

Задание по расчетно-графической работе № 2

Определение усилий, напряжений и деформаций в стержнях, работающих на центральное растяжение и сжатие.

Задача №1

Для статически определимого стержня ступенчато постоянного сечения по схеме № _____ (рис.2.1) при осевых нагрузках и геометрических размерах по строке № _____ таблицы 2.1 требуется:

- определить опорную реакцию в месте закрепления стержня;
- вычислить значения продольных сил и нормальных напряжений в характерных сечениях и построить эпюры этих величин;
- найти величины абсолютных удлинений (укорочений) участков стержня и величину общего удлинения (укорочения) всего стержня в целом;
- определить значения осевых перемещений характерных сечений и построить эпюру осевых перемещений.

Таблица 2.1

№ п/п	a , м	F , см ²	P , кН	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	E , кН/см ²
1	0,6	12	8	10	24	$2,0 \cdot 10^4$
2	0,8	14	10	12	22	$0,75 \cdot 10^4$
3	1,0	16	12	14	20	$1,1 \cdot 10^4$
4	1,2	18	14	16	18	$2,0 \cdot 10^4$
5	1,4	20	16	18	16	$0,75 \cdot 10^4$
6	1,6	22	18	20	14	$1,1 \cdot 10^4$
7	1,8	24	20	22	12	$2,0 \cdot 10^4$
8	2,0	26	22	24	10	$0,75 \cdot 10^4$
9	0,6	28	9	24	8	$1,1 \cdot 10^4$
10	0,8	30	11	10	20	$2,0 \cdot 10^4$
11	1,0	32	13	12	18	$0,75 \cdot 10^4$
12	1,2	24	15	14	16	$1,1 \cdot 10^4$
13	1,4	26	17	16	14	$2,0 \cdot 10^4$
14	1,6	28	19	18	12	$0,75 \cdot 10^4$
15	1,8	30	21	20	10	$1,1 \cdot 10^4$
16	2,0	32	23	22	8	$2,0 \cdot 10^4$

Задача №2

Для статически неопределимого стержня ступенчато постоянного сечения по схеме № _____ (рис.2.2) при заданных геометрических размерах по строке № _____ таблицы 2.2 требуется:

- раскрыть статическую неопределимость и построить эпюры продольных сил, нормальных напряжений и осевых перемещений;
- определить величину силы P из условий прочности по методу допускаемых напряжений, приняв допускаемые напряжения материала стержня при растяжении и сжатии равными $[\sigma_p] = 80 \text{ МПа} = 8 \text{ кН/см}^2$ и $[\sigma_c] = 150 \text{ МПа} = 15 \text{ кН/см}^2$.

Факультативно:

- выполнить расчет стержня на совместное действие принятой нагрузки и тепловое воздействие при нагреве стержня на величину $\Delta T = 20^\circ$. Построить эпюры N , σ и u . В расчетах принять коэффициент линейного температурного расширения $\alpha = 1,25 \cdot 10^{-5}$ 1/град и $E = 1,6 \cdot 10^4$ кН/см²;
- выполнить расчет стержня на действие принятой нагрузки при наличии зазора между нижним концом стержня и опорой, равного $\delta = 0,4\Delta l_p$. Построить эпюры N , σ и u .

Таблица 2.2

№ п/п Парам.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
a , см	20	30	40	50	40	30	50	20	30	40	50	40	30	50	20	30
b , см	30	40	50	40	30	20	20	40	50	50	30	30	40	30	30	50
F , см ²	10	12	14	16	10	12	14	16	10	12	14	16	10	12	14	16

Задача №3

Для статически неопределимой стержневой системы, состоящей из абсолютно жесткой балки AB и поддерживающих её стальных стержней 1 и 2 по схеме № ____ (рис.2.3) при геометрических размерах, соотношениях площадей поперечных сечений стержней F_2/F_1 и величине нормативной нагрузки P , указанных в строке № ____ таблицы 2.3, требуется:

- определить расчетное значение нагрузки, приняв коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,2$;
- определить усилия в стержнях (собственную массу элементов стержневой системы не учитывать);
- подобрать сечения стержней в виде двух стальных прокатных равнополочных уголков, используя метод расчета по предельным состояниям. При подборе сечений обеспечить выполнение заданного соотношения площадей F_2/F_1 . Расчетное сопротивление материала принять равным $R = 210$ МПа = 21 кН/см², коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$;
- определить величины нормальных напряжений в поперечных сечениях стержней и проверить выполнение условий прочности;
- определить величины удлинений стержней, приняв $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа = 2,1 · 10⁴ кН/см²;
- определить разрушающую (предельную) нагрузку $P_{пред}$, при действии которой система полностью исчерпает свою несущую способность. Считать, что деформация материала стержней следует диаграмме Прандтля и принять предел текучести равным $\sigma_T = 240$ МПа = 24 кН/см².

