Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Министерство образования и науки Кыргызской Республики

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

Естественно-технический факультет

Кафедра механики и приборостроения им. Я.И. Рудаева

Фонд
оценочных средств

по дисциплине «**Сопротивление материалов**»

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
15.03.03 – РФ, 650500 – КР Прикладная механика
профиль Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Квалификация выпускника
бакалавр

2023

Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению подготовки «Прикладная механика» по дисциплине «*Сопротивление материалов*».

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании кафедры механики и приборостроения им. Я.И. Рудаева

протокол № 1 от 30.08.2023 г.

Заведующий кафедрой механики и приборостроения им. Я.И. Рудаева

_____ Джаманкулов А.К.
подпись

Исполнители:

Доцент, к.ф.-м.н. _____ Комарцов Н.М.
подпись

Доцент, к.ф.-м.н. _____ Герман К.А.
подпись

СОГЛАСОВАНО:

Заместитель декана по учебной работе

_____ Алсеитов М.Т.
подпись

Сопротивление материалов

http://www.tychina.pro/конспекты-лекций/
http://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/04/10/2-16_iovenko_lectures.pdf
http://sopromat.vstu.ru/lek.html

Контрольные вопросы для текущего и итогового контроля

Раздел I

1. Основные определения в сопротивлении материалов.
2. Основные гипотезы и принципы в сопротивлении материалов.
3. Классификация тел.
4. Внешние силы. Внутренние усилия. Метод сечений.
5. Понятие о напряжениях в точках деформируемого тела.
6. Связь между напряжениями и внутренними усилиями.
7. Закон Гука при растяжении и сжатии. Модуль Юнга.
8. Коэффициент Пуассона.
9. Напряжения в поперечных сечениях при растяжении и сжатии. Линейное напряженное состояние.
10. Расчет на прочность при растяжении и сжатии. Выбор коэффициента запаса прочности.
11. Особенности расчета статически неопределимых систем при растяжении и сжатии.
12. Потенциальная энергия деформации при растяжении и сжатии.

Раздел II

1. Понятие о напряженном состоянии в окрестности точки деформируемого тела. Закон парности касательных напряжений.
2. Прямая плоская задача. Круг Мора.
3. Решение обратной плоской задачи с использованием круга Мора.
4. Обобщенный закон Гука. Объемная деформация.
5. Потенциальная энергия деформации при объемном напряженном состоянии
6. III и IV теории прочности.
7. Гипотеза прочности Мора.

Раздел III

1. Двухосное растяжение-сжатие. Понятие о чистом сдвиге. Закон Гука при чистом сдвиге.
2. Связь между упругими характеристиками материала – модулем Юнга.
3. Касательные напряжения при кручении бруса круглого поперечного сечения. Моменты инерции. Моменты сопротивления.
4. Деформация при кручении. Расчет на прочность и жесткость.
5. Расчет цилиндрических пружин с малым шагом витка. Напряжения в пружинах.
6. Осадка пружин.
7. Геометрические характеристики сечений. Определение положения центра тяжести.
8. Моменты инерции. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей.
9. Изменение моментов инерции при повороте осей координат.
10. Главные оси, главные моменты инерции.

Раздел IV

1. Изгиб. Поперечная сила и изгибающий момент.
2. Дифференциальные зависимости между интенсивностью распределенной нагрузки, поперечной силой и изгибающим моментом.
3. Чистый изгиб. Нормальные напряжения при чистом изгибе.
4. Касательные напряжения при поперечном изгибе.
5. Расчет на прочность при чистом и поперечном изгибе.

6. Дифференциальное уравнение упругой линии балки.
7. Метод начальных параметров.
Раздел V
1. Энергетические методы определения углов поворота и прогибов: метод Максвелла-Мора. Способ Верещагина.
2. Расчет на жесткость при изгибе.
3. Статически неопределимые системы при изгибе.
4. Канонические уравнения метода сил.
5. Использование свойств симметрии при решении статически неопределимых систем.
Раздел VI
1. Сложное сопротивление. Общие положения.
2. Продольно-поперечный изгиб.
3. Внецентренное растяжение-сжатие Ядро сечения.
3. Изгиб с кручением.
Раздел VII
1. Устойчивость центрально сжатых гибких стержней. Общие положения.
2. Задача Эйлера.
3. Зависимость величины критической силы от условий закрепления.
4. Пределы применимости формулы Эйлера. Формула Ясинского.
5. Практические методы расчета стержней на устойчивость.
6. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы.
7. Резонанс. Динамический коэффициент.
8. Элементарная теория удара.
9. Динамический коэффициент при ударе.
10. Циклические напряжения. Коэффициент асимметрии цикла.
11. Основные характеристики усталости материала. Диаграмма Веллера.
12. Влияние конструктивных факторов на сопротивление усталости.
13. Влияние чистоты обработки поверхности на сопротивление усталости. Масштабный фактор.
14. Расчет на усталость.

Темы курсовых работ (проектов)
Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии

РГЗ 1. Расчет на прочность статически определимого бруса при растяжении и сжатии

Стальной стержень ($E = 2 \cdot 10^5$ МПа) находится под действием продольных сил F (рис. 1). Необходимо:

1. Построить эпюру продольных сил N.
2. Построить эпюру напряжений σ.
3. Подобрать диаметр поперечного сечения d стального стержня при допускаемом напряжении $[\sigma] = 160$ МПа.
4. Построить эпюру перемещений Δ, собственный вес стержня не учитывать.

Данные взять из таблицы 1.

Таблица 1

№ варианта задания	a, м	b, м	c, м	F, кН

1.	0,2	0,4	0,5	100
2.	0,3	0,2	0,6	110
3.	0,4	0,3	0,2	120

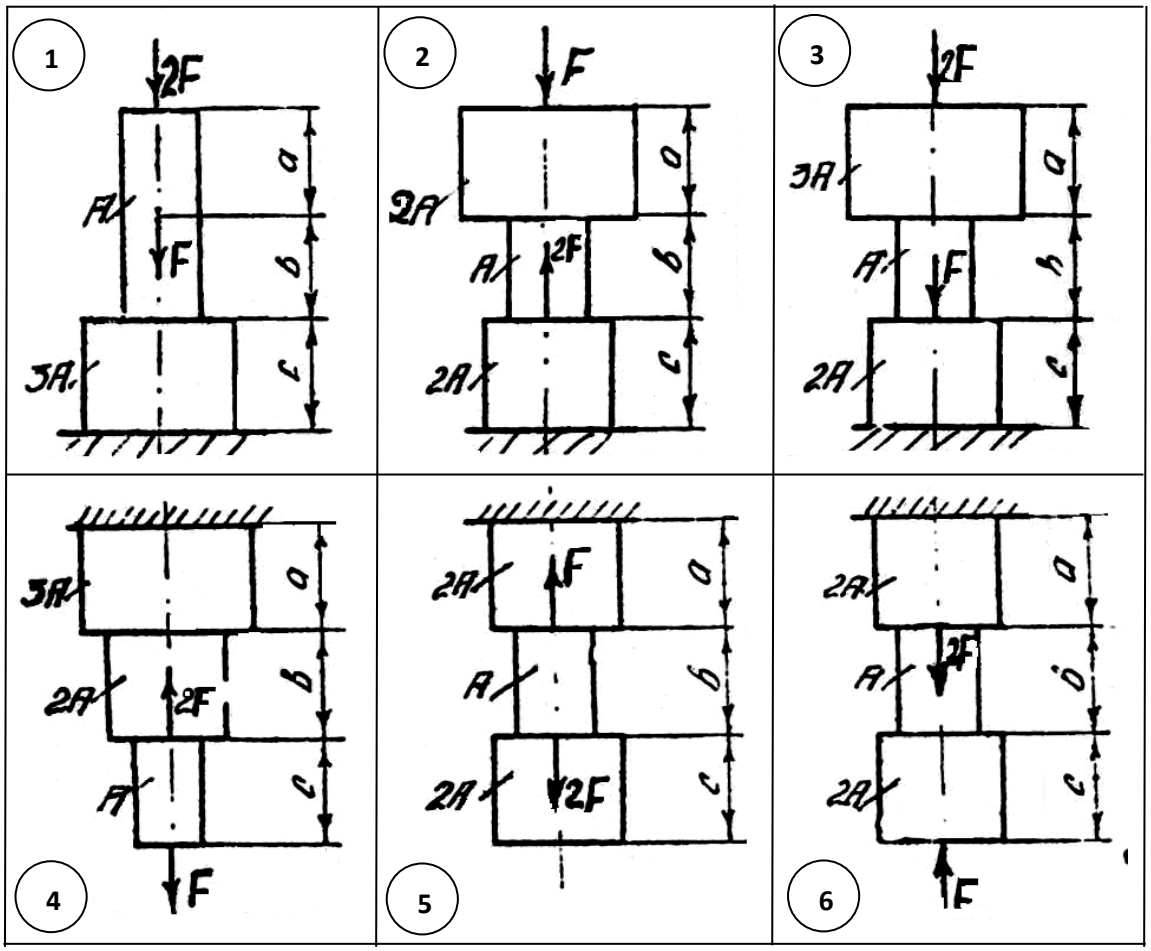
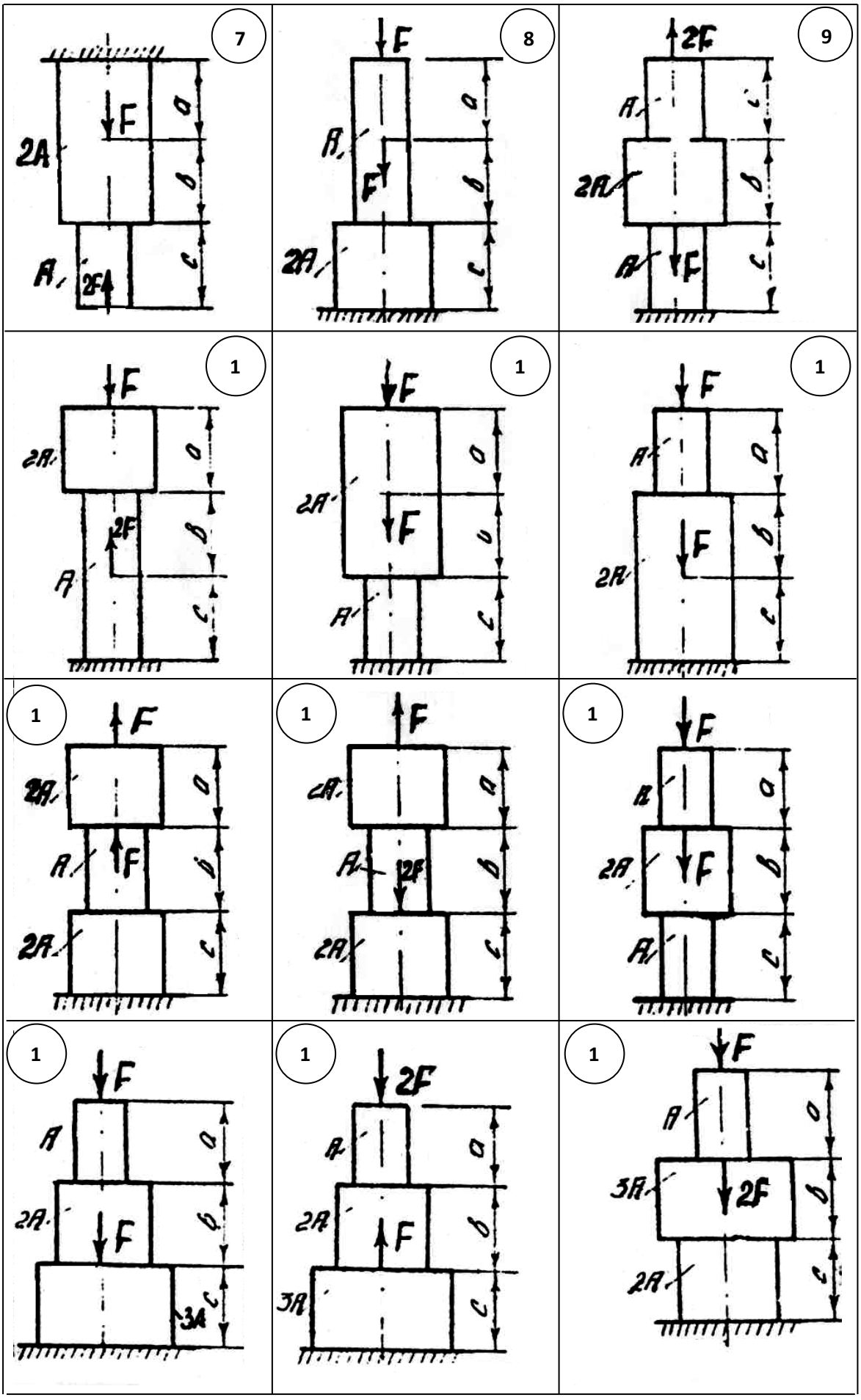


