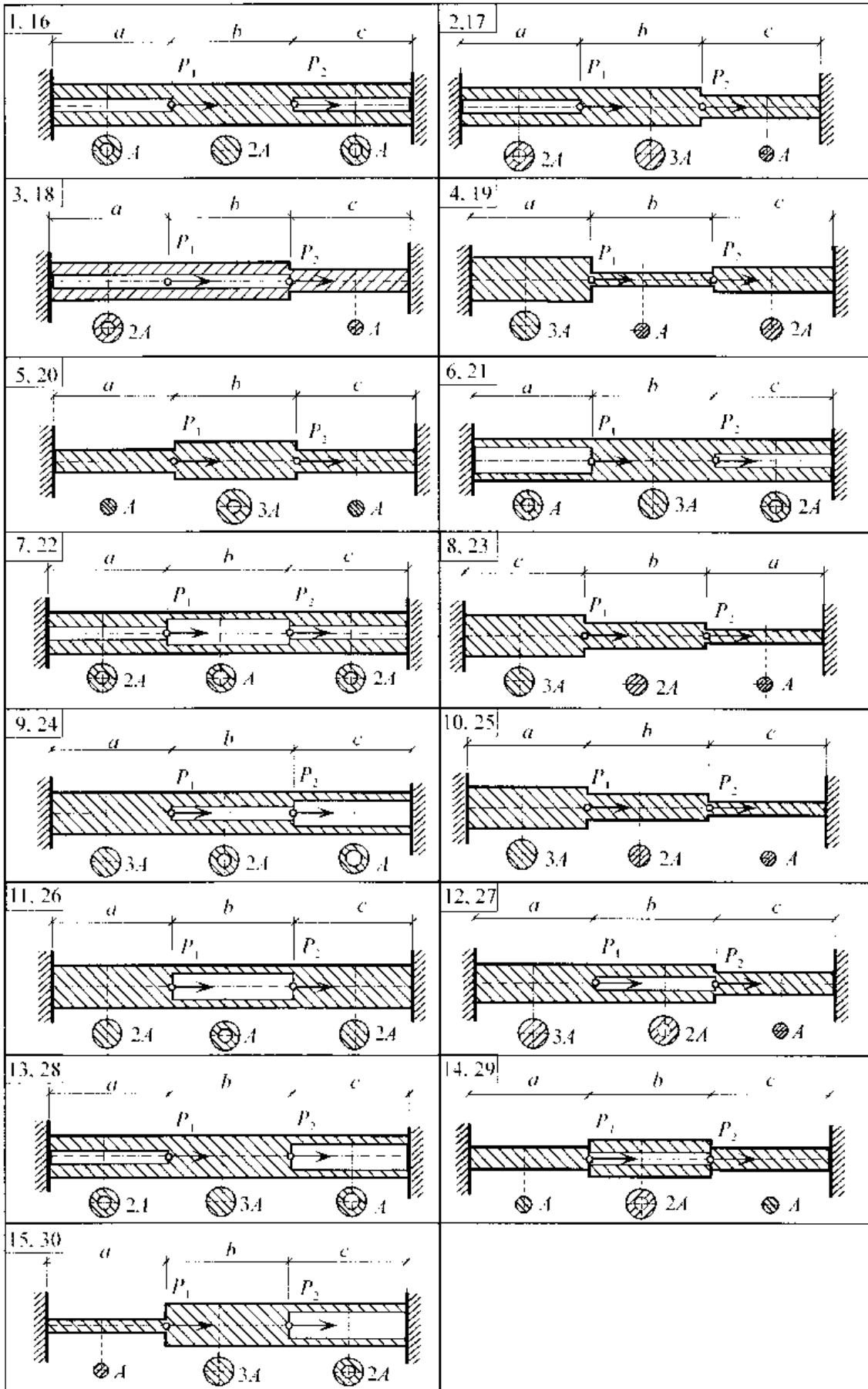
Задача 3



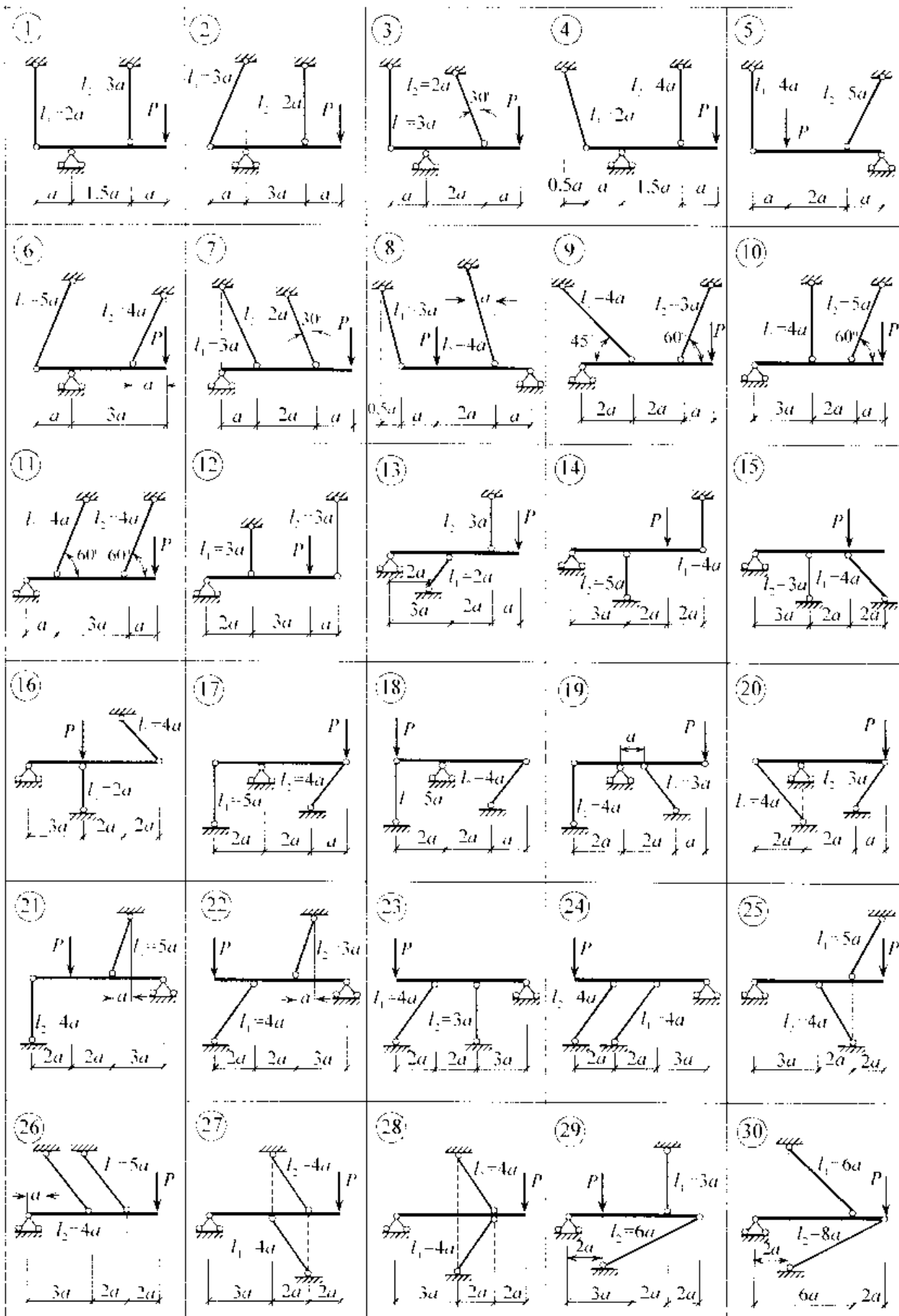
Задача 5



Задача 6



Задача 7



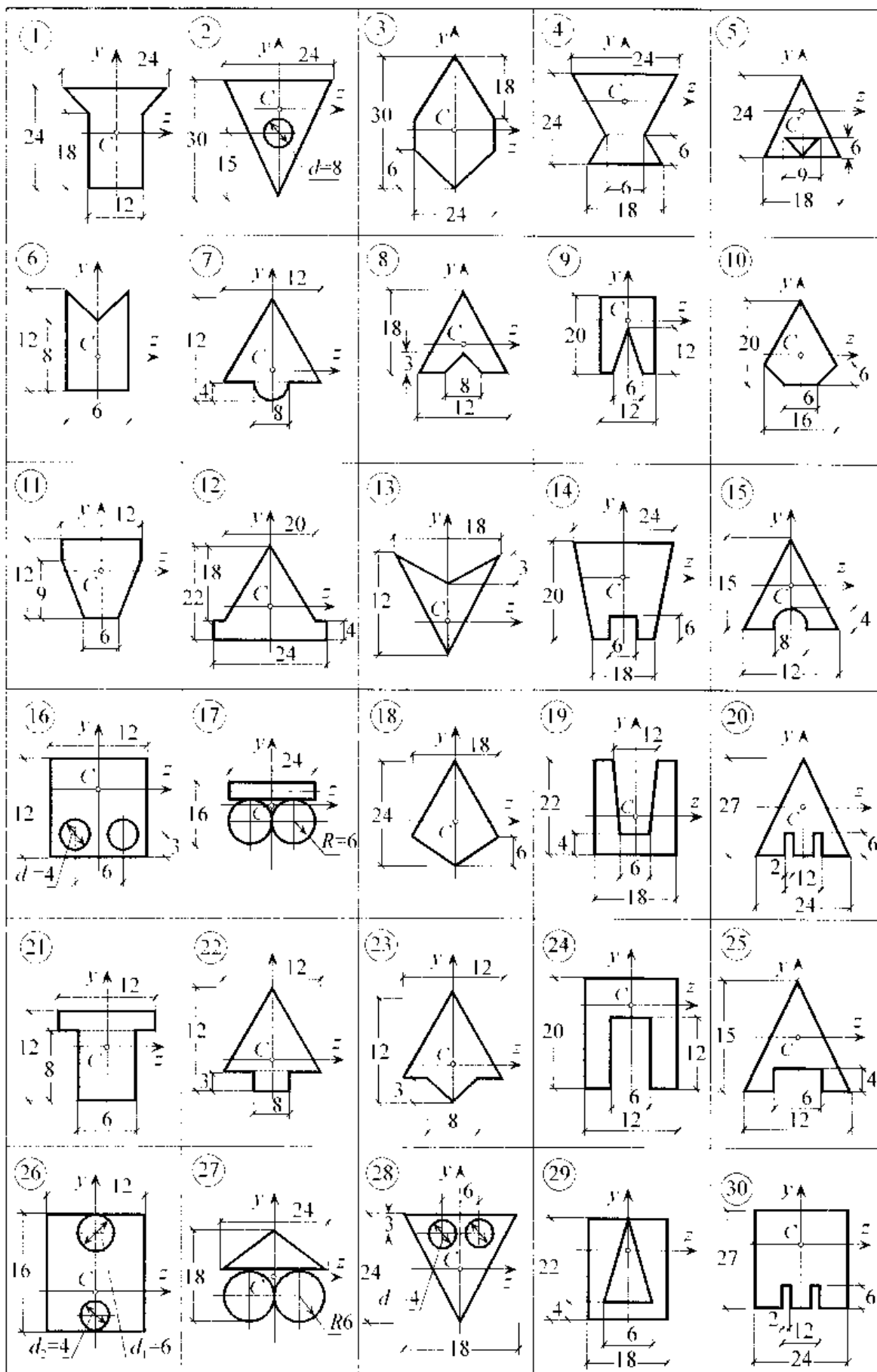
Задача 9

Варианты соединений	Схемы расположения заклепок
1-6 	1
7-12 	2
13-18 	3
19-24 	4
25-30 	5