Факультативно:

- определить усилия и напряжения в стержнях в ненагруженном состоянии после осадки опоры на величину $\delta = 0,3$ см;

- определить усилия и напряжения в стержнях при монтаже системы, вызванные тем, что стержень 1 ошибочно изготовлен короче своей проектной длины на величину, равную $\delta = 1 \cdot 10^{-3} l_1$;
- определить величины остаточных усилий, напряжений и удлинений при полной разгрузке системы после нагружения её силой $P = 0,5(P_T + P_{\text{пред}})$, где P_T – сила, вызывающая появление напряжений текучести в более нагруженном стержне. Построить график зависимости перемещения точки приложения силы от её величины при нагружке и разгрузке.

Таблица 2.3

№ п/п	a , м	b , м	h , м	F_2/F_1	P , кН
1	0,9	1,2	0,7	1,0	420
2	1,0	1,4	0,8	1,2	440
3	1,1	1,6	0,9	1,4	460
4	1,2	1,8	1,0	1,6	480
5	1,3	2,0	1,1	1,8	500
6	1,4	1,2	1,2	2,0	520
7	1,5	1,4	1,3	1,1	540
8	1,6	1,6	1,4	1,3	560
9	0,9	1,8	0,8	1,5	580
10	1,0	2,0	0,9	1,7	420
11	1,1	1,2	1,0	1,9	440
12	1,2	1,4	1,1	1,2	460
13	1,3	1,6	1,2	1,4	480
14	1,4	1,8	1,3	1,5	500
15	1,5	2,0	1,4	1,6	520
16	1,6	0,8	0,7	1,7	540