Рис. 1.



Продолжение **рис. 1.**

РГЗ 2. Расчеты на прочность нитей

Между двумя опорами, расположенными на одинаковом уровне и отстоящими одна от другой на расстоянии l, подвешивается стальной провод при температуре t_1 (рис. 2). При температуре -5 ^{0}C имеет место обледенение провода при одновременном горизонтальном давлении ветра $P_в = 24 \cdot 10^{-5}$ МПа. Удельный вес провода $\gamma_п = 7{,}85 \cdot 10^4$ Н/м^3; коэффициент линейного температурного расширения $\alpha = 125 \cdot 10^{-7}$ 1/град; модуль упругости материала провода $E = 2 \cdot 10^{-5}$ МПа; толщина обледенения $5 \cdot 10^{-3}$ м; объемный вес льда $\gamma_л = 9 \cdot 10^3$ Н/м^3. Кроме того, предусматривается, что зимой температура может понизиться до t_2 = -40 ^{0}C, но без одновременных обледенения и ветра, а летом может повыситься до t_3 = 40 ^{0}C. Какова должна быть первоначальная стрела провисания провода, чтобы при наихудших условиях напряжения в нем не превысили [σ] = 160 МПа? Исходные данные приведены в табл. 2, 3.

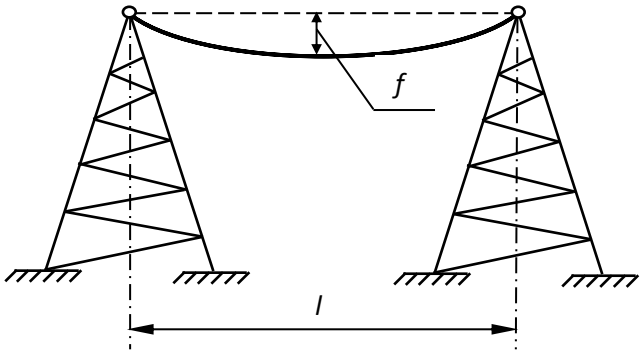


Рис. 2.

Таблица 2

№ варианта задания	Длина пролета l, м	Диаметр провода $d \cdot 10^3$, м	№ варианта задания	Длина пролета l, м	Диаметр провода $d \cdot 10^3$, м
1.	80	5	16.	110	8
2.	85	6	17.	115	9
3.	90	7	18.	120	10
4.	95	8	19.	80	9
5.	100	9	20.	85	8
6.	105	10	21.	90	7
7.	110	5	22.	95	6
8.	115	10	23.	100	5
9.	120	7	24.	105	10
10.	80	8	25.	110	10
11.	85	9	26.	115	9
12.	90	10	27.	120	8
13.	95	5	28.	80	7
14.	100	6	29.	85	6
15.	105	7	30.	90	5

Таблица 3

№ учебной группы	1	2	3	4	5
t_1, ^{0}C	15	20	25	18	22

РГЗ 3. Расчет на изгиб

1. Для заданных балок (рис. 3) построить эпюру поперечных сил Q, изгибающих моментов M, выразив все характерные ординаты через параметры a и q.

2. Для балки 2 требуется:

а) вычислить максимальное значение изгибающего момента;

б) расчетом по допускаемым напряжениям подобрать сечение стальной балки в виде двутавра, круга, квадрата, приняв: $[\sigma] = 160$ МПа, $E = 2 \cdot 10^{-5}$ МПа;

в) методом начальных параметров определить прогибы не менее, чем в трёх точках и построить эпюру перемещений (ось изогнутой балки) в параметрах a, q, EJ_x;

г) проверить жесткость балки по условию $У_{max} \le [У]$, где $У_{max}$ – максимальный расчетный прогиб, $[У] = l/500$ – допускаемый прогиб, l – параметр балки. При необходимости, исходя из условия жесткости, уточнить номер двутавра.

Исходные данные приведены в табл. 4.

Таблица 4

№ учебной группы	a, м	q, кН/м	F/qa	M/qa^2
1.	2	15	2	1
2.	1	20	2	2
3.	1,5	20	1	2
4.	1	18	2	1,5
5.	2	15	1,5	1,5

4. P
5. P

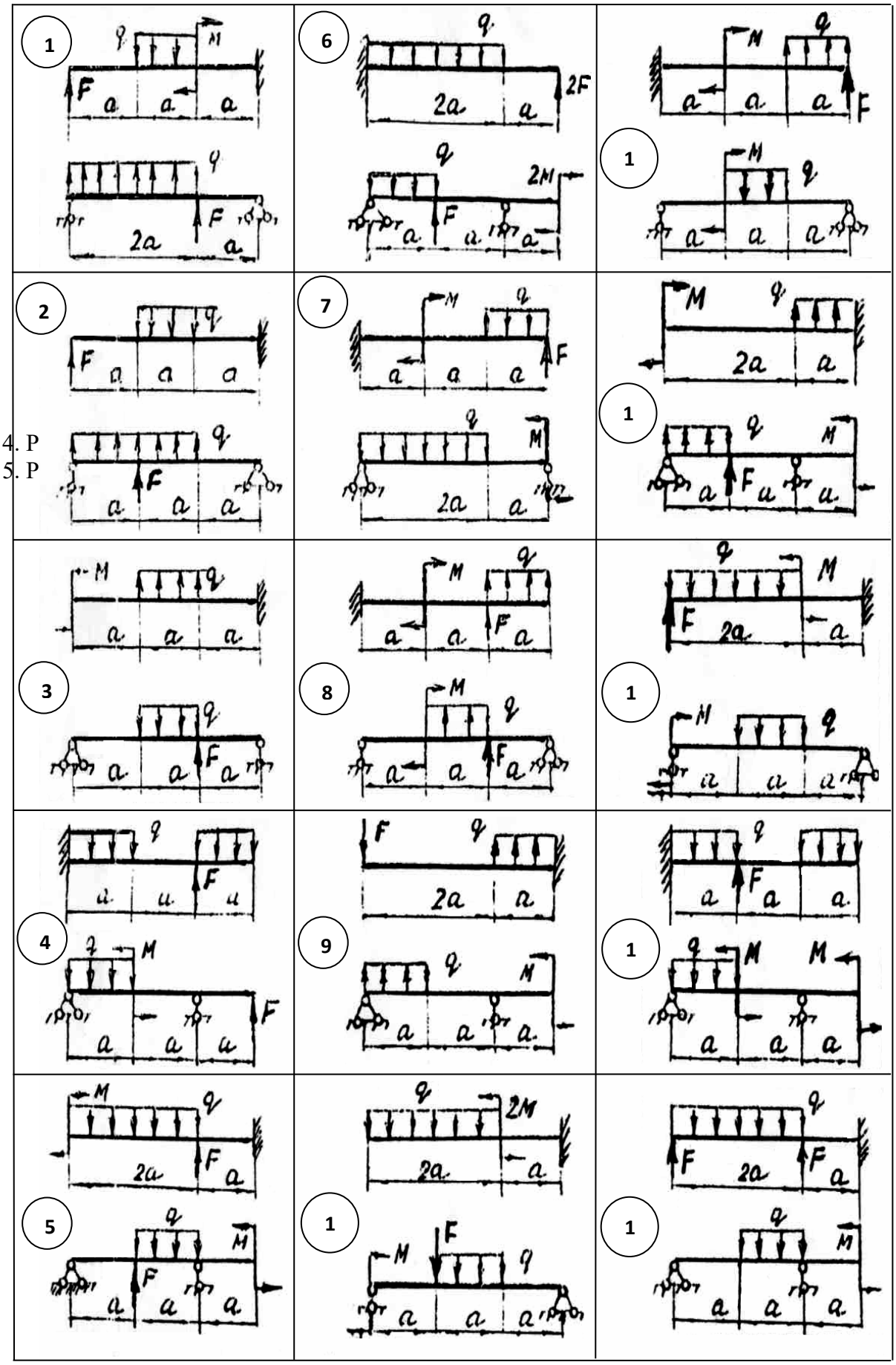

1
q
M
F
a
a
a
q
F
2a
a
6
q
2F
2a
a
q
2M
F
a
a
a
1
q
M
a
a
a
F
M
q
a
a
a
2
q
F
a
a
a
q
F
a
a
a
7
M
q
a
a
a
F
q
M
2a
a
1
M
q
2a
a
q
M
F
a
a
a
3
M
q
a
a
a
q
F
a
a
a
8
M
q
a
a
F
a
M
q
a
F
a
a
1
q
M
F
2a
a
M
q
a
a
a
4
q
F
a
a
a
q
M
F
a
a
a
9
F
q
2a
a
q
M
a
a
a
1
q
F
a
a
q
M
M
a
a
a
5
M
q
2a
F
a
q
F
M
a
a
a
1
q
2M
2a
a
M
F
q
a
a
a
1
q
F
2a
F
a
q
M
a
a
a

Рис. 3.