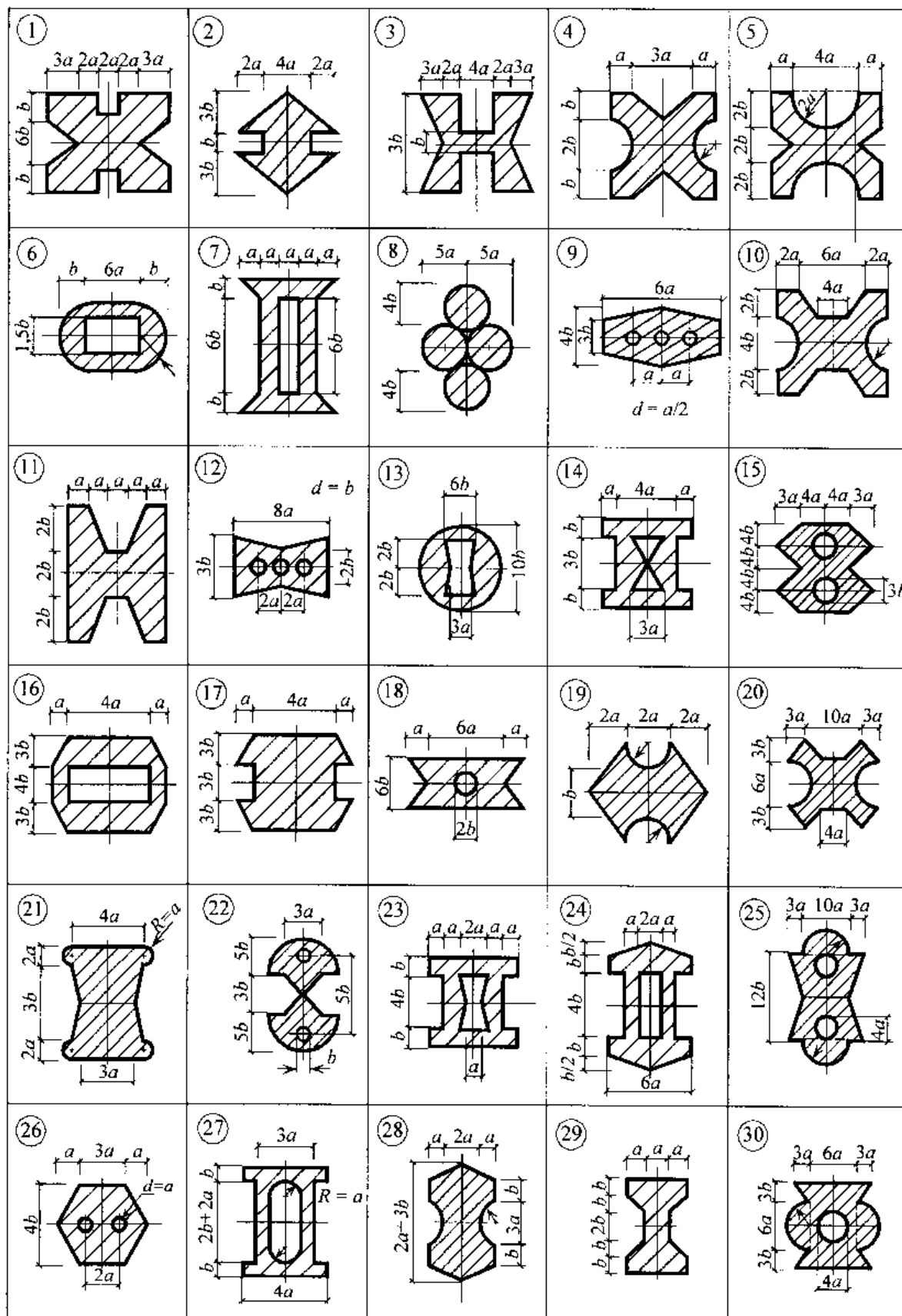
Задача 10

1-6 	
7-12 	19-24
13-18 	25-30

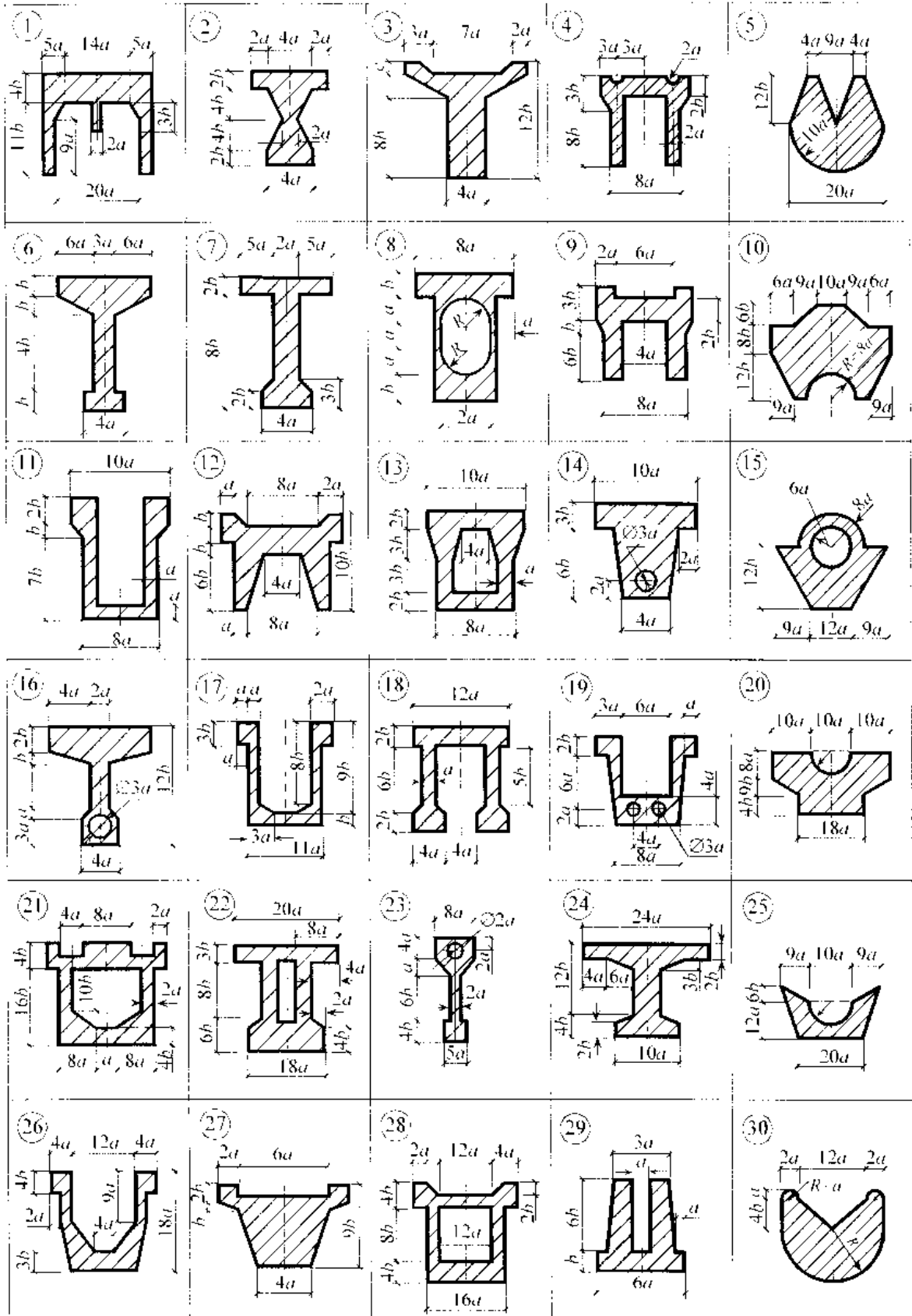
Задача 11



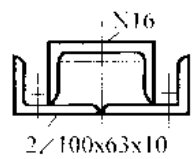
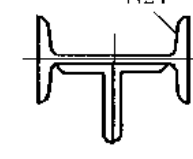
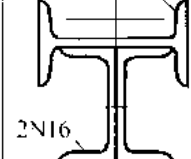
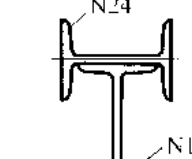
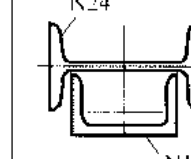
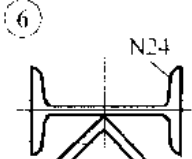
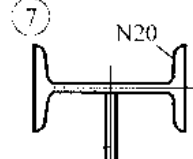
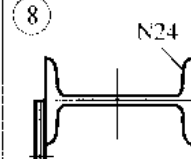
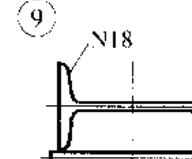
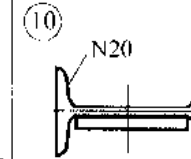
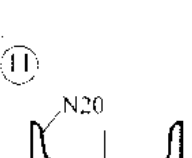
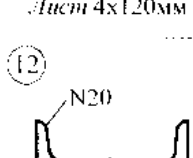
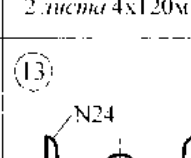
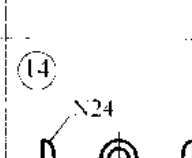
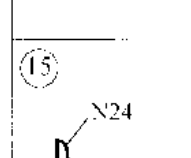
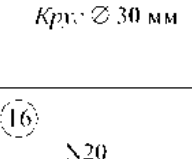
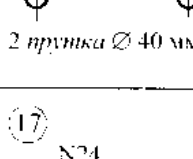
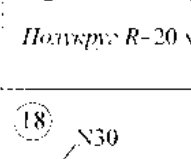
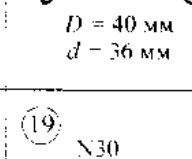
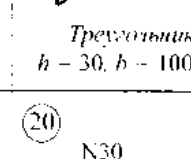
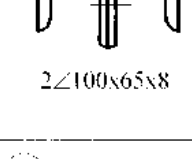
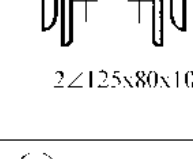
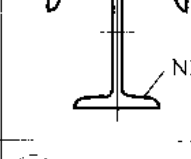
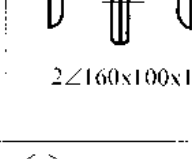
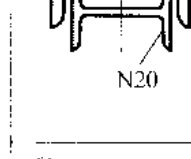
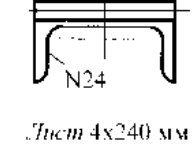
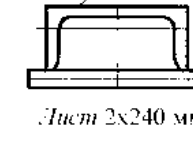
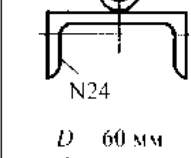
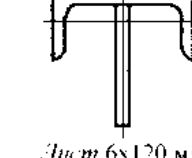
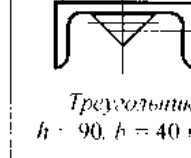
Задача 12