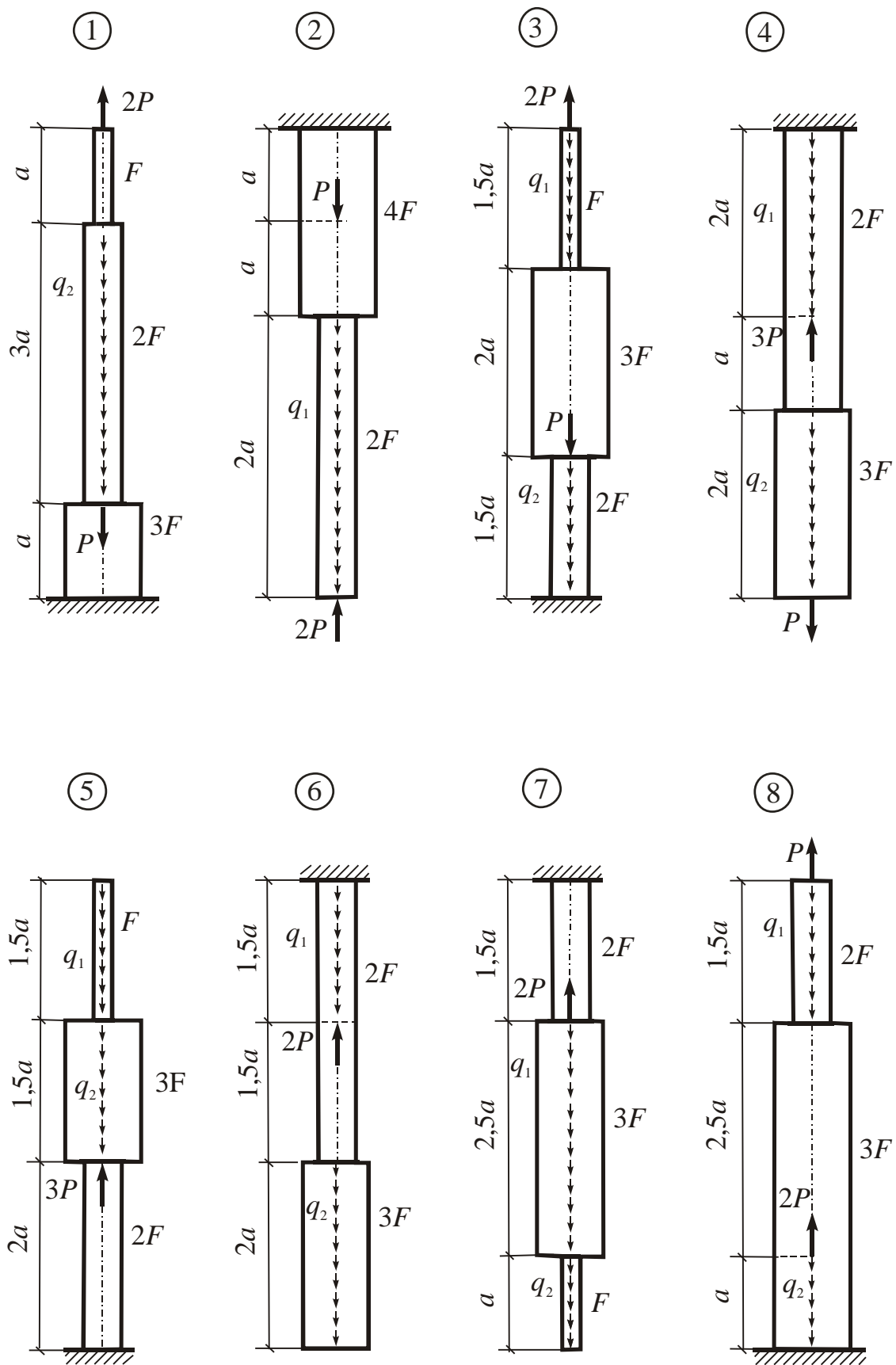


Рис. 2.1 (Схемы стержней для задачи №1)