РГЗ 4. Геометрические характеристики плоских сечений. Определение внутренних усилий и расчет на прочность при изгибе

Задача 1. Геометрические характеристики плоских сечений

Для заданного несимметричного сечения, состоящего из стальных прокатных профилей требуется:

1. Определить положение центра тяжести всего сечения и провести через него центральные оси.
2. Найти величины осевых и центробежного моментов инерции всего сечения относительно центральных осей.
3. Установить направление главных осей инерции.
4. Вычислить значение главных моментов инерции и выполнить их проверку.

Исходные данные и варианты расчетных схем для решения задачи приведены в таблице 1 и на рис.1, а размеры стандартных профилей и геометрические характеристики даны в приложениях 1-4.

Таблица 1

№ группы	В вертикальный лист	Г горизонтальный лист	Н неравнобокий уголок	Р равнобокий уголок	Д двутавр	Ш швеллер
1	40×2,0	30×1,5	20/12,5/1,1	25/1,6	40	40
2	40×2,0	35×1,6	18/11/1,0	20/1,6	30	30
3	40×2,0	25×1,2	16/10/0,9	22/1,4	36	36
4	40×2,0	20×1,0	14/9,0/0,8	16/1,2	24	24
5	40×2,0	28×0,8	10/10/09	14/1,0	22	22
6	40×2,0	30×1,2	14/9,0/0,8	12,5/1,0	20	20
7	40×2,0	26×2,0	18/11/1,2	18/1,2	24[а]	24[а]
8	40×2,0	24×2,0	16/10/1,2	16/1,6	27	18
9	40×2,0	22×1,8	12,5/8/1,0	14/1,2	27[а]	18[а]
10	40×2,0	20×2,0	10/6,3/1,0	10/1,4	33	33

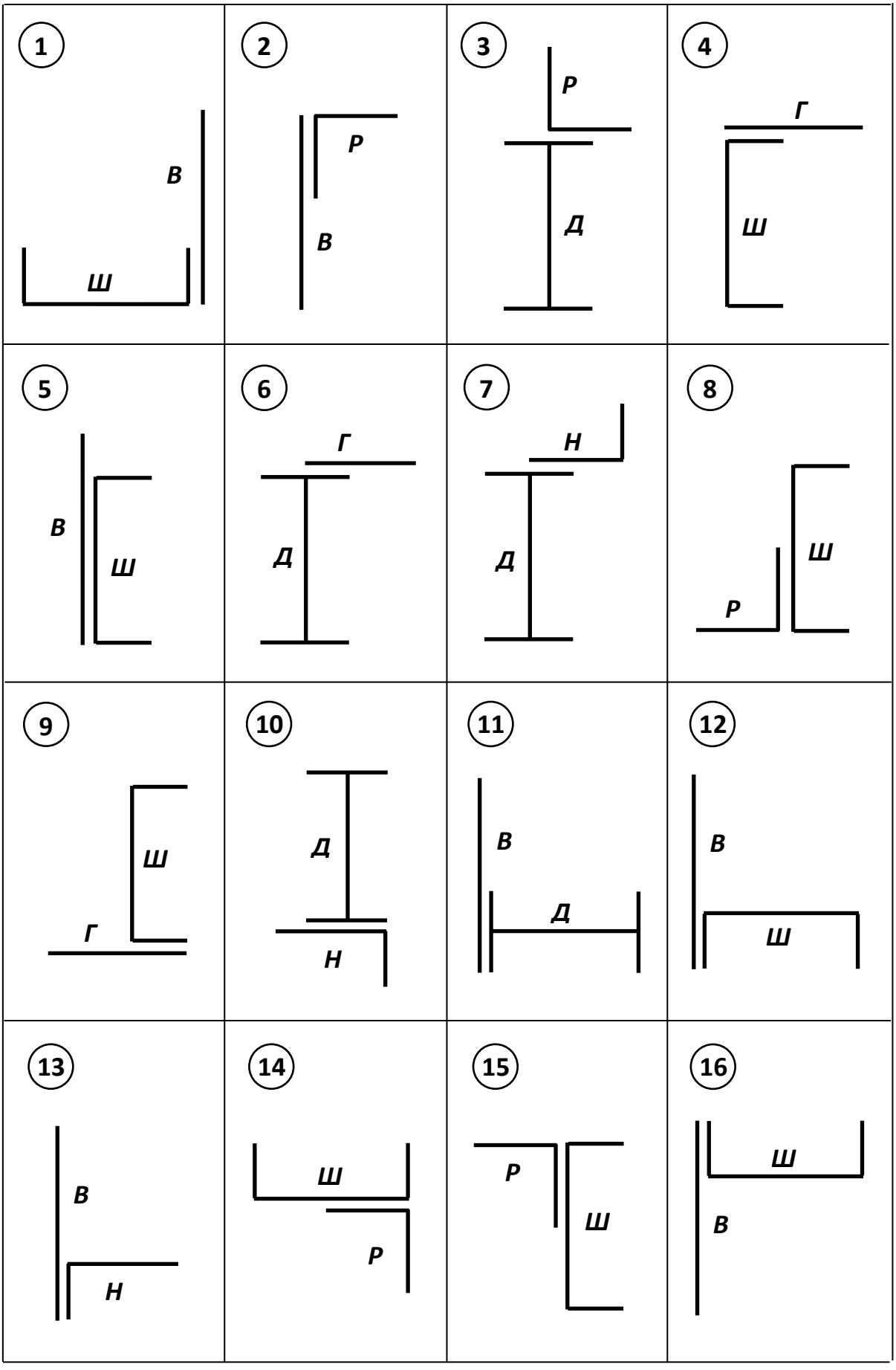
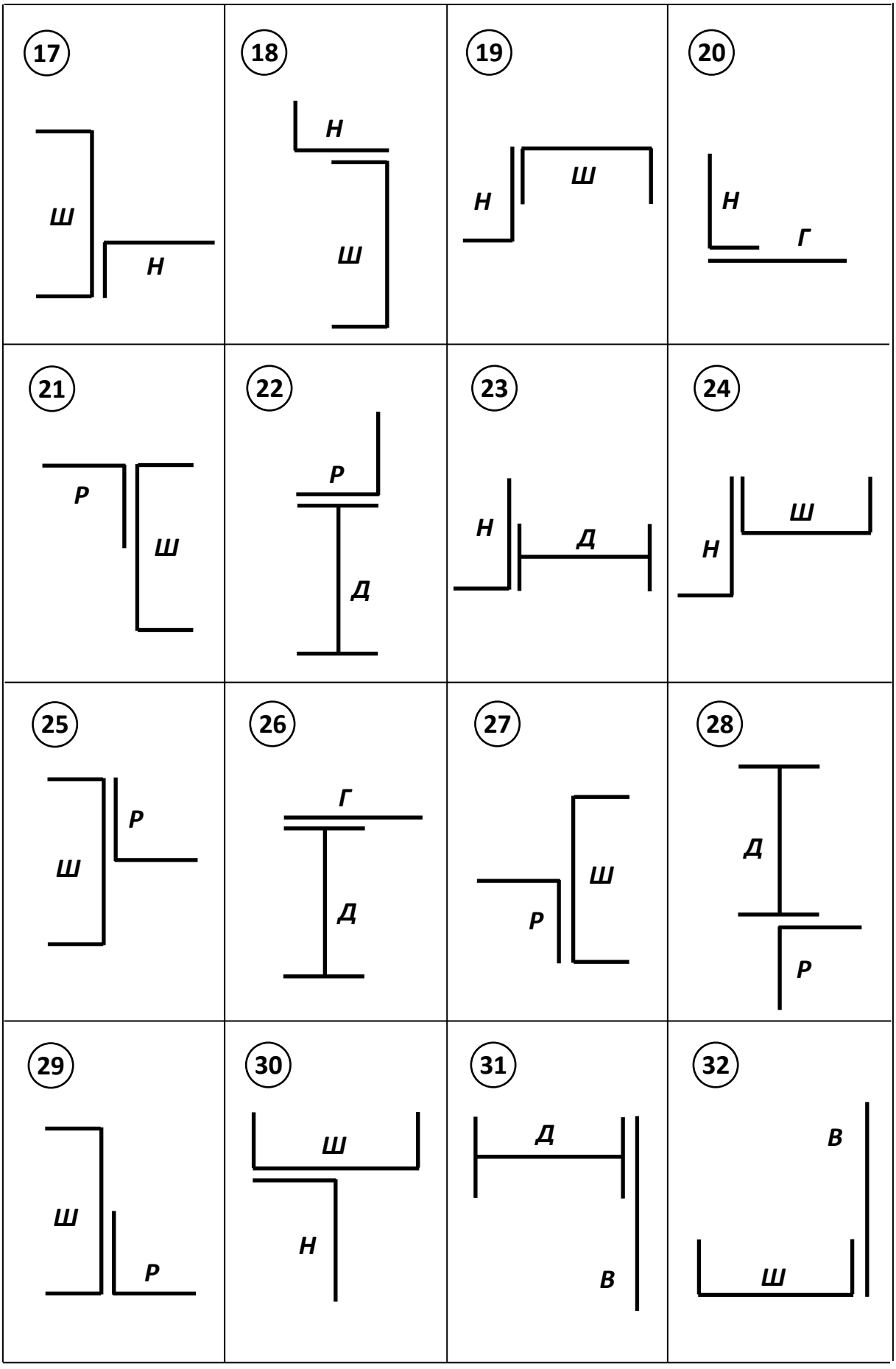


Рис. 1. Варианты расчетных схем для задачи 1.



Продолжение рис. 1. Варианты расчетных схем для задачи 1.