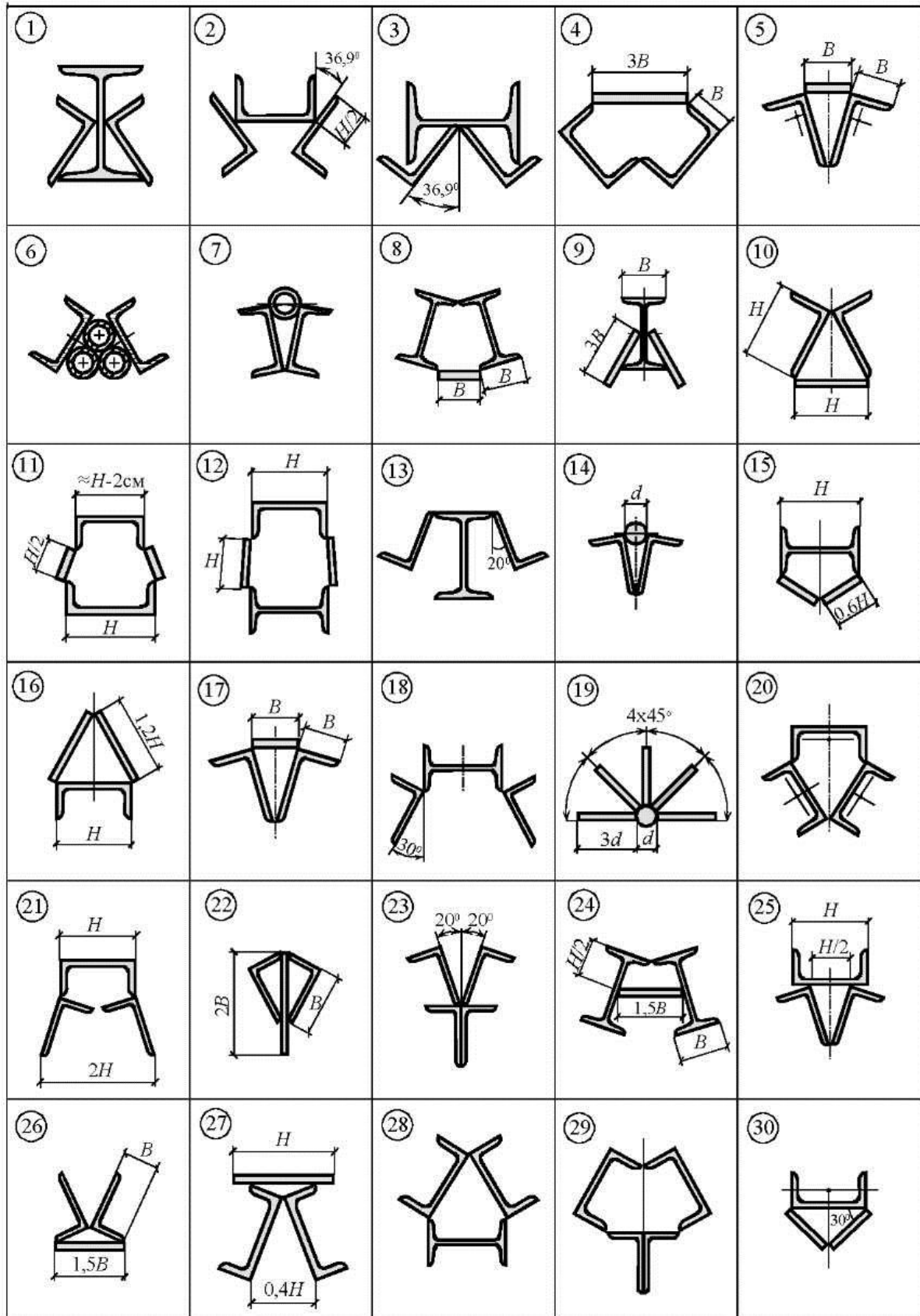
Задача 13



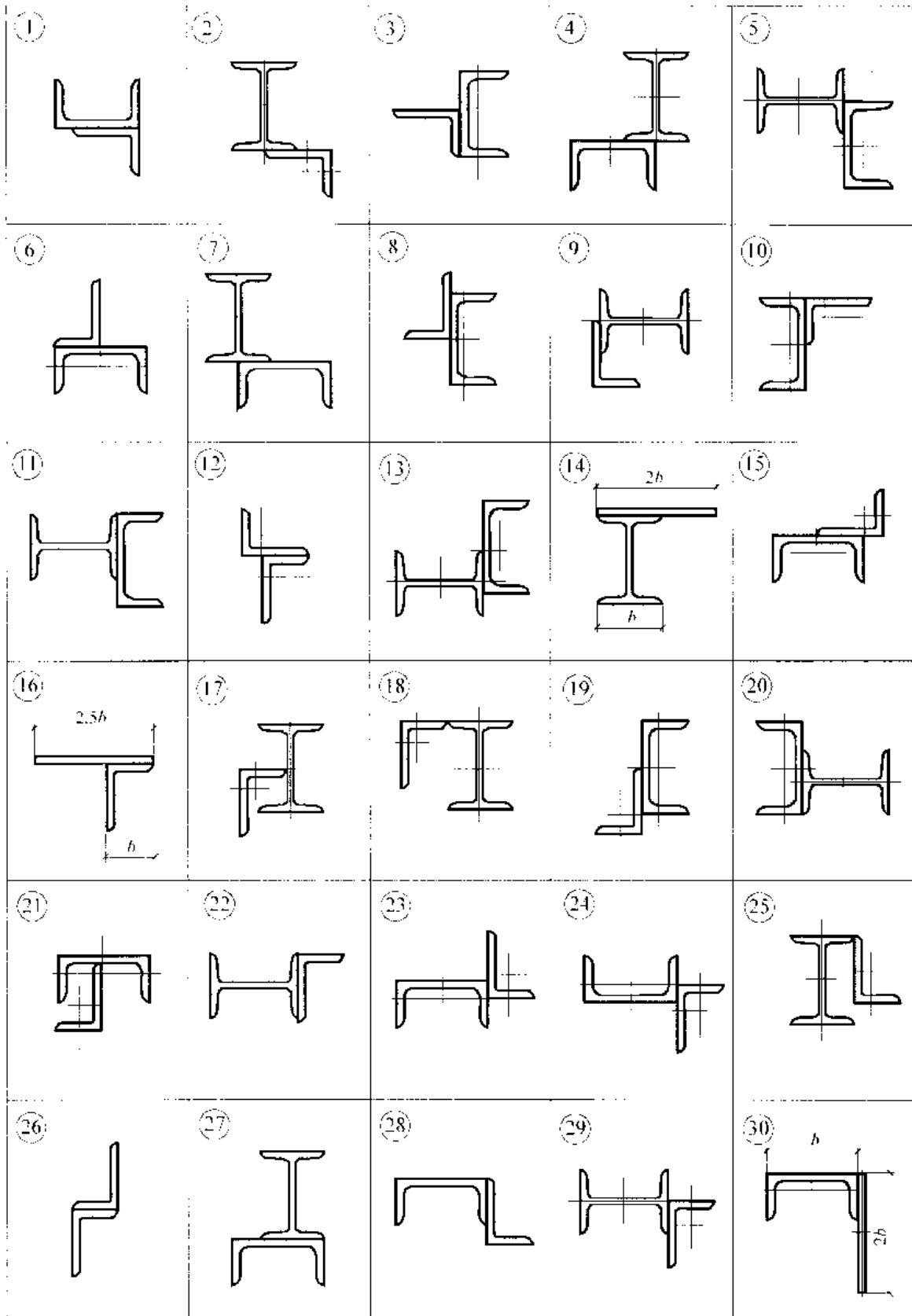
Задача 15

<p>1</p>  <p>2/100x63x10</p>	<p>2</p>  <p>2/100x63x10</p>	<p>3</p>  <p>2N16</p>	<p>4</p>  <p>N18</p>	<p>5</p>  <p>N18</p>
<p>6</p>  <p>∠100x100x8</p>	<p>7</p>  <p>Лист 4x120мм</p>	<p>8</p>  <p>2 листа 4x120мм</p>	<p>9</p>  <p>Лист 6x240 мм</p>	<p>10</p>  <p>Лист 10x120 мм</p>
<p>11</p>  <p>Кры: ∅ 30 мм</p>	<p>12</p>  <p>2 прутка ∅ 40 мм</p>	<p>13</p>  <p>Полукруг R=20 мм</p>	<p>14</p>  <p>D = 40 мм d = 36 мм</p>	<p>15</p>  <p>Треугольник h = 30, b = 100 мм</p>
<p>16</p>  <p>2/100x65x8</p>	<p>17</p>  <p>2/125x80x10</p>	<p>18</p>  <p>N20</p>	<p>19</p>  <p>2/160x100x10</p>	<p>20</p>  <p>N20</p>
<p>21</p>  <p>Лист 4x240 мм</p>	<p>22</p>  <p>Лист 2x240 мм</p>	<p>23</p>  <p>D = 60 мм d = 54 мм</p>	<p>24</p>  <p>Лист 6x120 мм</p>	<p>25</p>  <p>Треугольник h = 90, b = 40 мм</p>
<p>26</p>  <p>2/125x80x10</p>	<p>27</p>  <p>N27</p>	<p>28</p>  <p>N27</p>	<p>29</p>  <p>Лист 4x360 мм</p>	<p>30</p>  <p>D = 60 мм d = 54 мм</p>