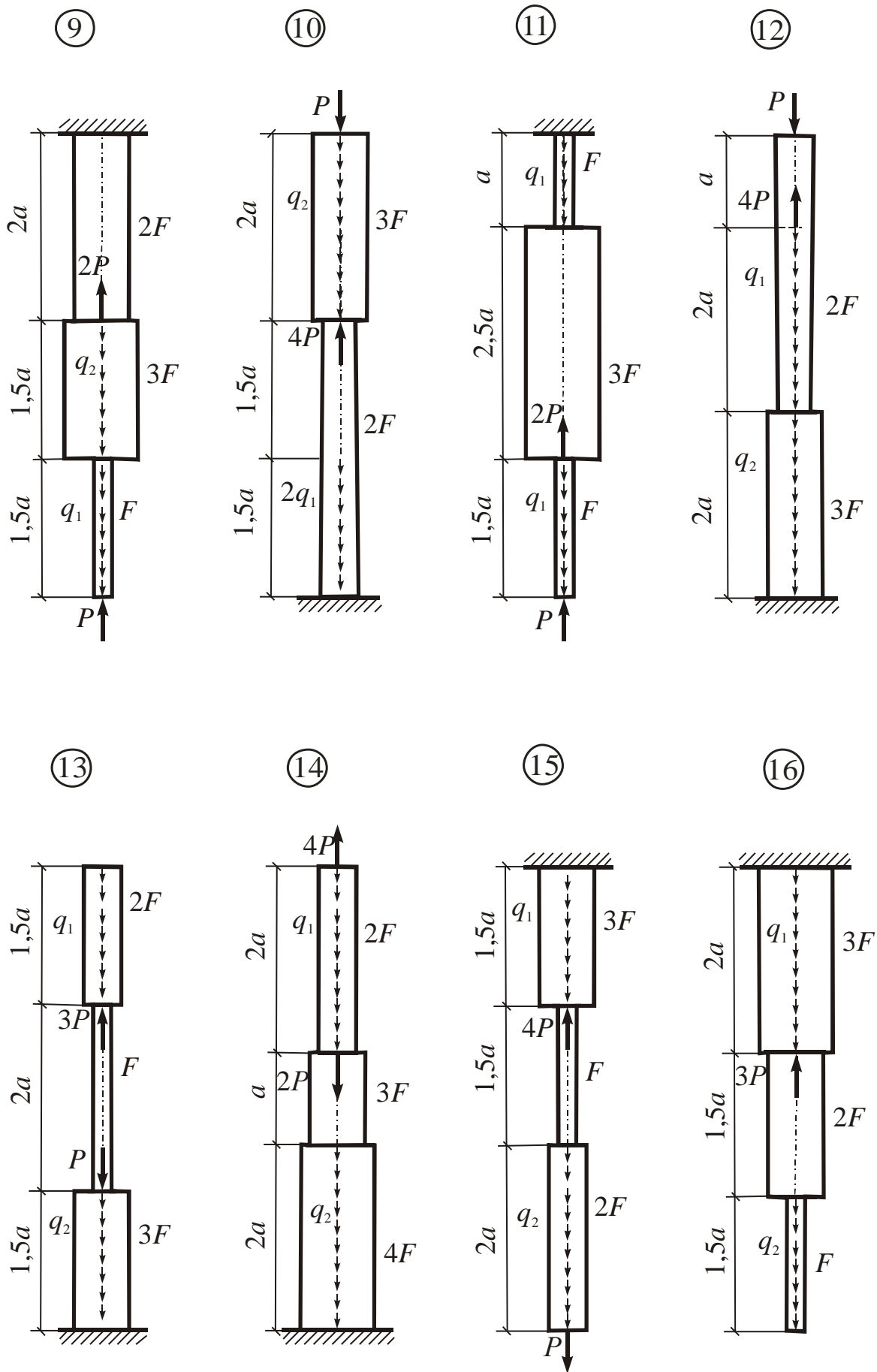


Рис. 2.1 (Продолжение)

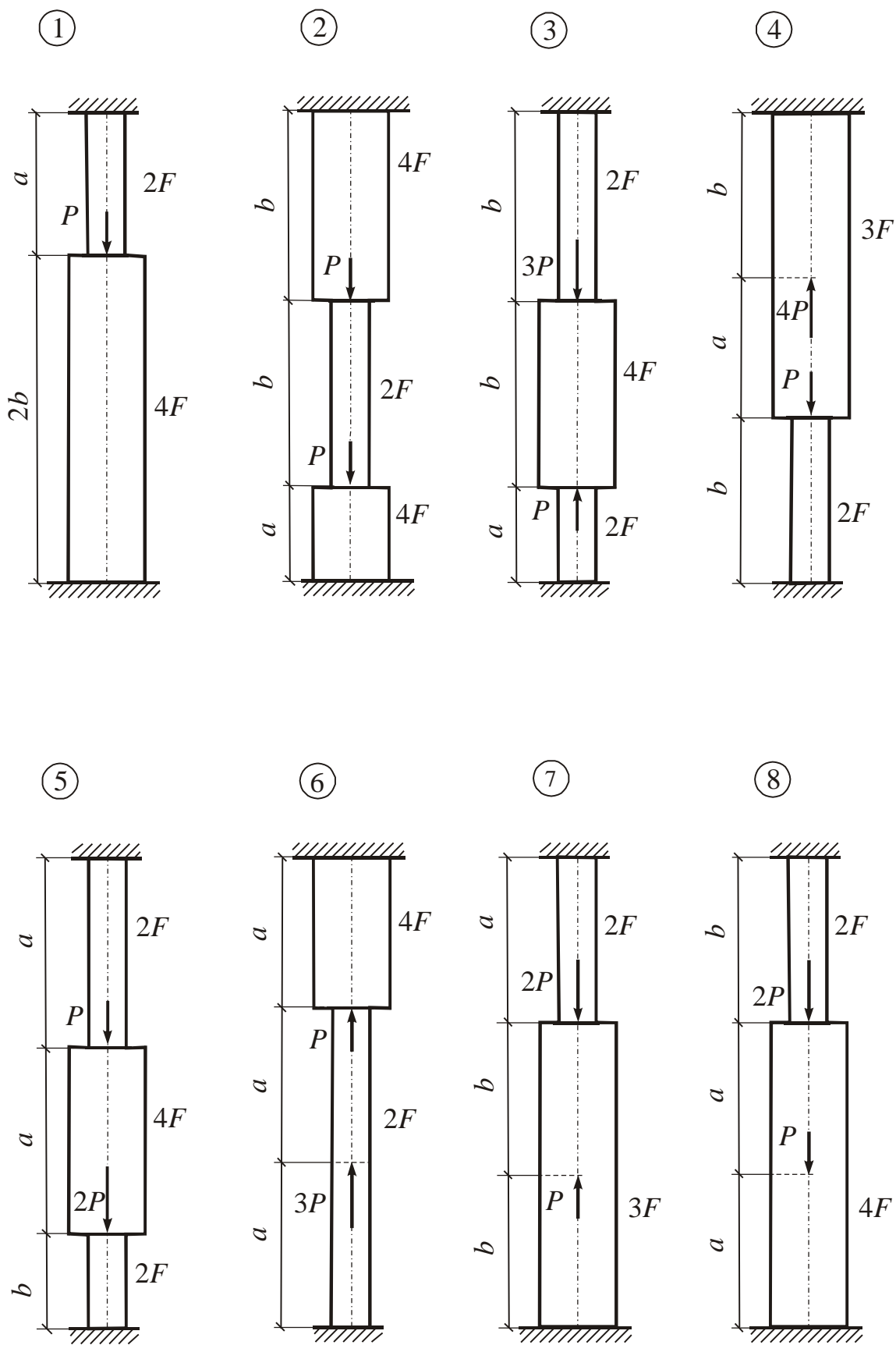


Рис. 2.2 (Схемы статически неопределимых стержней для задачи №2)