Задача 2 и 3. Определение внутренних усилий и расчет на прочность при изгибе

Для заданных двух схем балок, приведенных на рис. 2, 3 требуется:

1. Определить через параметры «*q*» и «*a*» опорные реакции. Составить уравнения поперечных сил «*Q*», изгибающих моментов «*M*» для каждого участка и построить их эпюры по всей длине бруса.

2. Произвести проверку построенных эпюр «*Q*» и «*M*» по известным правилам, вытекающих из дифференциальных зависимостей между внутренними усилиями при изгибе (из теорем Журавского). Указать положение опасного сечения балки.

3. Для задачи 2, исходя из условия прочности по нормальным напряжениям, подобрать необходимые размеры прямоугольного поперечного сечения деревянной балки, при заданном соотношении h/b и величине расчетного сопротивления $R = 10$ МПа.

4. Для задачи 3 из условия прочности балки по нормальным напряжениям подобрать необходимый номер стального прокатного двутавра. Расчетное сопротивление двутавра принимать равное $R = 210$ МПа.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 2, варианты расчетных схем для задачи 2 приведены на рис. 2, а для задачи 3 – на рис. 3.

Таблица 2

№ группы	$\frac{F}{qa}$	$\frac{M}{qa^2}$	К задаче 2			К задаче 3	
			q, кН/м	a(м)	$\frac{h}{b}$	q, кН/м	a (м)
1	1	2	10	2	2	20	3
2	2	1	15	1,5	1,5	30	2
3	1,5	1,5	8,0	2	2	25	2
4	2	2	20	1,5	1,5	30	2,5
5	1	1,5	15	32,5	32,5	20	2,5
6	1,5	1	25	2,5	2,5	25	3
7	1	2	15	2	2	10	3
8	1,8	1,6	10	3/2	3/2	15	3
9	1,2	1,2	20	3	3	20	2
10	1,5	2	7,5	2	2	35	1,5

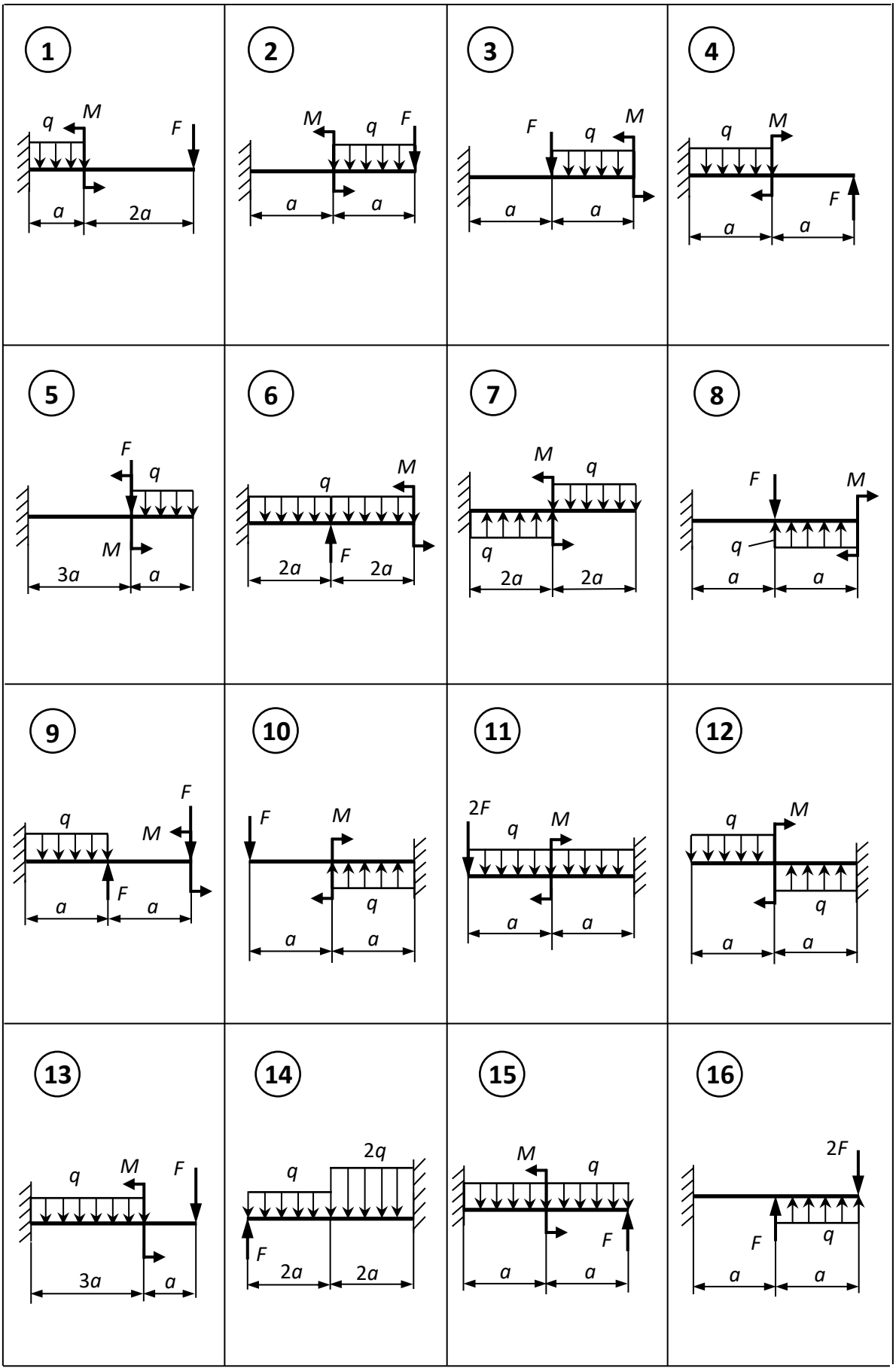
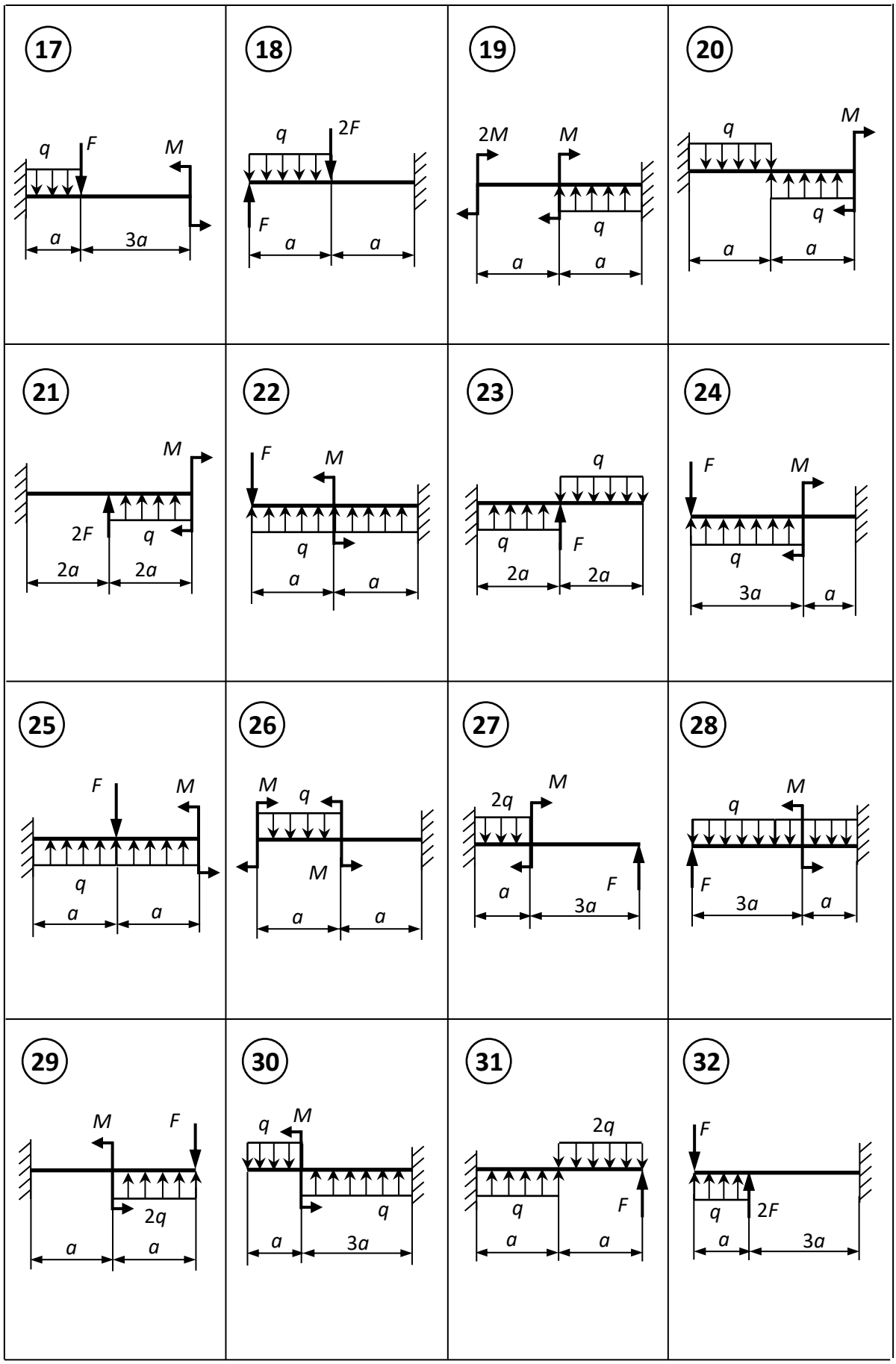


Рис. 2. Варианты расчетных схем для задачи 2.



Продолжение рис. 2. Варианты расчетных схем для задачи 2.