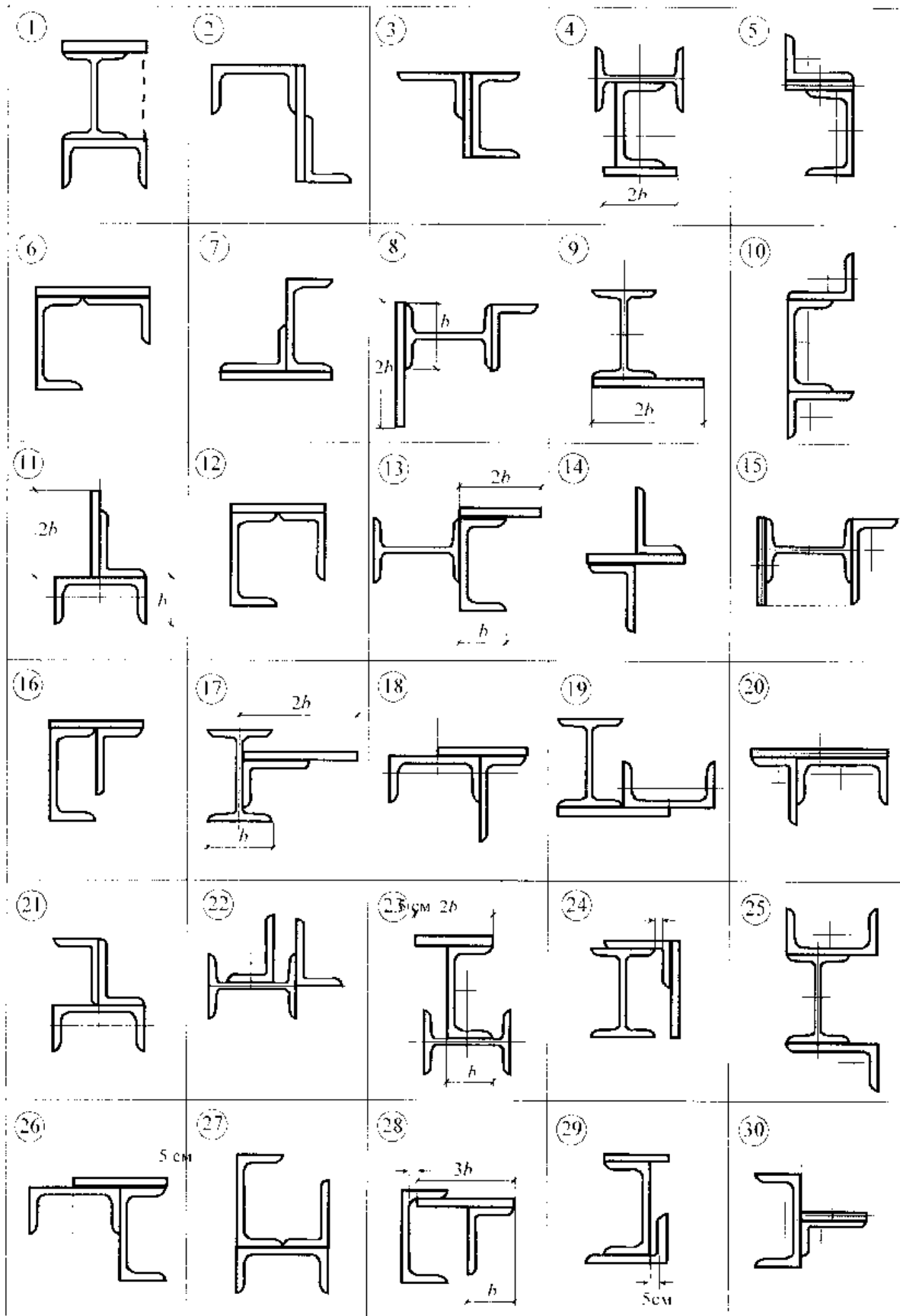
Задача 16



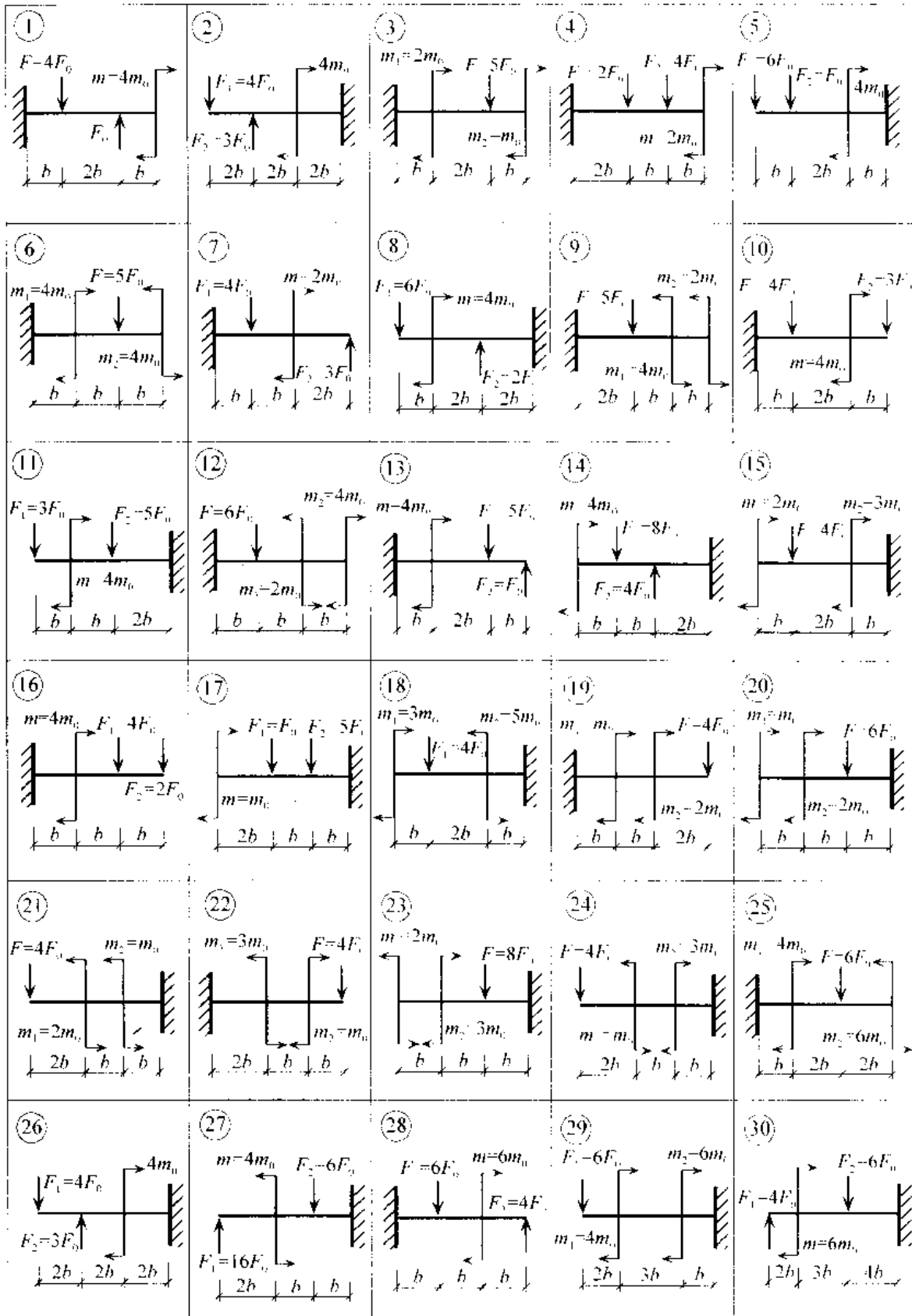
Задача 17



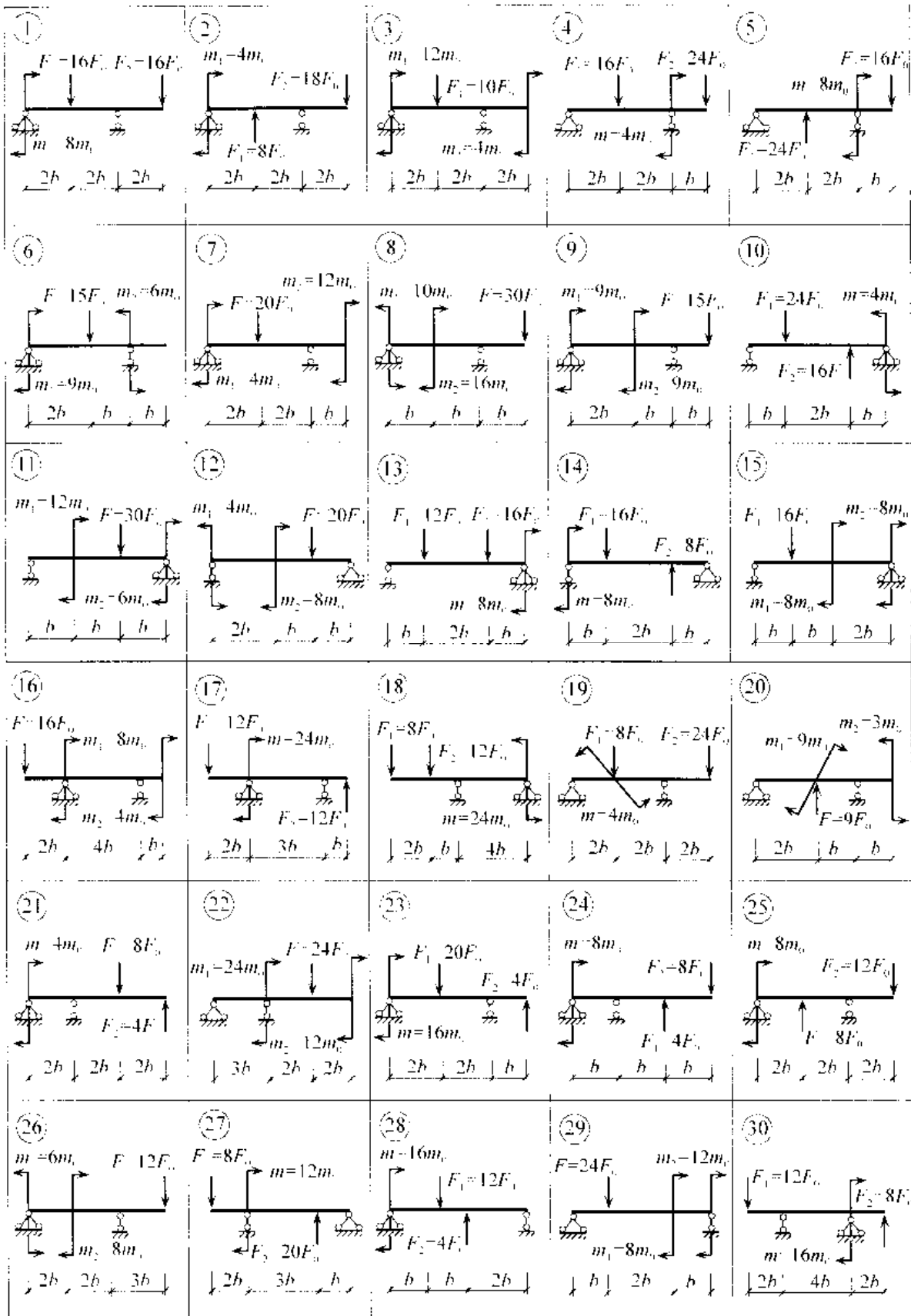
Задача 18



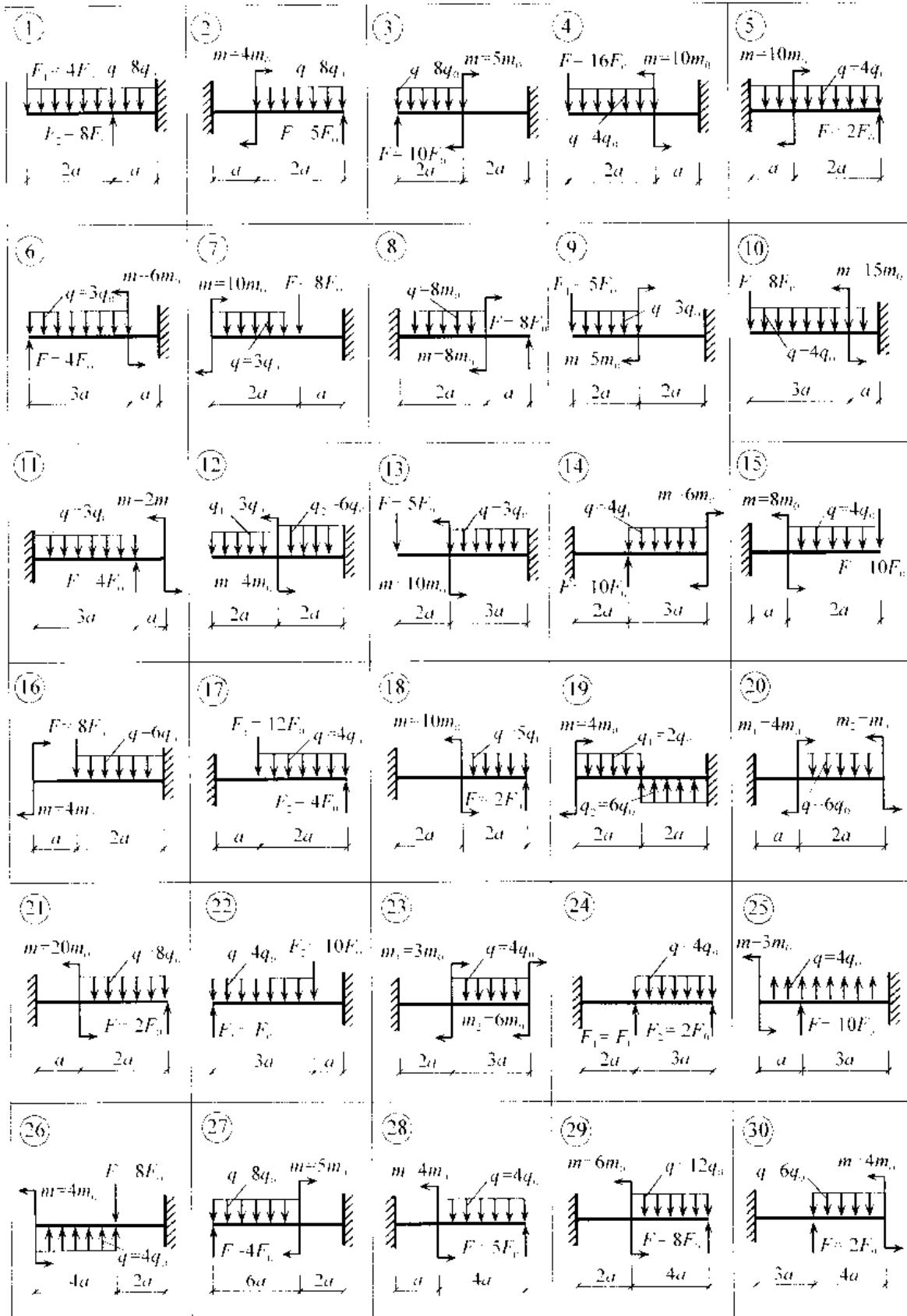
Задача 19



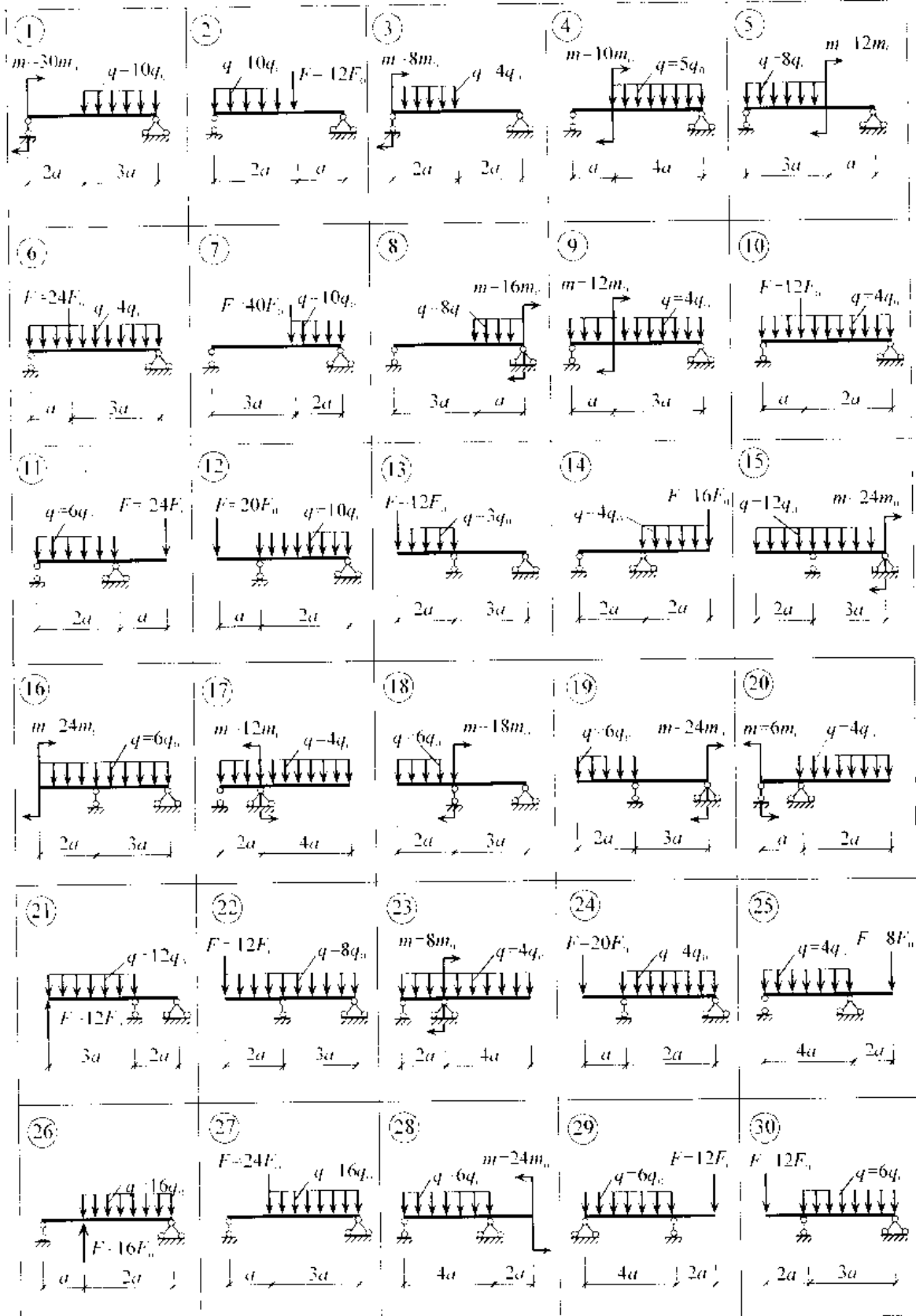
Задача 20



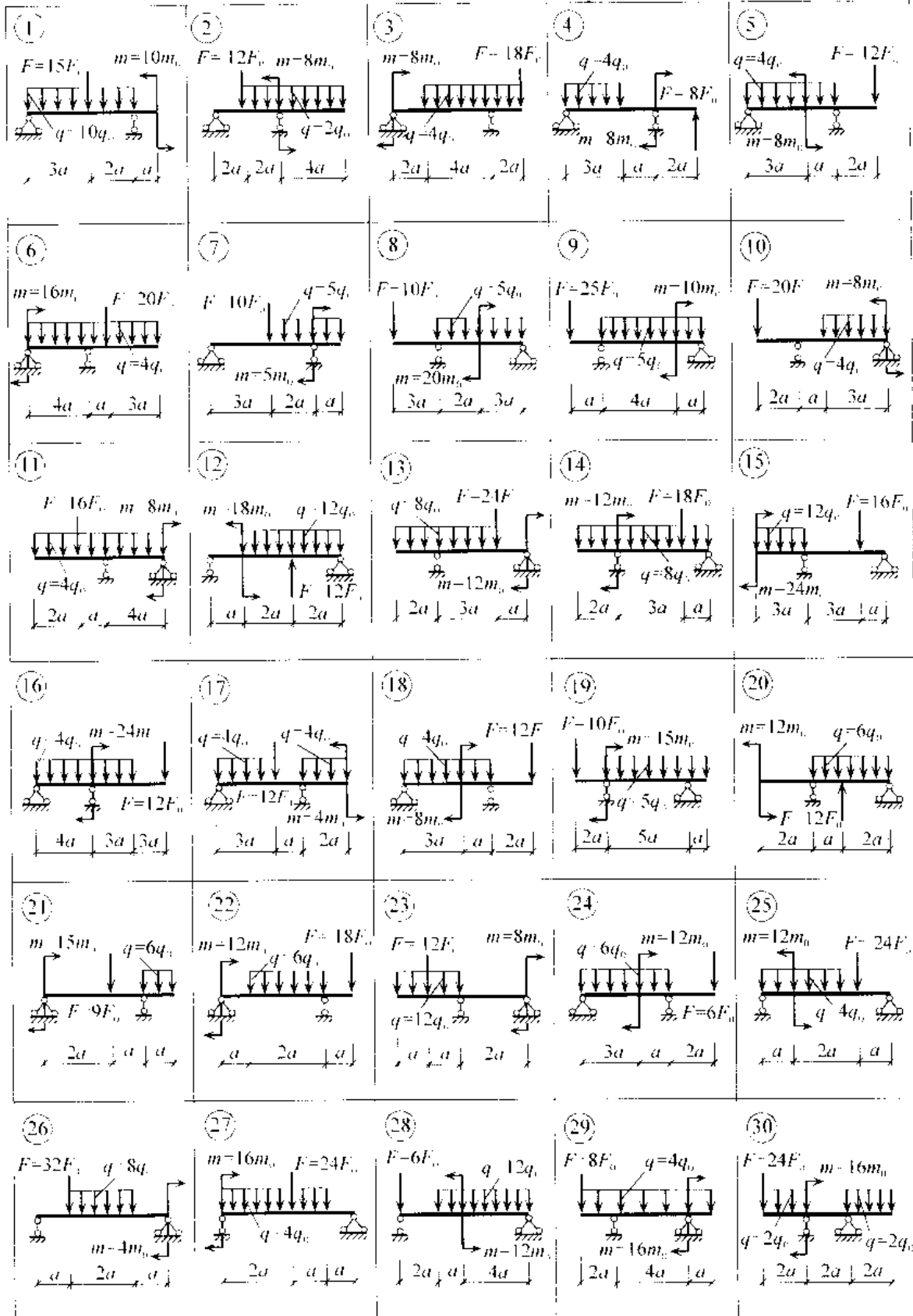
Задача 21



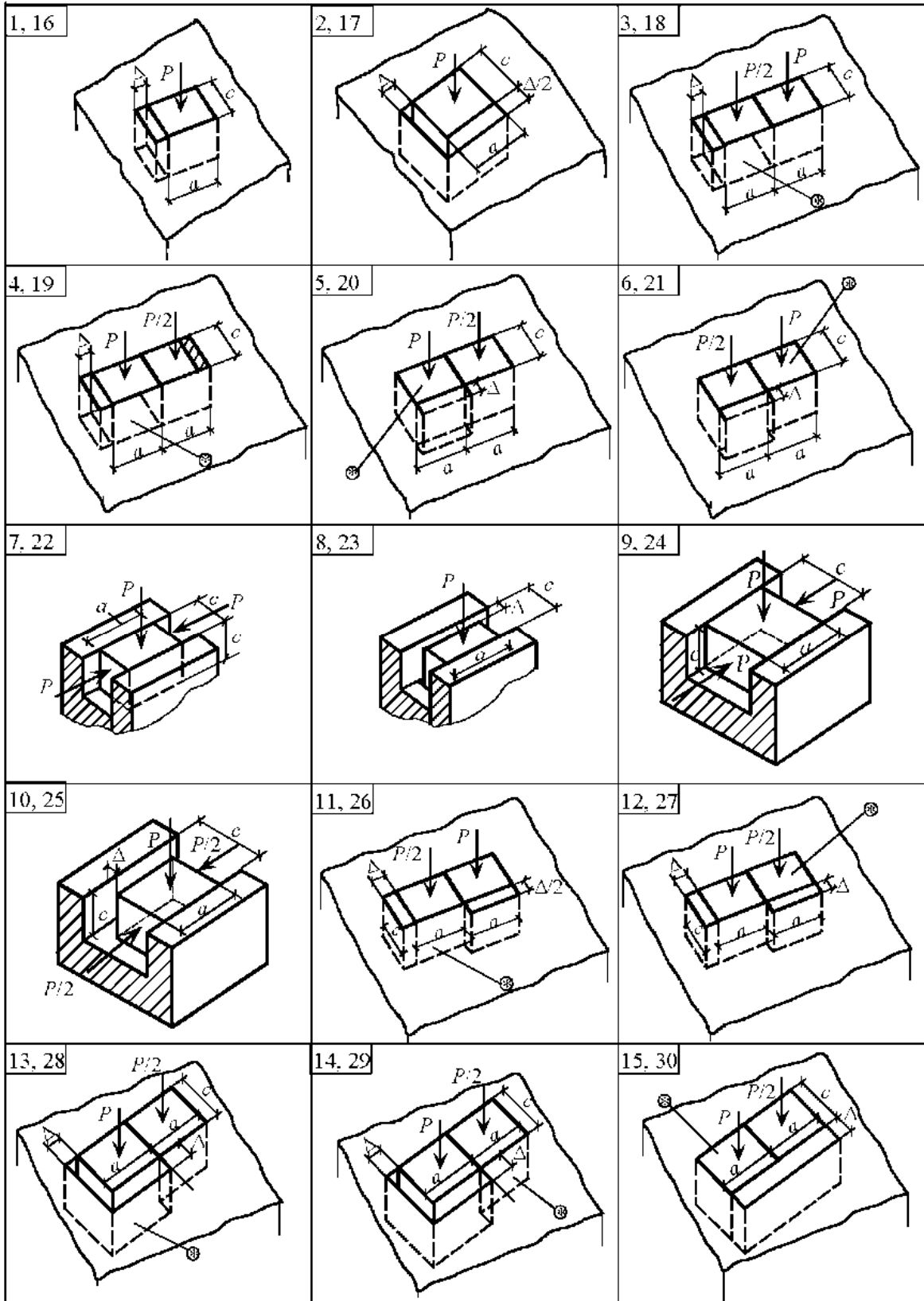
Задача 22



Задача 23



Задача 31



ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Физико-механические характеристики конструкционных материалов, используемые при решении задач¹¹

Физические характеристики некоторых конструкционных материалов

Таблица А1

№ п.п.	Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Модуль упругости E , МПа	Модуль сдвига G , МПа	Кэф. Пуассона ν	Кэф. линейного расширения $\alpha \cdot 10^{-7}$, 1/град
1	Сталь	7 800	210 000	80 000	0,3	120
2	Чугун серый	7 200	100 000	40 000	0,25	100
3	Алюминий	2 700	70 000	27 000	0,3	230
4	Медь	8 500	100 000	40 000	0,2	165
5	Бетон тяжелый	2 500	40 000	16 000	0,2	100
6	Бетон мелкозернистый	2 000	20 000	8 000		70
7	Древесина (сосна)	500	10 000 (вдоль волокон) 400 (поперек волокон)	—		

Механические характеристики некоторых конструкционных материалов

- σ_y — предел текучести (f_y, σ_T);
- $\sigma_{0,2}$ — условный предел текучести;
- σ_s — предел прочности (временное сопротивление);
- R_y — расчетное сопротивление по пределу текучести;
- R_s — расчетное сопротивление при сдвиге;
- R_p — расчетное сопротивление при местном смятии;
- R_w — расчетное сопротивление срезу для сварных швов;
- δ — относительное удлинение после разрыва.

Механические характеристики сталей

Таблица А2

№ п/п	Марка	Вид поставки (Термообработка)	σ_y , МПа	σ_{ϕ} , МПа	δ , %	Применение
Углеродистые стали [1]						
1	Ст0	Фасон., лист, кругл.	190	310	23	Для неответственных элементов конструкций малонагруженных деталей
2	Ст1пс	То же	200	320	35	
3	Ст2пс	—	210	340	32	
4	Ст3пс	—	220	370	26	Сварные конструкции при $t > 0$ °С
5	Ст3Гпс	—	230	380	25	Гладкая арматура, сварные детали
6	A11	Кругл.	250	420	—	Автоматная сталь, точеные детали, крепеж
7	Ст5пс	Фасон., лист, кругл.	270	500	19	Арматура периодического профиля, крепеж повышенной прочности