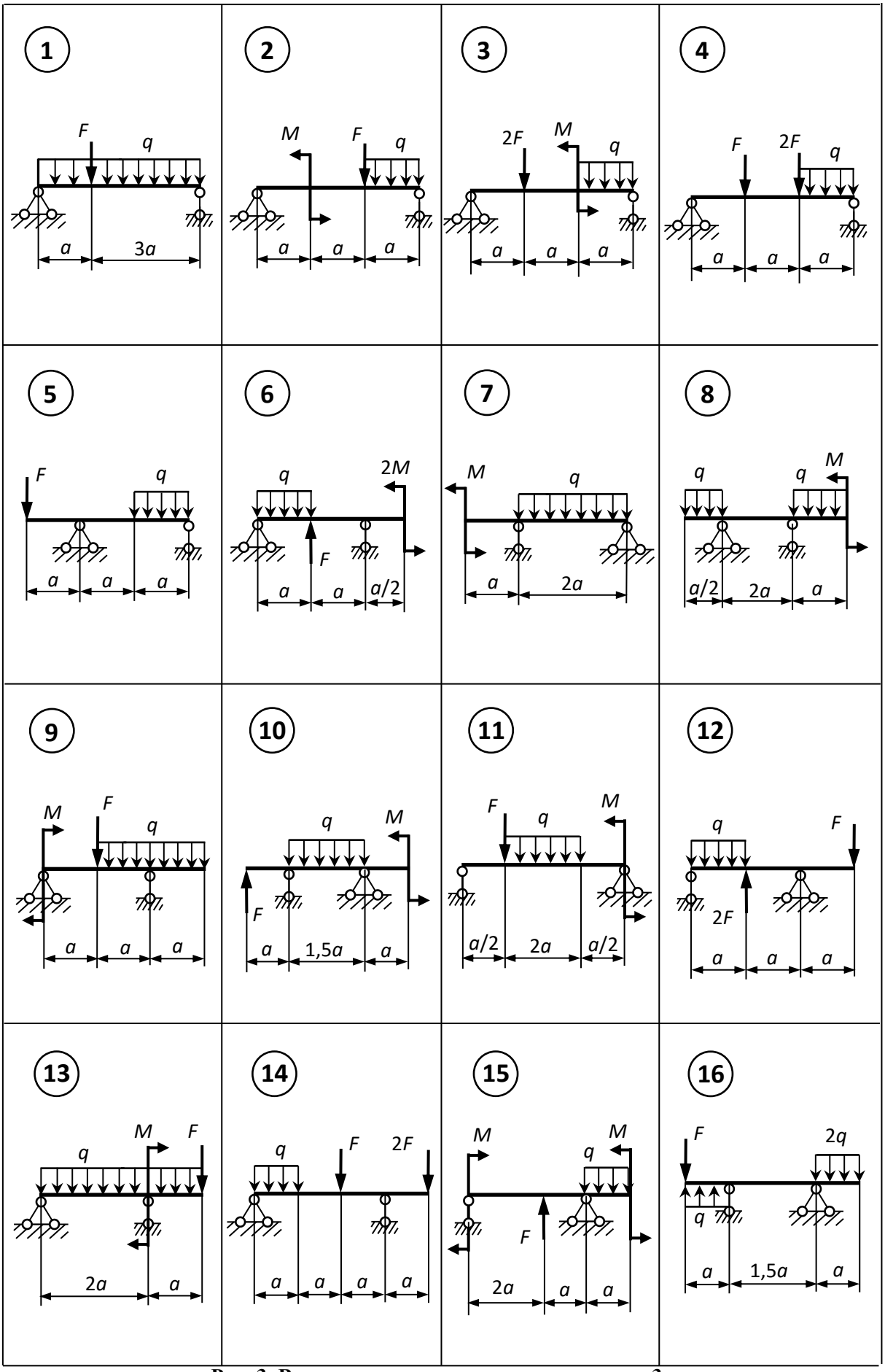
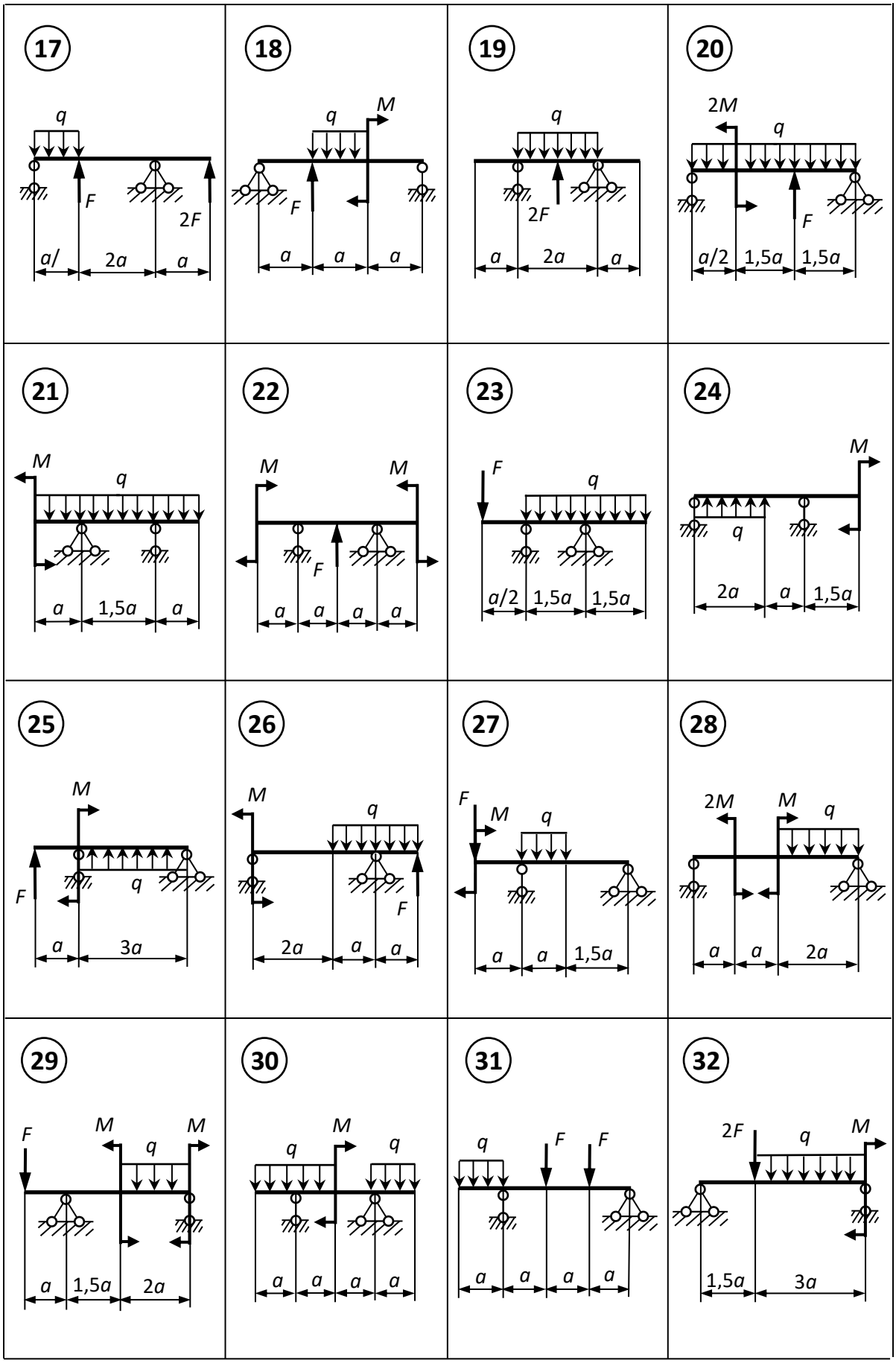


Рис. 3. Варианты расчетных схем для задачи 3.



Продолжение рис. 3. Варианты расчетных схем для задачи 3.

РГЗ 5. Определение перемещений и расчеты на жесткость при изгибе балок. Внецентренное растяжение и сжатие. Продольно-поперечный изгиб и устойчивость длинных стержней.

Задача 12

Тема: **Определение перемещений и расчет на жесткость при изгибе балок.**

Условие задачи

Для заданной балки при численных значениях нормативных нагрузок и размеров требуется:

1. Определить опорные реакции и построить эпюры Q и M.
2. Подобрать сечение балки из стального прокатного двутавра по методу предельных состояний. При определении расчетного момента принять, что половина заданной нагрузки постоянная (коэффициент надежности действия нагрузки $f_n = 1.1$), упругая половина временная нагрузка (коэффициент надежности действия нагрузки $f_{вр} = 1.4$).
3. Используя метод начальных параметров определить прогибы (линейное перемещение) «У» и угол поворота θ в характерных сечениях балки построить упругую линию (изогнутую ось) и углов поворота сечений балки (эпюры «У» и «Q».
4. Найти величину максимального прогиба и эту величину проверить двумя другими методами: с помощью интеграла Максвелла-Мора и способом Верещагина
5. По найденной величине максимального прогиба подобрать двутавровое сечение балки по второй группе предельных состояний. Полученное сечение сравнить с результатами, полученными в пункте 2 и принять окончательный номер двутавра , удовлетворяющий обе группы предельных состояний. Для принятого сечения определить разрушающий изгибающий момент из условия несущей способности балки.

Задача 13

Тема: **Внецентренное растяжение и сжатие.**

Для короткого стержня с поперечным сечением по схеме № и размерами согласно строке № , нагруженного расчетной сжимающей силой P, приложенной в точке требуется:

1. Найти центр тяжести поперечного сечения, определить величину главных моментов инерции.
2. Провести силовую линию, определив положение нулевой линии и координаты напряженных сжатых и растянутых точек сечения.
3. Определить величину расчетной сжимающей силы P при условии, чтобы наибольшее сжимающее напряжение не превосходило расчетного сопротивления $R_{сж} = 5\ МПа$, а наибольшее растягивающее напряжение не превышало $R_p = 1\ МПа$. Построить эпюру нормальных напряжений от силы P.
4. Проверить напряжение в основании столба (в месте сопряжения его с фундаментом) с учетом собственного веса. Построить эпюру напряжений от собственного веса и суммарную эпюру напряжений.

Таблица

Размеры поперечных сечений

№ строки	a, $м$	Высота столба, $м$	Объемный вес, кН/м^3
1	0,6	5,0	16,0
2	0,8	4,5	17,0
3	1,0	6,0	18,0
4	1,2	6,5	19,0
5	1,4	7,0	20,0
6	1,6	7,5	21,0

Задача – 14

Тема: **Продольно-поперечный изгиб и устойчивость длинных стержней**

Вертикальная стойка загружена осевой силой N и горизонтальной поперечной нагрузкой. Схема стойки и опорные закрепления показаны на рисунке. Размеры стойки, значения нормативных вертикальных и горизонтальных нагрузок приведены в табл.

В каждой трети высоты стойки имеются жесткие связи, препятствующие перемещению точек из плоскости конструкции.

Для заданной стойки требуется:

1. Подобрать сечение из стального двутавра или двух рядом стоящих швеллеров по методу предельных состояний. При определении расчетной нагрузки принять, что 1/3 нормативной осевой силы является постоянной нагрузкой (коэффициент надежности $\gamma_{f1}=1.1$), 2/3 осевой силы временная нагрузка (коэффициент надежности $\gamma_{f2}=1.4$). Вся горизонтальная нагрузка является временной ($\gamma_{f2}=1.4$). При расчете на продольный изгиб из плоскости за расчетную длину принимать расстояние между связями $l_1=l/3$.
2. Рассчитать стойку на продольно-поперечный изгиб и проверить напряжение в наиболее опасном сечении с учетом продольной и поперечной нагрузок. Если подобранное в п.1 сечение не удовлетворяет требованиям прочности, то изменить его таким образом, чтобы удовлетворялось условие $\sigma \le R$.

Прогиб стойки в опасном сечении от поперечной нагрузки (v_0) определяется любым методом.

Расстояние между швеллерами определяется из условия равноустойчивости относительно главных центральных осей инерции сечения. В расчетах принимать $R=210 МПа$. Данные приведены в таблице 10.

Таблица 10

№ групп	№№ по списку группы	l, м	N^H, kH	$q^H, kH/м$	p^H, kH
1	1-12	6,0	350	4	6
	13-24	6,3	300	5	7
	25-36	6,6	400	5	10
2	1-12	5,7	450	4	8
	13-24	4,8	350	3	10
	25-36	6,3	250	4	12
3	1-12	5,7	480	6	10
	13-24	6,0	650	4	15
	25-36	6,3	450	6	12
4	1-12	4,8	600	7	18
	13-24	7,2	350	5	12
	25-36	6,6	400	4	20
5	1-12	5,7	250	5	12
	13-24	4,8	650	6	8
	25-36	5,4	500	7	6
6	1-12	6,3	350	4	12
	13-24	5,7	300	5	8
	25-36	4,8	500	6	10

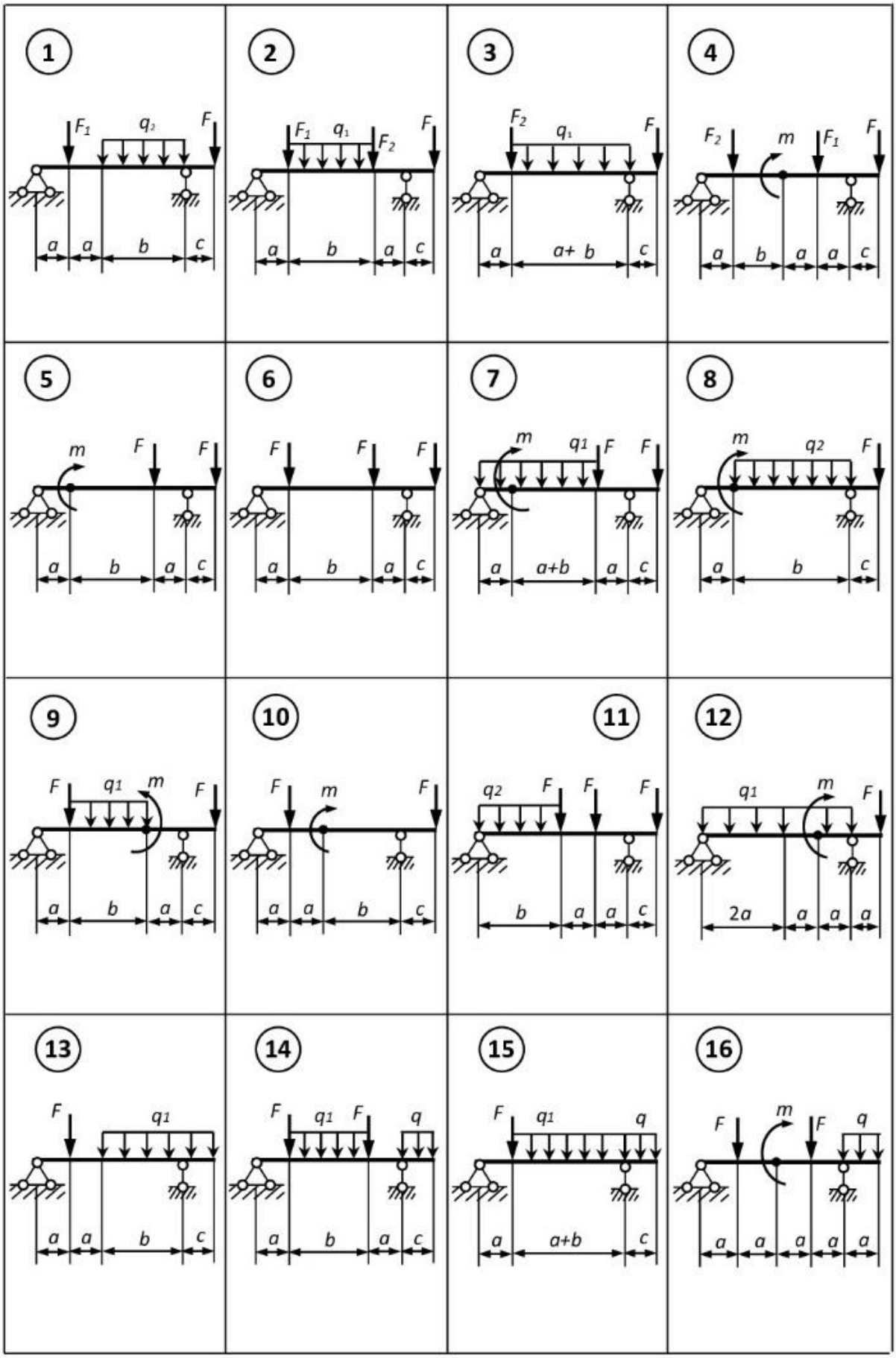

1
F1 q2 F
a a b c
2
F1 q1 F2 F
a b a c
3
F2 q1 F
a a+ b c
4
F2 m F1 F
a b a a c
5
m F F
a b a c
6
F F F
a b a c
7
m q1 F F
a a+b a c
8
m q2 F
a b c
9
F q1 m F
a b a c
10
F m F
a a b c
11
q2 F F F
b a a c
12
q1 m F
2a a a a
13
F q1
a a b c
14
F q1 F q
a b a c
15
F q1 q
a a+b c
16
F m F q
a a a a a

Рисунок 19.

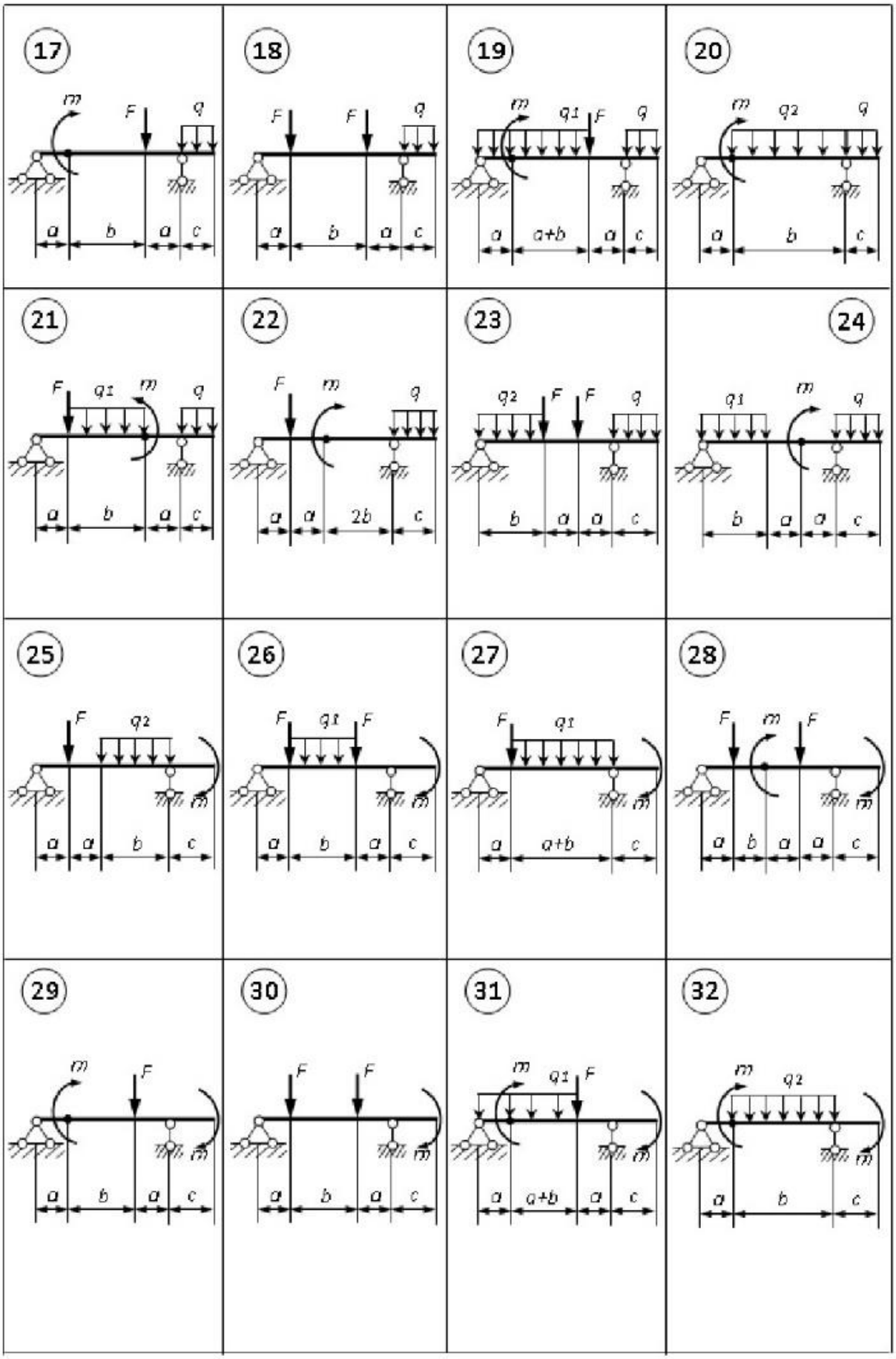

17
m
F
q
a
b
a
c
18
F
F
q
a
b
a
c
19
m
q1
F
q
a
a+b
a
c
20
m
q2
q
a
b
c
21
F
q1
m
q
a
b
a
c
22
F
m
q
a
a
2b
c
23
q2
F
F
q
b
a
a
c
24
q1
m
q
b
a
a
c
25
F
q2
a
a
b
c
26
F
q1
F
a
b
a
c
27
F
q1
a
a+b
c
28
F
m
F
a
b
a
a
c
29
m
F
a
b
a
c
30
F
F
a
b
a
c
31
m
q1
F
a
a+b
a
c
32
m
q2
a
b
c