Низколегированные и улучшаемые стали [1]						
8	45	(Норм.)	360	610	19	Точеные детали, валы
9	35Г	(Без термообработки)	400	600	14	Арматура периодического профиля
10	40ХН	(Зак. – отп.)	800	1000	11	Валы, шестерни, рычаги и другие ответственные детали
11	30ХГС	(Зак. – отп.)	850	1100	10	Оси, ответственные сварные детали, крепеж
12	65Г	(Норм.)	440	750	9	Пружины
13	65Г	(Зак. – отп.)	700	900	11	Рессоры, пружины

№ СП	Марка	Вид поставки (Термообработка)	σ_{yL} МПа	σ_{tL} МПа	δ %	R_{yL} МПа	R_{tL} МПа	R_{pL} МПа	Сварка		Примечание
									п/авт., $R_{п}$ МПа	авт. $R_{пa}$ МПа	
Сталь для строительных конструкций, мостов, подъемно-транспортных машин и общего машиностроения [1, 3, 17]											
14	ВСтЗкп	Фасон., лист, кругл.	220	370	26	200	115	370		200	Сварные конструкции
15м	16Л	Фасон., лист	210	310	26	220	130	400	180 (Э43 или 200 (Э46)	200	Сварные несущие конструкции и мосты
16	20	Трубы	250	420	25	230	135	450		200	– "–
17	18сп 18Гсп	Фасон., лист, кругл.	230	370	–	220	130	370	200 (Э46) или 215 (Э50)	200	– "–
18м	09Г2С	То же	300	500	21	330	190	370		240	– "–
19	12Г2СМФ	Фасон., лист (Зак. + отп.)	600	770	14	–	–	–		240	– "–
20	16Г2АФ	Фасон., лист (Норм. + отп.)	440	590	18	400	230	750		240	То же в суровых климатических условиях
21м	10ХСПД	То же	400	550	19	350	200	400		240	– "–
22м	15ХСНД	То же	350	500	21	300	175	400	240	– "–	

Примечания: 1. Индексом "м" около порядкового номера отмечены стали, рекомендуемые СПиП 2.05.03 84* [17] для мостов.

2. По маркировке: В (первая буква в марке стали) – углеродистая сталь, которая нормируется по химическому составу и механическим свойствам; отсутствие буквы впереди означает, что у углеродистой стали нормируются только механические характеристики; сп – спокойная плавка; пе – полуспокойная плавка. Легирующие добавки: А – азот, Д – медь, Н – никель, С – кремний, Г – марганец, Ф – ванадий, Х – хром, М – молибден.

3. Э42, Э46, Э50 – марка электродов с обмазкой для ручной и полуавтоматической сварки.

4. Сварка авт. – сварка под флюсом или в среде углекислого газа.

5. Сокращения: фасон. – фасонный прокат (двутавры, уголки и пр.); кругл. – прокат в виде прутков круглого сечения; норм. – нормализация; зак. – закалка; отп. – отпуск.