Рисунок 20

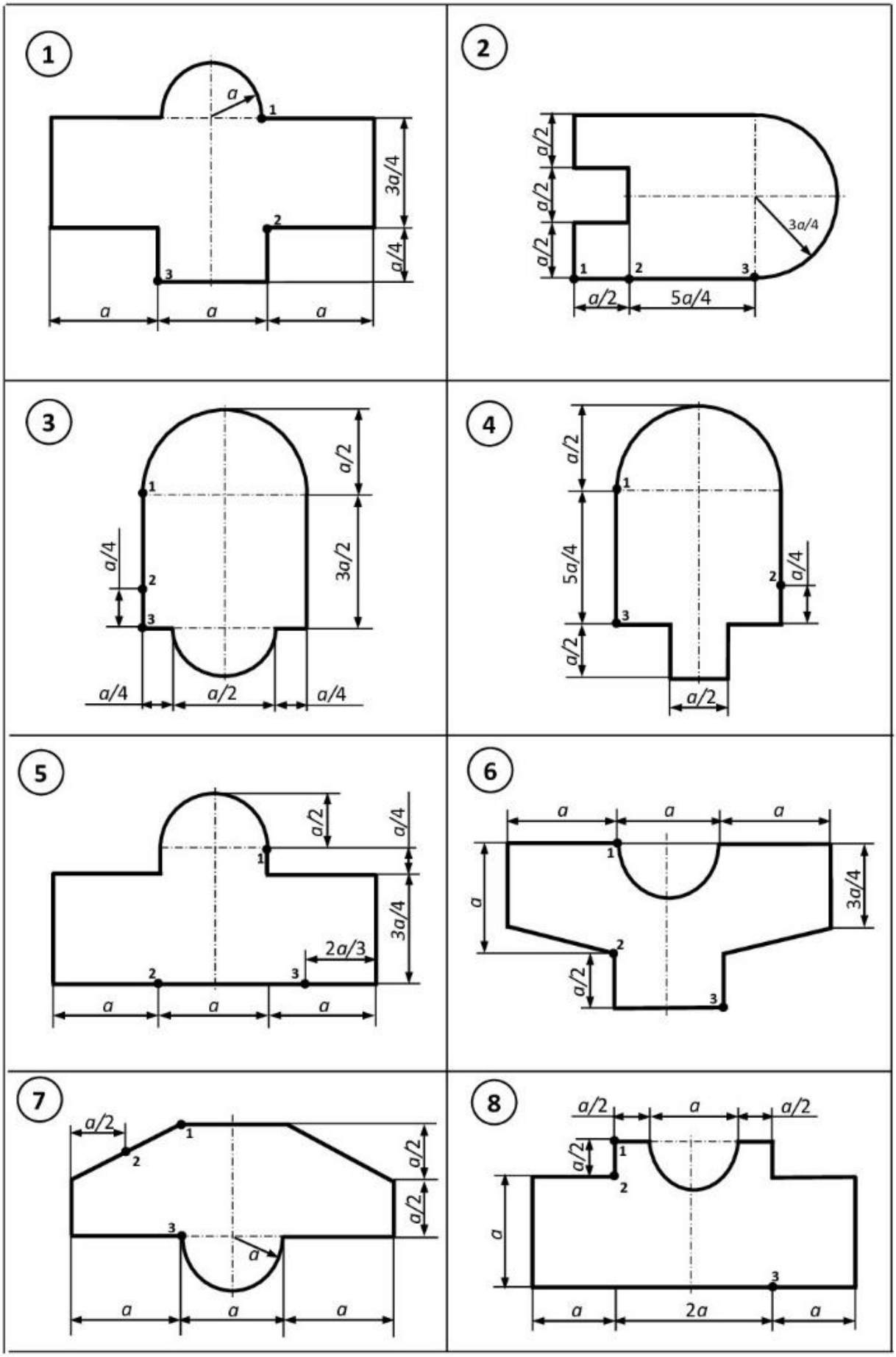

1
a
1
2
3
3a/4
a/4
a
a
a
2
a/2
a/2
a/2
3a/4
1
2
3
a/2
5a/4
3
a/2
1
3a/2
2
a/4
3
a/4
a/2
a/4
4
a/2
1
5a/4
2
a/4
3
a/2
a/2
5
a/2
a/4
1
3a/4
2a/3
2
3
a
a
a
6
a
a
a
1
a
3a/4
2
a/2
3
7
a/2
1
2
a/2
a/2
3
a
a
a
a
8
a/2
a
a/2
a/2
1
2
a
3
a
2a
a

Рисунок 21

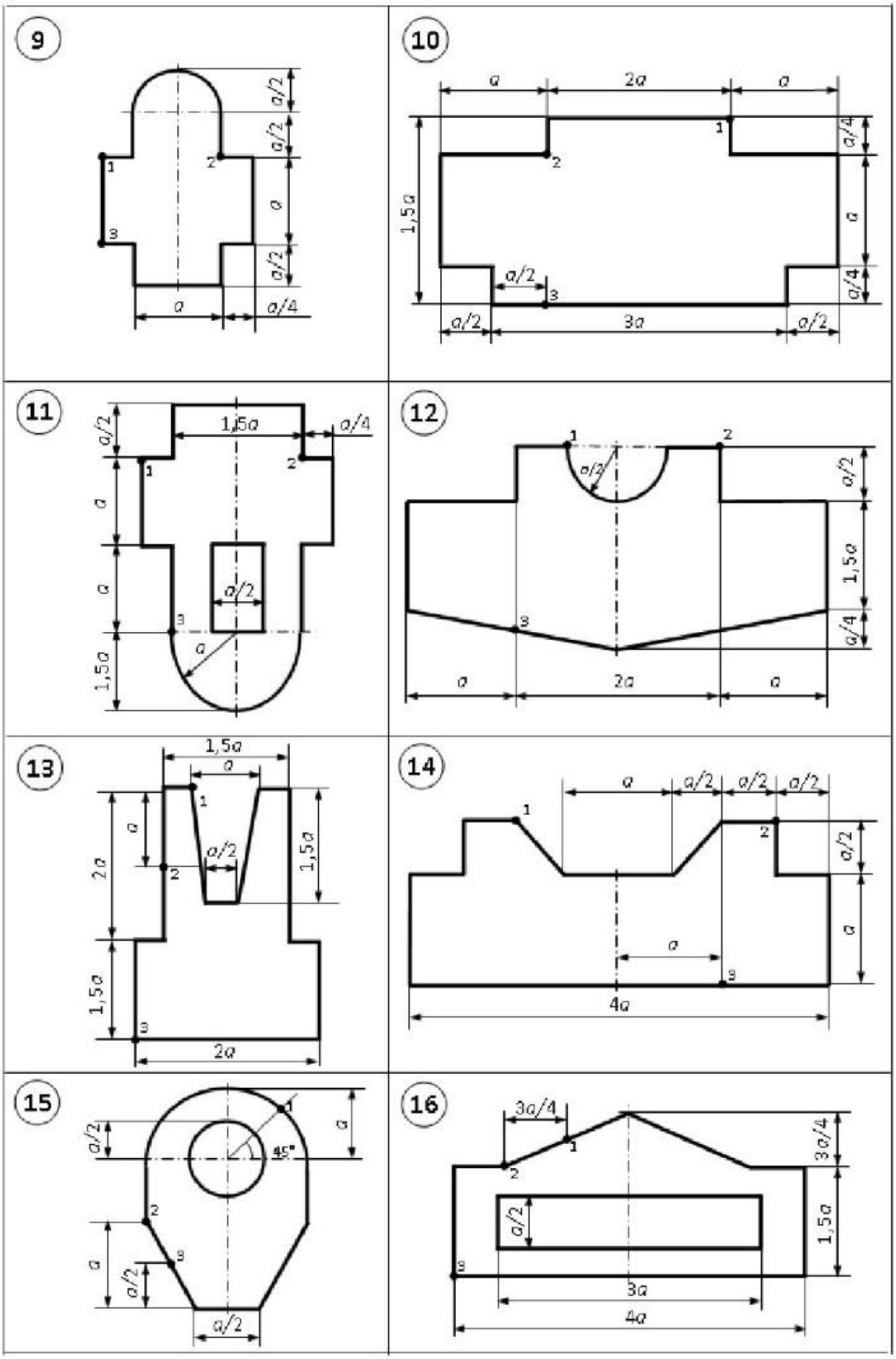

9
a/2
a/2
a
a/2
a
a/4
10
a
2a
a
1,5a
a/4
a
a/4
a/2
3a
a/2
11
a/2
1,5a
a/4
a
a
a/2
a
1,5a
12
a/2
a/2
1,5a
a/4
a
2a
a
13
1,5a
a
a
a/2
2a
1,5a
1,5a
2a
14
a
a/2
a/2
a/2
a/2
a
a
4a
15
a/2
a
45°
a
a/2
a/2
16
3a/4
3a/4
a/2
1,5a
3a
4a