Таблица А4

Болты стальные, работающие на растяжение и срез [3]

Класс прочности болтов	4,6	4,8	5,6	5,8	6,6	8,8
Расчетное сопротивление срезу для болтов R_{bs} , МПа	150	160	190	200	230	320
Расчетное сопротивление растяжению для болтов R_{bt} , МПа	175	180	210	220	250	400

Таблица А5

Алюминиевые сплавы [2, 5]

№ п-п	Марка	Вид поставки	$\sigma_{0,2}$ МПа	$\sigma_{\text{в}}$ МПа	δ , %	$R_{\text{в}}$ МПа	$R_{\text{т}}$ МПа	$R_{\text{р}}$ МПа	$R_{\text{м}}$ МПа	Применение
1	Д1М	Фасон., лист	–	250	12	–	–	–	–	В различных областях современной техники
2	Д1Т	Фасон., лист кругл.	220	380	12	–	–	–	–	
3	Д16Т	То же	260	400	10	–	–	–	–	
4	Д19Т	»	300	400	10	–	–	–	–	
5	В95М	»	–	250	10	–	–	–	–	
6	В95Т1	»	400	500	6	–	–	–	–	
7	АД1М	Лист	–	250	12	25	15	40	15	Малонагруженные элементы
8	АМцМ	»	–	170	20	40	25	65	25	
9	АД31П	Фасон., лист	220	240	11	150	90	225	45	Несущие элементы клепаных и сварных конструкций
10	АМг2П	»	100	230	10	150	90	240	40	
11	1915Г	»	–	–	–	200	120	320	110	
12	1925Т	»	–	–	–	175	105	280	–	Клепаные несущие конструкции

Примечания: 1. При температуре выше 100 °С характеристики сплавов существенно ухудшаются [2].

2. По маркировке: М – отожженный материал с существенным упрочнением; Т – термообработка и старение (диаграмма растяжения с малым упрочнением, работа после достижения предела текучести не допустима); П – полуагартованный материал; Мц – марганец; Мг – магний.

**Расчетное сопротивление срезу и растяжению
для алюминиевых болтов и заклепок [5]**

Материал болта или заклепок	Болт АМ5ц	Болт АВГ1	Заклепка АД1Н	Заклепка АМг2Н	Заклепка АМг5пМ	Заклепка АВГ
Расчетное сопротивление срезу R_{Bc} , МПа	80	85	35	70	100	100
Расчетное сопротивление растяжению R_{Br} , МПа	125	160	–	–	–	–

**Литье из углеродистой и низколегированной стали [1, 3, 17]
и алюминия [5]**

№ п/п	Марка	Материал (Термообработка)	σ_y , МПа	σ_{sc} , МПа	δ , %	R_{yc} , МПа	R_s , МПа	R_p , МПа
1	15Л	Сталь (Норм. · отп.)	200	400	24	150	90	230
2м	25Л	То же	240	450	19	180	110	270
3м	35Л	»	280	500	15	210	130	320
4	45Л	»	320	550	12	250	150	370
5м	20ГЛ	»	280	550	18	210	130	350
6м	20ФЛ	»	300	500	18	220	130	315
7м	35ХП2МЛ	»	–	–	–	400	240	440
8	30ХНМЛ	»	550	700	20	–	–	–
9	АЛ8	Алюминий	–	–	–	140	80	–

Механические характеристики чугуночного литья, МПа

Марка	Наименование	σ_s	σ_{sc}	$\sigma_{изг}$	R_c	R_s	R_p
СЧ-15	Чугун серый	150	650	320	55	40	240
СЧ-20	»	200	900	400	65	50	300
СЧ-25	»	250	1000	450	85	65	340
СЧ-30	»	300	1150	500	100	75	370

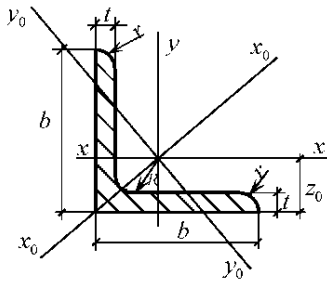
Здесь σ_s , σ_{sc} – предел прочности при растяжении и сжатии соответственно, $\sigma_{изг}$ – предел прочности при испытании на изгиб; R_c – расчетное сопротивление при сжатии и изгибе; R_t – при растяжении; R_s – при сдвиге; R_p – при смятии.

Физико-механические характеристики бетона *

Класс бетона по прочности на сжатие	В20	В30	В50	В60	
Расчетное сопротивление по прочности на сжатие $R_{сж}$, МПа	12	17	28	33	
То же на растяжение $R_{р}$, МПа	0,9	1,2	1,6	1,7	
Начальный модуль упругости E , МПа	тяжелый бетон	27000	32000	39000	40000
	мелкозернистый бетон	22000	2600	–	–

Сортамент стального проката

Уголки стальные горячекатаные равнополочные.



b – ширина полки;
 t – толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления;
 r – радиус закругления полки.

Помер уголка	Размеры уголка, мм				Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные	
	b	t	R	r		$x-x$	
						J_x , см ⁴	i_x , см
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,40	0,59
		4			1,46	0,50	0,58
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	0,81	0,75
		4			1,86	1,03	0,74
		5			2,27	1,22	0,73
2,8	28	3	4,0	1,3	1,62	1,16	0,85
3	30	3	4,0	1,3	1,74	1,45	0,91
		4			2,27	1,84	0,90
		5			2,78	2,20	0,89
3,2	32	3	4,5	1,5	1,86	1,77	0,97
		4			2,43	2,26	0,96
3,5	35	3	4,5	1,5	2,04	2,35	1,07
		4			2,67	3,01	1,06
		5			3,28	3,61	1,05
4	40	3	5,0	1,7	2,35	3,55	1,23
		4			3,08	4,58	1,22
		5			3,79	5,53	1,21
		6			4,48	6,41	1,20
4,5	45	3	5,0	1,7	2,65	5,13	1,39
		4			3,48	6,63	1,38
		5			4,29	8,03	1,37
		6			5,08	9,35	1,36
5	50	3	5,5	1,8	2,96	7,11	1,55
		4			3,89	9,21	1,54
		5			4,80	11,20	1,53
		6			5,69	13,07	1,52
		7			6,56	14,84	1,50
8	7,41	16,51	1,49				

Приложение Б

(для учебных целей)

Сортамент (ГОСТ 8509–93)

Таблица Б1

j – момент инерции;

i – радиус инерции;

z_0 – расстояние от центра тяжести до наружной грани полки;

J_{xy} – центробежный момент инерции (абс. величина).

Величины для осей						Масса 1 м уголка, кг
$X_0 - X_0$		$Y_0 - Y_0$		J_{xy} , см ⁴	z_0 , см	
$J_{x_0 \max}$, см ⁴	$i_{x_0 \max}$, см	$J_{y_0 \min}$, см ⁴	$i_{y_0 \min}$, см			
0,63	0,75	0,17	0,39	0,23	0,60	0,89
0,78	0,73	0,22	0,38	0,28	0,64	1,15
1,29	0,95	0,34	0,49	0,47	0,73	1,12
1,62	0,93	0,44	0,48	0,59	0,76	1,46
1,91	0,92	0,53	0,48	0,69	0,80	1,78
1,84	1,07	0,48	0,55	0,68	0,80	1,27

2,30	1,15	0,60	0,59	0,85	0,85	1,36
2,92	1,13	0,77	0,58	1,08	0,89	1,78
3,47	1,12	0,94	0,58	1,27	0,93	2,18
2,80	1,23	0,74	0,63	1,03	0,89	1,46
3,58	1,21	0,94	0,62	1,32	0,94	1,91
3,72	1,35	0,97	0,69	1,37	0,97	1,60
4,76	1,33	1,25	0,68	1,75	1,01	2,10
5,71	1,32	1,52	0,68	2,10	1,05	2,58
5,63	1,55	1,47	0,79	2,08	1,09	1,85
7,26	1,53	1,90	0,78	2,68	1,3	2,42
8,75	1,52	2,30	0,78	3,22	1,17	2,98
10,13	1,50	2,70	0,78	3,72	1,21	3,52
8,13	1,75	2,12	0,89	3,00	1,21	2,08
10,52	1,74	2,74	0,89	3,89	1,26	2,73
12,74	1,72	3,33	0,88	4,71	1,30	3,37
14,80	1,71	3,90	0,88	5,45	1,34	3,90
11,27	1,95	2,95	1,00	4,16	1,33	2,32
14,63	1,94	3,80	0,99	5,42	1,38	3,05
17,77	1,92	4,63	0,98	6,57	1,42	3,77
20,72	1,91	5,43	0,98	7,65	1,46	4,47
23,47	1,89	6,21	0,97	8,63	1,50	5,15
26,03	1,87	6,98	0,97	9,52	1,53	5,82

Номер уголка	Размеры уголка, мм				Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные	
	b	t	R	r		x - x	
						J _x , см ⁴	i _x , см
5,6	56	4	6,0	2,0	4,38	13,10	1,73
		5			5,41	15,97	1,72
6	60	4	7,0	2,3	4,72	16,21	1,85
		5			5,83	19,79	1,84
		6			6,92	23,21	1,83
		8			9,04	29,55	1,81
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	18,86	1,95
		5			6,13	23,10	1,94
7	70	6	8,0	2,7	7,28	27,06	1,93
		4,5			6,20	29,04	2,16
		5			6,86	31,94	2,16
		6			8,15	37,58	2,15
7,5	75	7	9,0	3,0	9,42	42,98	2,14
		8			10,67	48,16	2,12
		5			7,39	39,53	2,31
		6			8,78	46,57	2,30
8	80	7	9,0	3,0	10,15	53,34	2,29
		8			11,50	59,84	2,28
		9			13,83	66,10	2,27
		5,5			8,63	52,68	2,47
8	80	6	9,0	3,0	9,38	56,97	2,47
		7			10,85	65,31	2,45
		8			12,30	73,36	2,44
		10			15,14	88,58	2,42
9	90	12	10,0	3,3	17,90	102,74	2,40
		6			10,61	82,10	2,78
		7			12,28	94,30	2,77
		8			13,93	106,11	2,76
10	100	9	12,0	4,0	15,60	118,00	2,75
		10			17,17	128,60	2,74
		12			20,33	149,67	2,71
		6,5			12,82	122,10	3,09
		7			13,75	130,59	3,08
		8			15,60	147,19	3,07
11	110	10	12,0	4,0	19,24	178,95	3,05
		12			22,80	208,90	3,03
		14			26,28	237,15	3,00
		15			27,99	250,68	2,99
11	110	16	12,0	4,0	29,68	263,82	2,98
		7			15,15	175,61	3,40

величины для осей						Масса 1 м уголка, кг
$X_0 - X_0$		$Y_0 - Y_0$		$J_{xy}, \text{см}^4$	$z_{0z}, \text{см}$	
$J_{z_{0z} \text{ макс}}, \text{см}^4$	$i_{z_{0z} \text{ макс}}, \text{см}$	$J_{y_{0y} \text{ мин}}, \text{см}^4$	$i_{y_{0y} \text{ мин}}, \text{см}$			
20,79	2,18	5,41	1,11	7,69	1,52	3,44
25,36	2,16	6,59	1,10	9,41	1,57	4,25
25,69	2,33	6,72	1,19	9,48	1,62	3,71
31,40	2,32	8,18	1,18	11,61	1,66	4,58
36,81	2,31	9,60	1,18	13,60	1,70	5,43
46,77	2,27	12,34	1,17	17,22	1,78	7,10
55,64	2,24	15,00	1,16	20,32	1,85	8,70
29,90	2,45	7,81	1,25	11,00	1,69	3,90
36,80	2,44	9,52	1,25	13,70	1,74	4,81
42,91	2,43	11,18	1,24	15,90	1,78	5,72
46,03	2,72	12,04	1,39	17,00	1,88	4,87
50,67	2,72	13,22	1,39	18,70	1,90	5,38
59,64	2,71	15,52	1,38	22,10	1,94	6,39
68,19	2,69	17,77	1,37	25,20	1,99	7,39
76,35	2,68	19,97	1,37	28,20	2,02	8,37
91,52	2,64	24,27	1,36	33,60	2,10	10,29
62,65	2,91	16,41	1,49	23,10	2,02	5,80
73,87	2,90	19,28	1,48	27,30	2,06	6,89
84,61	2,89	22,07	1,48	31,20	2,10	7,96
94,89	2,87	24,80	1,47	35,00	2,15	9,02
104,72	2,86	27,48	1,46	38,60	2,18	10,07
83,56	3,11	21,80	1,59	30,90	2,17	6,78
90,40	3,11	23,54	1,58	33,40	2,19	7,36
103,66	3,09	26,97	1,58	38,30	2,23	8,51
116,39	3,08	30,32	1,57	43,00	2,27	9,65
140,31	3,04	36,85	1,56	56,70	2,35	11,88
162,27	3,01	43,21	1,55	59,50	2,42	14,05
130,00	3,50	33,97	1,79	48,10	2,43	8,33
149,67	3,49	38,94	1,78	55,40	2,47	9,64
168,42	3,48	43,80	1,77	62,30	2,51	10,93
186,00	3,46	48,60	1,77	68,00	2,55	12,20
203,93	3,45	53,27	1,76	75,30	2,59	13,48
235,88	3,41	62,40	1,75	86,20	2,67	15,96
193,46	3,89	50,73	1,99	71,40	2,68	10,06
207,01	3,88	54,16	1,98	76,40	2,71	10,79
233,46	3,87	60,92	1,98	86,30	2,75	12,25
283,83	3,84	74,08	1,96	110,00	2,83	15,10
330,95	3,81	86,87	1,95	122,00	2,91	17,90
374,98	3,78	99,32	1,94	138,00	2,99	20,63
395,87	3,76	105,48	1,94	145,00	3,03	21,97
416,04	3,74	111,61	1,94	152,00	3,05	23,30
278,54	4,29	72,68	2,19	106,00	2,96	11,87