Рисунок 22

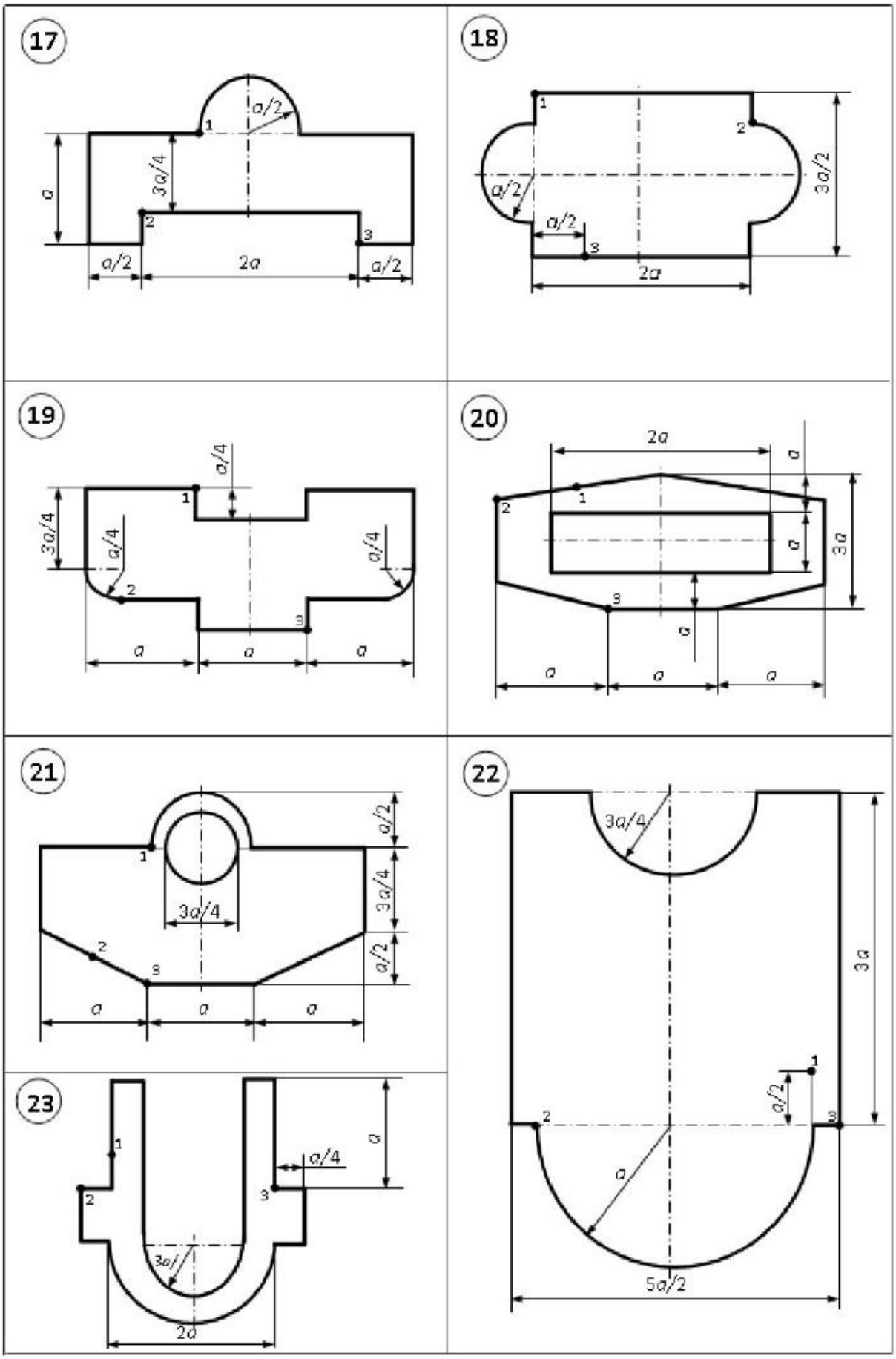

17
a/2
1
3a/4
a
2
3
a/2
2a
a/2
18
1
2
3a/2
a/2
a/2
3
2a
19
a/4
1
3a/4
a/4
a/4
2
3
a
a
a
20
2a
a
1
2
a
3a
3
a
a
a
a
21
a/2
1
3a/4
3a/4
2
3
a/2
a
a
a
22
3a/4
3a
1
a/2
2
3
a
5a/2
23
1
a/4
a
2
3
3a/
2a

Рисунок 23

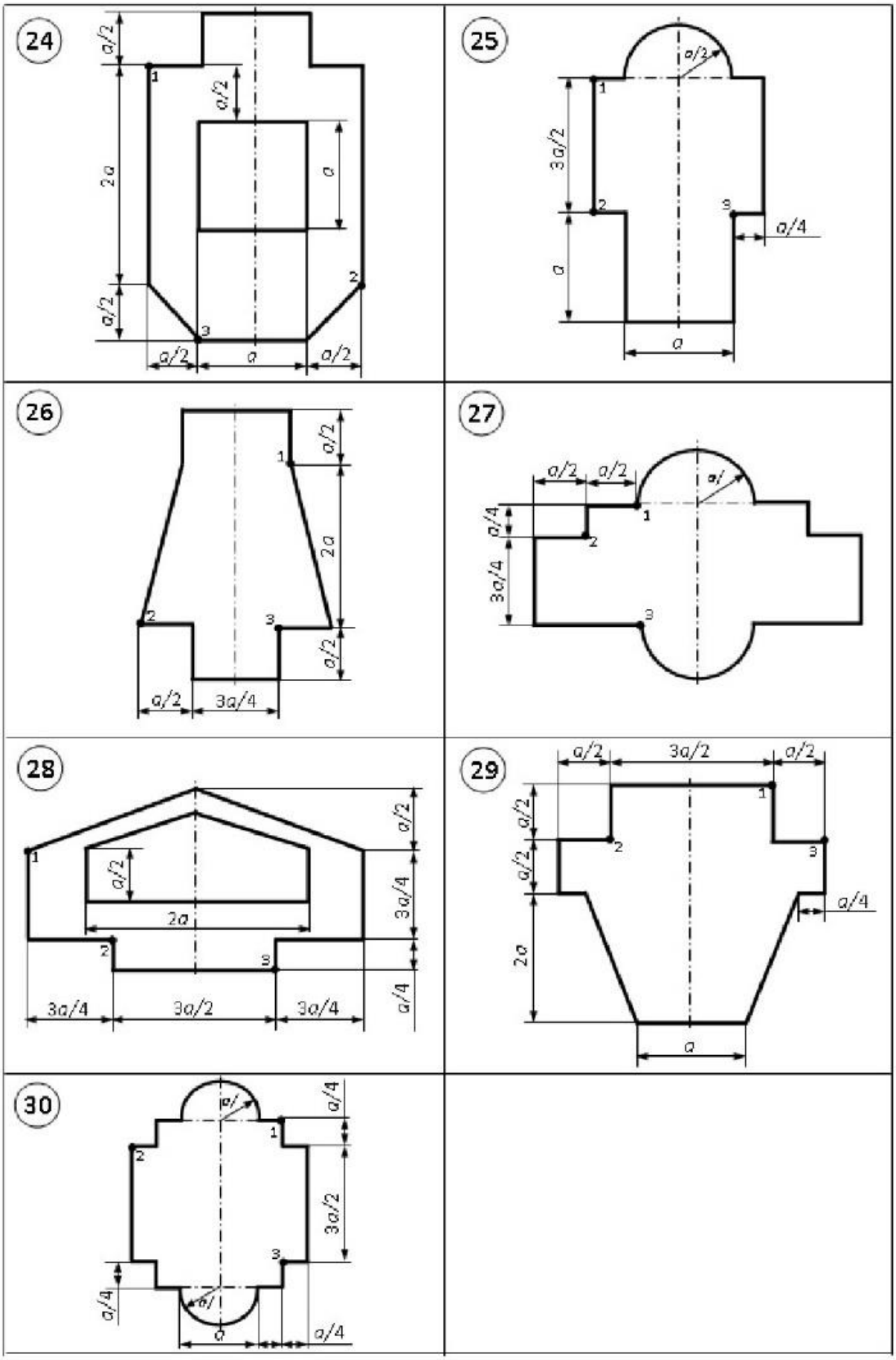

24
a/2
a/2
2a
a
a/2
a/2
a
a/2
1
2
3
25
a/2
3a/2
a
a/4
a
1
2
3
26
a/2
2a
a/2
a/2
3a/4
1
2
3
27
a/2
a/2
a/
a/4
3a/4
1
2
3
28
a/2
a/2
2a
3a/4
a/4
3a/4
3a/2
3a/4
1
2
3
29
a/2
3a/2
a/2
a/2
a/2
a/4
2a
a
1
2
3
30
a/
a/4
3a/2
a/4
a/
a
a/4
1
2
3

Рисунок 24

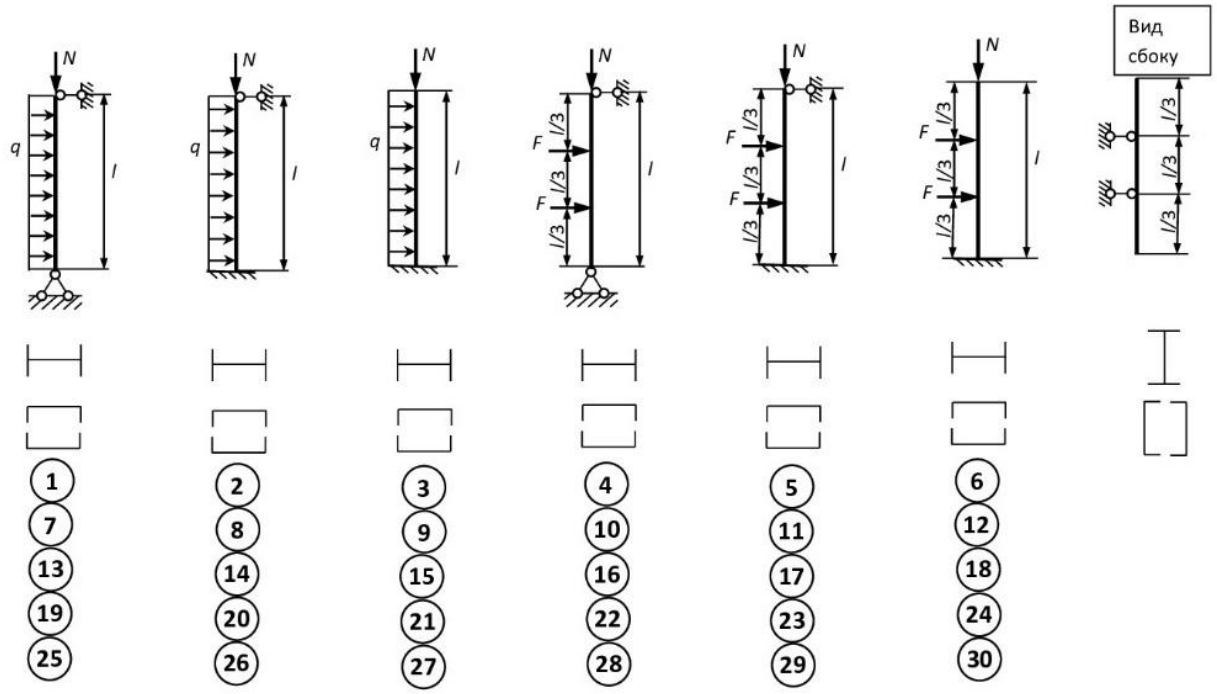

N
q
l
F
l/3
Вид сбоку
1
7
13
19
25
2
8
14
20
26
3
9
15
21
27
4
10
16
22
28
5
11
17
23
29
6
12
18
24
30

Рисунок 25