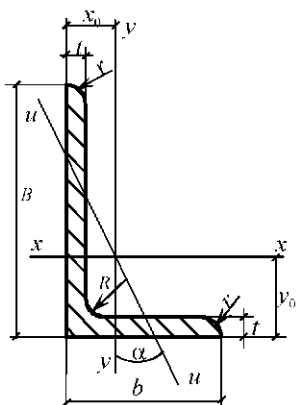
Помер уголка	Размеры уголка, мм				Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные	
	b	t	R	r		x - x	
						J _x , см ⁴	i _x , см
12	120	6	14,0	4,5	17,20	198,17	3,39
		8			18,80	259,75	3,72
		10			23,24	317,16	3,69
		12			27,60	371,80	3,67
		15			33,89	448,90	3,63
12,5	125	8	14,0	4,6	19,69	294,36	3,87
		9			22,00	327,48	3,86
		10			24,33	359,82	3,85
		12			28,89	422,23	3,82
		14			33,37	481,76	3,80
14	140	9	14,0	4,6	24,72	465,72	4,34
		10			27,33	512,29	4,33
		12			32,49	602,49	4,31
15	150	10	14,0	4,6	29,33	634,76	4,65
		12			34,89	747,48	4,63
		15			43,08	908,38	4,59
		18			51,09	1060,08	4,56
16	160	10	16,0	5,3	31,43	774,24	4,96
		11			34,42	844,21	4,95
		12			37,39	912,89	4,94
		14			43,57	1046,47	4,92
		16			49,07	1175,19	4,89
		18			54,79	1290,24	4,87
18	180	11	16,0	5,3	38,80	1216,44	5,60
		12			42,19	1316,62	5,59
		15			52,18	1607,36	5,55
		18			61,99	1884,07	5,51
20	200	12	18,0	6,0	47,10	1822,78	6,22
		13			50,85	1960,77	6,21
		14			54,60	2097,00	6,20
		16			61,98	2362,57	6,17
		18			69,30	2620,64	6,15
		20			76,54	2871,47	6,12
		24			90,78	3350,66	6,08
		25			94,29	3466,21	6,06
22	220	14	21,0	7,0	60,38	2814,36	6,83
		16			68,58	3175,44	6,80
		18			78,40	4717,10	7,76
25	250	18	24,0	8,0	87,72	5247,24	7,73
		20			96,96	5764,87	7,71
		22			106,12	6270,32	7,69
		25			119,71	7006,39	7,65
		28			133,12	7716,86	7,61
		30			141,96	8176,51	7,59

Продолжение табл. Б1

Величины для осей						Масса 1 м уголка, кг
x ₀ - x ₀		y ₀ - y ₀		J _{xy} , см ⁴	z ₀ , см	
J _{xc} max, см ⁴	i _{xc} max, см	J _{yc} min, см ⁴	i _{yc} min, см			
314,51	4,28	81,83	2,18	116,00	3,00	13,50
412,45	4,68	107,04	2,39	153,00	3,25	14,76
503,79	4,66	130,54	2,37	187,00	3,33	18,24
590,28	4,62	153,33	2,36	218,00	3,41	21,67
711,32	4,57	186,48	3,34	262,00	3,53	26,68
466,76	4,87	121,96	2,49	172,00	3,36	15,46
520,00	4,86	135,88	2,48	192,00	3,40	17,30
571,04	4,84	148,59	2,47	211,00	3,45	19,10
670,02	4,82	174,43	2,46	248,00	3,53	22,68
763,90	4,78	199,62	2,45	282,00	3,61	26,20
852,84	4,75	224,29	2,44	315,00	3,68	29,65
739,42	5,47	192,03	2,79	274,00	3,78	19,41
813,62	5,46	210,96	2,78	301,00	3,82	21,45
956,98	5,43	248,01	2,76	354,00	3,90	25,50
1008,56	5,86	260,97	2,98	374,00	4,07	23,02
1187,86	5,83	307,09	2,97	440,00	4,15	27,39
1442,60	5,79	374,17	2,95	534,00	4,27	33,82
1680,92	5,74	439,24	2,93	621,00	4,38	40,11

1229,10	6,25	319,38	3,19	455,00	4,30	24,67
1340,66	6,24	347,77	3,18	496,00	4,35	27,02
1450,00	6,23	375,78	3,17	537,00	4,39	29,35
1662,13	6,20	430,81	3,16	615,00	4,47	33,97
1865,73	6,17	484,64	3,14	690,00	4,55	38,52
2061,03	6,13	537,46	3,13	771,00	4,63	43,01
2248,26	6,10	589,43	3,12	830,00	4,70	47,44
1933,10	7,06	499,78	3,59	716,00	4,85	30,47
2092,78	7,04	540,45	3,58	776,00	4,89	33,12
2554,99	7,00	659,73	3,56	948,00	5,01	40,96
2992,69	6,95	775,44	3,54	1108,00	5,13	48,66
3271,31	6,91	850,92	3,53	1210,00	5,20	53,72
2896,16	7,84	749,40	3,99	1073,00	5,37	36,97
3116,18	7,83	805,35	3,98	1156,00	5,42	39,92
3333,00	7,81	861,60	3,97	1236,00	5,46	42,80
3755,39	7,78	969,74	3,96	1393,00	5,54	48,65
4164,54	7,75	1076,74	3,94	1544,00	5,62	54,40
4560,42	7,72	1181,92	3,93	1689,00	5,70	60,08
5313,59	7,65	1387,73	3,91	1963,00	5,85	71,26
5494,04	7,63	1438,38	3,91	2028,00	5,89	74,02
6351,05	7,55	1698,16	3,89	2332,00	6,07	87,56
4470,15	8,60	1158,56	4,38	1655,00	5,91	47,40
5045,37	8,58	1305,02	4,36	1862,00	6,02	53,83
7492,10	9,78	1942,09	4,98	2775,00	6,75	61,55
8336,69	9,75	2157,78	4,96	3089,00	6,83	68,86
9159,73	9,72	2370,01	4,94	3395,00	6,91	76,11
9961,60	9,69	2579,04	4,93	3691,00	7,00	83,31
11125,52	9,64	2887,26	4,91	4119,00	7,11	93,97
12243,84	9,59	3189,89	4,90	4527,00	7,23	104,50
12964,66	9,56	3388,98	4,89	4788,00	7,31	111,44

Уголки стальные горячекатаные



B – ширина большей полки;
 b – ширина меньшей полки;
 t – толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления;
 r – радиус закругления полки.

Помер уголка	Размеры уголка, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные	
	B	b	t	R	r		$x - x$	
							J_x , см ⁴	i_x , см
2,5/1,6	25	16	3	3,5	1,2	1,16	0,70	0,78
3/2	30	20	3	3,5	1,2	1,43	1,27	0,94
			4			1,86	1,61	0,93
3,2/2	32	20	3	3,5	1,2	1,49	1,52	1,01
			4			1,94	1,93	1,00
4/2,5	40	25	3	4,0	1,3	1,89	3,06	1,27
			4			2,47	3,93	1,26
			5			3,03	4,73	1,25
4/3	40	30	4	4,0	1,3	2,67	4,18	1,25
			5			3,28	5,04	1,24
4,5/2,8	45	28	3	5,0	1,7	2,14	4,41	1,43
			4			2,80	5,68	1,42
5/3,2	50	32	3	5,5	1,8	2,42	6,18	1,60
			4			3,17	7,98	1,59
5,6/3,6	56	36	4	6,0	2,0	3,58	11,37	1,78
			5			4,41	13,82	1,77
6,3/4,0	63	40	4	7,0	2,3	4,04	16,33	2,01
			5			4,98	19,91	2,00
			6			5,90	23,31	1,99
			8			7,68	29,60	1,96
6,5/5	65	50	5	6,0	2,0	5,56	23,41	2,05
			6			6,60	27,46	2,04
			7			7,62	31,32	2,03
			8			8,62	35,00	2,02
7/4,5	70	45	5	7,5	2,5	5,59	27,76	2,23
7,5/5	75	50	5	8,0	2,7	6,11	34,81	2,39
			6			7,25	40,92	2,38
			7			8,37	46,77	2,36
			8			9,47	52,38	2,35

неравнополочные

Сортамент (ГОСТ 8510–86)

Таблица Б2

J – момент инерции;

i – радиус инерции;

x_0, y_0 – расстояние от центра тяжести до наружных граней полки;

J_{xy} – центробежный момент инерции (абс. величина).

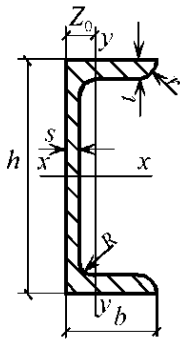
величины для осей							Угол наклона оси $tg\alpha$	Масса 1 м уголка, кг
$y_0 - y_0$		$u - u$		x_0 , см	y_0 , см	J_{xy} , см ⁴		
i_y , см ²	i_x , см	$J_{u_{мин}}$, см	i_u , см					
0,22	0,44	0,13	0,34	0,42	0,86	0,22	0,392	0,91
0,45	0,56	0,26	0,43	0,51	1,00	0,43	0,427	1,12
0,56	0,55	0,34	0,43	0,54	1,04	0,54	0,421	1,46

0,46	0,55	0,28	0,43	0,49	1,08	0,47	0,382	1,17
0,57	0,54	0,35	0,43	0,53	1,12	0,59	0,374	1,52
0,93	0,70	0,56	0,54	0,59	1,32	0,96	0,385	1,48
1,18	0,69	0,71	0,54	0,63	1,37	1,22	0,381	1,94
1,41	0,68	0,86	0,53	0,66	1,41	1,44	0,374	2,38
2,01	0,87	1,09	0,64	0,78	1,28	1,68	0,544	2,09
2,41	0,86	1,33	0,64	0,82	1,32	2,00	0,539	2,57
1,32	0,79	0,79	0,61	0,64	1,47	1,38	0,382	1,68
1,69	0,78	1,02	0,60	0,68	1,51	1,77	0,379	2,20
1,99	0,91	1,18	0,70	0,72	1,60	2,01	0,403	1,90
2,56	0,90	1,52	0,69	0,76	1,65	2,59	0,401	2,49
3,70	1,02	2,19	0,78	0,84	1,82	3,74	0,406	2,81
4,48	1,01	2,65	0,78	0,88	1,87	4,50	0,404	3,46
5,16	1,13	3,07	0,87	0,91	2,03	5,25	0,397	3,17
6,26	1,12	3,73	0,86	0,95	2,08	6,41	0,396	3,91
7,29	1,11	4,36	0,86	0,99	2,12	7,44	0,393	4,63
9,15	1,09	5,58	0,85	1,07	2,20	9,27	0,386	6,03
12,08	1,47	6,41	1,07	1,26	2,00	9,77	0,576	4,36
14,12	1,46	7,52	1,07	1,30	2,04	11,46	0,575	5,18
16,05	1,45	8,60	1,06	1,34	2,08	12,94	0,571	5,98
18,88	1,44	9,65	1,06	1,37	2,12	13,61	0,570	6,77
9,05	1,27	5,34	0,98	1,05	2,28	9,12	0,406	4,39
12,47	1,43	7,24	1,09	1,17	2,39	12,00	0,436	4,79
14,60	1,42	8,48	1,08	1,21	2,44	14,10	0,435	5,69
16,61	1,41	9,69	1,08	1,25	2,48	16,18	0,435	6,57
18,52	1,40	10,87	1,07	1,29	2,52	17,80	0,430	7,43

Помер уголка	Размеры уголка, мм					Площадь поперечного сечения, см ²	Справочные	
	B	b	t	R	r		x - x	
							J _x , см ⁴	i _x , см
8:5	80	50	5	8,0	2,8	6,3	41,64	2,56
			6			7,55	48,98	2,55
8:6	80	60	6	8,0	2,9	8,15	52,06	2,53
			7			9,42	59,61	2,52
			8			10,67	66,88	2,50
9:5,6	90	56	5,5	9,0	3,0	7,86	65,28	2,88
			6			8,54	70,58	2,88
			8			11,18	90,87	2,85
10:6,3	100	63	6	10,0	3,3	9,58	98,29	3,20
			7			11,09	112,86	3,19
			8			12,57	126,96	3,18
			10			15,47	153,83	3,15
10:6,5	100	65	7	10,0	3,4	11,23	114,05	3,19
			8			12,73	138,31	3,18
			10			15,67	155,52	3,15
11:7	110	70	6,5	10,0	3,5	11,45	142,42	3,53
			8			13,93	171,54	3,51
12,5:8	125	80	7	11,0	3,7	14,06	226,53	4,01
			8			15,98	255,62	4,00
			10			19,70	311,61	3,98
			12			23,36	364,79	3,95
14:9	140	90	8	12,0	4,0	18,00	363,68	4,49
			10			22,24	444,65	4,47
16:10	160	100	9	13,0	4,3	22,87	605,97	5,15
			10			25,28	666,59	5,13
			12			30,04	784,22	5,11
			14			34,72	897,19	5,08
18:11	180	110	10	14,0	4,7	28,33	952,28	5,80
			12			33,69	1122,56	5,77
20:12,5	200	125	11	15,0	5,6	34,87	1449,62	6,45
			12			37,89	1568,19	6,43
			14			43,87	1800,83	6,41
			16			49,77	2026,08	6,38

величины для осей							Угол наклона оси I_{yy}	Масса 1 м уголка, кг
J_x J_y		i_x i_y		x_0 , см	y_0 , см	J_{yy} , см ⁴		
I_x , см ⁴	i_x , см	$J_{x_{мин}}$, см	i_y , см					
12,68	1,41	7,57	1,09	1,13	2,60	13,20	0,387	4,99
14,85	1,40	8,88	1,08	1,17	2,65	15,50	0,386	5,92
25,18	1,76	13,61	1,29	1,49	2,47	20,98	0,547	6,39
28,74	1,75	15,58	1,29	1,53	2,52	24,01	0,546	7,39
32,15	1,74	17,49	1,28	1,57	2,56	26,83	0,544	8,37
19,67	1,58	11,77	1,22	1,2	2,92	20,54	0,384	6,17
21,22	1,58	12,70	1,22	1,28	2,95	22,23	0,384	6,70
27,08	1,56	16,29	1,21	1,36	3,04	28,33	0,380	8,77
30,58	1,79	18,20	1,38	1,42	3,23	31,50	0,393	7,53
34,99	1,78	20,83	1,37	1,46	3,28	36,10	0,392	8,70
39,21	1,77	23,38	1,36	1,50	3,32	40,50	0,391	9,87
47,18	1,75	28,34	1,35	1,58	3,40	48,60	0,387	12,14
38,32	1,85	22,77	1,41	1,52	3,24	38,00	0,415	8,81
42,96	1,84	25,24	1,41	1,56	3,28	42,64	0,414	9,90
51,68	1,82	30,60	1,40	1,64	3,37	51,18	0,410	12,30
45,61	2,00	26,94	1,53	1,58	3,55	46,80	0,402	8,98
54,64	1,98	32,31	1,52	1,64	3,61	55,90	0,400	10,93
73,73	2,29	43,40	1,76	1,80	4,01	74,70	0,407	11,04
80,95	2,28	48,82	1,75	1,84	4,04	84,10	0,406	12,54
100,47	2,26	59,33	1,74	1,92	4,14	102,00	0,404	15,47
116,84	2,24	69,47	1,72	2,00	4,22	118,00	0,400	18,34
119,79	2,58	70,47	1,98	2,03	4,49	121,00	0,411	14,13
145,54	2,56	85,51	1,96	2,12	4,58	147,00	0,409	17,46
186,03	2,85	110,40	2,20	2,24	5,19	194,00	0,391	17,95
204,09	2,84	121,16	2,19	2,28	5,23	213,00	0,390	19,85
238,75	2,82	142,14	2,18	2,36	5,32	249,00	0,388	23,58
271,60	2,80	162,49	2,16	2,43	5,40	282,00	0,385	27,26
276,37	3,12	165,44	2,42	2,44	5,88	295,00	0,376	22,24
324,09	3,10	194,28	2,40	2,52	5,97	348,00	0,374	26,45
446,36	3,58	263,84	2,75	2,79	6,50	465,00	0,392	27,37
481,93	3,57	285,04	2,74	2,83	6,54	503,00	0,392	29,74
550,77	3,54	326,54	2,73	2,91	6,62	575,00	0,390	34,43
616,66	3,52	365,99	2,72	2,99	6,71	643,00	0,388	39,07

Сталь горячекатаная. Швеллеры.



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

Номер швеллера	Размеры швеллера, мм						Площадь сечения, см ²	Масса 1 м швеллера, кг
	h	b	s	t	R	r		
5	50	32	4,4	7,0	6,0	3,5	6,16	4,84
6,5	65	36	4,4	7,2	6,0	3,5	7,51	5,90
8	80	40	4,5	7,4	6,5	3,5	8,98	7,05
10	100	46	4,5	7,6	7,0	4,0	10,90	8,59
12	120	52	4,8	7,8	7,5	4,5	13,30	10,40
14	140	58	4,9	8,1	8,0	4,5	15,60	12,30
14a	140	62	4,9	8,7	8,0	4,5	17,00	13,30
16	160	64	5,0	8,4	8,5	5,0	18,10	14,20
16a	160	68	5,0	9,0	8,5	5,0	19,50	15,30
18	180	70	5,1	8,7	9,0	5,0	20,70	16,30
18a	180	74	5,1	9,3	9,0	5,0	22,20	17,40
20	200	76	5,2	9,0	9,5	5,5	23,40	18,40
20a	200	80	5,2	9,7	9,5	5,5	25,20	19,80
22	220	82	5,4	9,5	10,0	6,0	26,70	21,00
22a	220	87	5,4	10,2	10,0	6,0	28,80	22,60
24	240	90	5,6	10,0	10,5	6,0	30,60	24,00
24a	240	95	5,6	10,7	10,5	6,0	32,90	25,80
27	270	95	6,0	10,5	11,0	6,5	35,20	27,70
30	300	100	6,5	11,0	12,0	7,0	40,50	31,80
33	330	105	7,0	11,7	13,0	7,5	46,50	36,50
36	360	110	7,5	12,6	14,0	8,5	53,40	41,90
40	400	115	8,0	13,5	15,0	9,0	61,50	48,30

Сортамент (ГОСТ 8240–97)

Швеллеры с параллельными гранями полок

Таблица Б3

J – момент инерции;

W – момент сопротивления;

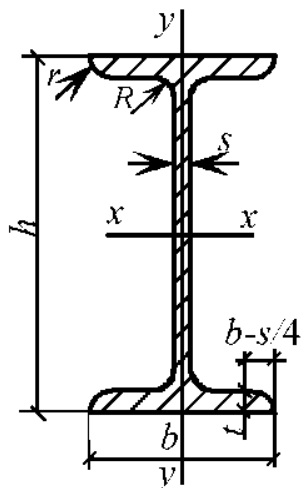
i – радиус инерции;

S – статический момент полусечения;

Z_0 – расстояние от оси $y-y$ до наружной грани стенки.

Справочные величины для осей							Z_0 , см
$x-x$				$y-y$			
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	
22,8	9,14	1,92	5,61	5,95	2,99	0,983	1,21
48,8	15,00	2,55	9,02	9,35	4,06	1,120	1,29
89,8	22,50	3,16	13,30	13,90	5,31	1,240	1,38
175,0	34,90	3,99	20,50	22,60	7,37	1,440	1,53
305,0	50,80	4,79	29,70	34,90	9,84	1,620	1,66
493,0	70,40	5,61	40,90	51,50	12,90	1,810	1,82
547,0	78,20	5,68	45,20	65,20	15,70	1,960	1,97
750,0	93,80	6,44	54,30	72,80	16,40	2,000	2,04
827,0	103,00	6,51	59,50	90,50	19,60	2,150	2,19
1090,0	121,00	7,26	70,00	100,00	20,60	2,200	2,14
1200,0	133,00	7,34	76,30	123,00	24,30	2,350	2,36
1530,0	153,00	8,08	88,00	134,00	25,20	2,390	2,30
1680,0	168,00	8,17	96,20	162,00	29,70	2,540	2,53
2120,0	193,00	8,90	111,00	178,00	31,00	2,580	2,47
2340,0	212,00	9,01	121,00	220,00	37,00	2,770	2,75
2910,0	243,00	9,75	139,00	248,00	39,50	2,850	2,72
3200,0	266,00	9,86	152,00	302,00	46,50	3,030	3,01
4180,0	310,00	10,90	178,00	314,00	46,70	2,990	2,78
5830,0	389,00	12,00	224,00	393,00	54,80	3,120	2,83
8010,0	486,00	13,10	281,00	491,00	64,60	3,250	2,90
10850,0	603,00	14,30	350,00	611,00	76,30	3,380	2,99
15260,0	763,00	15,80	445,00	760,00	89,90	3,510	3,05

Сталь горячекатаная. Балки двутавровые



h – высота балки;
 b – ширина полки;
 s – толщина стенки;
 t – средняя толщина полки;
 R – радиус внутреннего закругления;
 r – радиус закругления полки.

Номер балки	Размеры балки, мм						Площадь сечения, см ²
	h	b	s	t	R	r	
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4
18a	180	100	5,1	8,3	9,0	3,5	25,4
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8
20a	200	110	5,2	8,6	9,5	4,0	28,9
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6
22a	220	120	5,4	8,9	10,0	4,0	32,8
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8
24a	240	125	5,6	9,8	10,5	4,0	37,5
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2
27a	270	135	6,0	10,2	11,0	4,5	43,2
30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5
30a	300	145	6,5	10,7	12,0	5,0	49,9
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9
40	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6
45	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7
50	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0
55	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0
60	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0

Сортамент (ГОСТ 8239–89)

Таблица Б4

J — момент инерции;
 W — момент сопротивления;
 i — радиус инерции;
 S — статический момент полусечения.

Масса I м двутавра, кг	Справочные величины для осей						
	x x				y y		
	$J_x, \text{см}^4$	$W_x, \text{см}^3$	$i_x, \text{см}$	$S_x, \text{см}^3$	$J_y, \text{см}^4$	$W_y, \text{см}^3$	$i_y, \text{см}$
9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
19,90	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,80	2,12
21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07
22,70	2030	203,0	8,37	114,0	155,0	28,20	2,32
24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
25,80	2790	254,0	9,22	143,0	206,0	34,30	2,50
27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
29,40	3800	317,0	10,10	178,0	260,0	41,60	2,63
31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54
33,90	5500	407,0	11,30	229,0	337,0	50,00	2,80
36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69
39,20	7780	518,0	12,50	292,0	436,0	60,10	2,95
42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89
57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09
78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23
92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
108,00	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54

Библиографический список

1. Журавлев В.И., Николаева О.И. Машиностроительные стали: Справ. М.: Машиностроение, 1981. 391 с.
2. *Алюминиевые сплавы. Структура и свойства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов:* Справ. М.: Металлургия, 1974. 432 с.
3. *СНиП II-23-81. Стальные конструкции.* М.: Стройиздат, 1991. 94 с.
4. *СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции.* М.: Госстрой СССР, 1985. 79 с.
5. *СНиП 2.03.06-85. Алюминиевые конструкции.* М.: Госстрой СССР, 1988. 48 с.
6. Ахметзянов М.Х., Грес П.В., Лазарев И.Б. Сопротивление материалов: Учебник. М.: Высш. шк., 2007. 334 с.
7. Ахметзянов М.Х., Лазарев И.Б. Сопротивление материалов. Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 1997. 300 с.
8. Агуленко В.Н. Сопротивление материалов: Учеб. пособие. Ч. I. Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2002. 104 с.
9. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.И. Сопротивление материалов: Учебник. М.: Высш. шк., 2007. 560 с.
10. Грес П.В. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. М.: Высш. шк., 2004. 135 с.
11. Дарков А.В., Штиро Г.С. Сопротивление материалов. М.: Высш. шк., 1975. 734 с.
12. Краснов Л.А. Справочник для решения задач по сопротивлению материалов. Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2004. 117 с.
13. Миролюбов П.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов. М.: Высш. шк., 2004. 399 с.
14. Смирнов А.Ф. и др. Сопротивление материалов. М.: Высш. шк., 1975. 480 с.
15. *Сборник задач по сопротивлению материалов / Под ред. В.К. Качурина.* М.: Наука, 1972. 432 с.
16. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учебник. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 592 с.
17. *СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы.* М.: Минстрой России, 2006. 214 с.

Содержание

Предисловие.....	3
Общие правила выполнения и оформления заданий.....	5
Перечень обозначений основных величин и их размерность.....	8
Условия задач.....	9
Варианты расчетных схем к задачам.....	24
<i>Приложение А. Физико-механические характеристики конструкционных материалов, используемые при решении задач</i>	46
<i>Приложение Б. Сортамент стального проката (для учебных целей).....</i>	52
Библиографический список.....	64