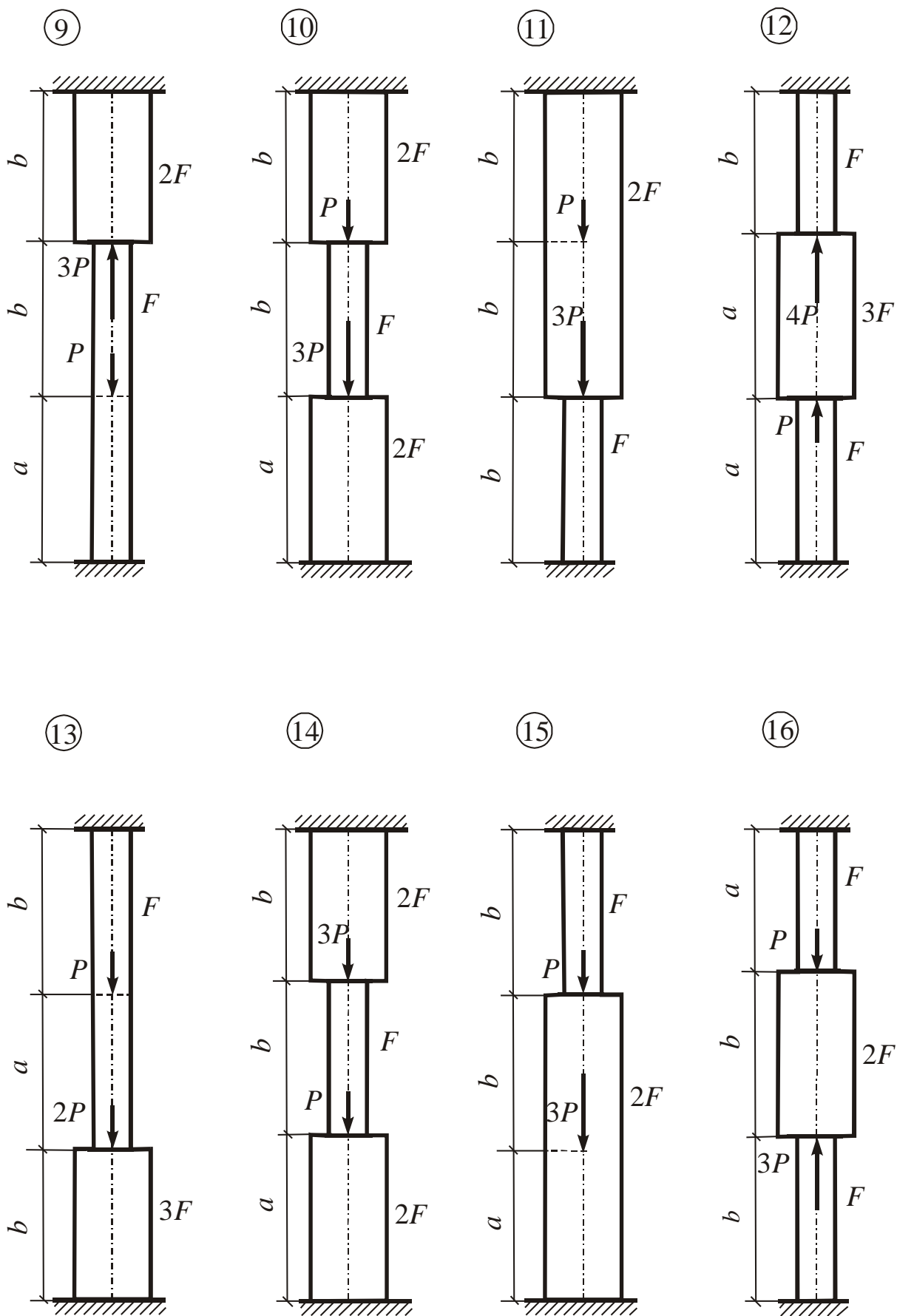


Рис. 2.2 (Продолжение)

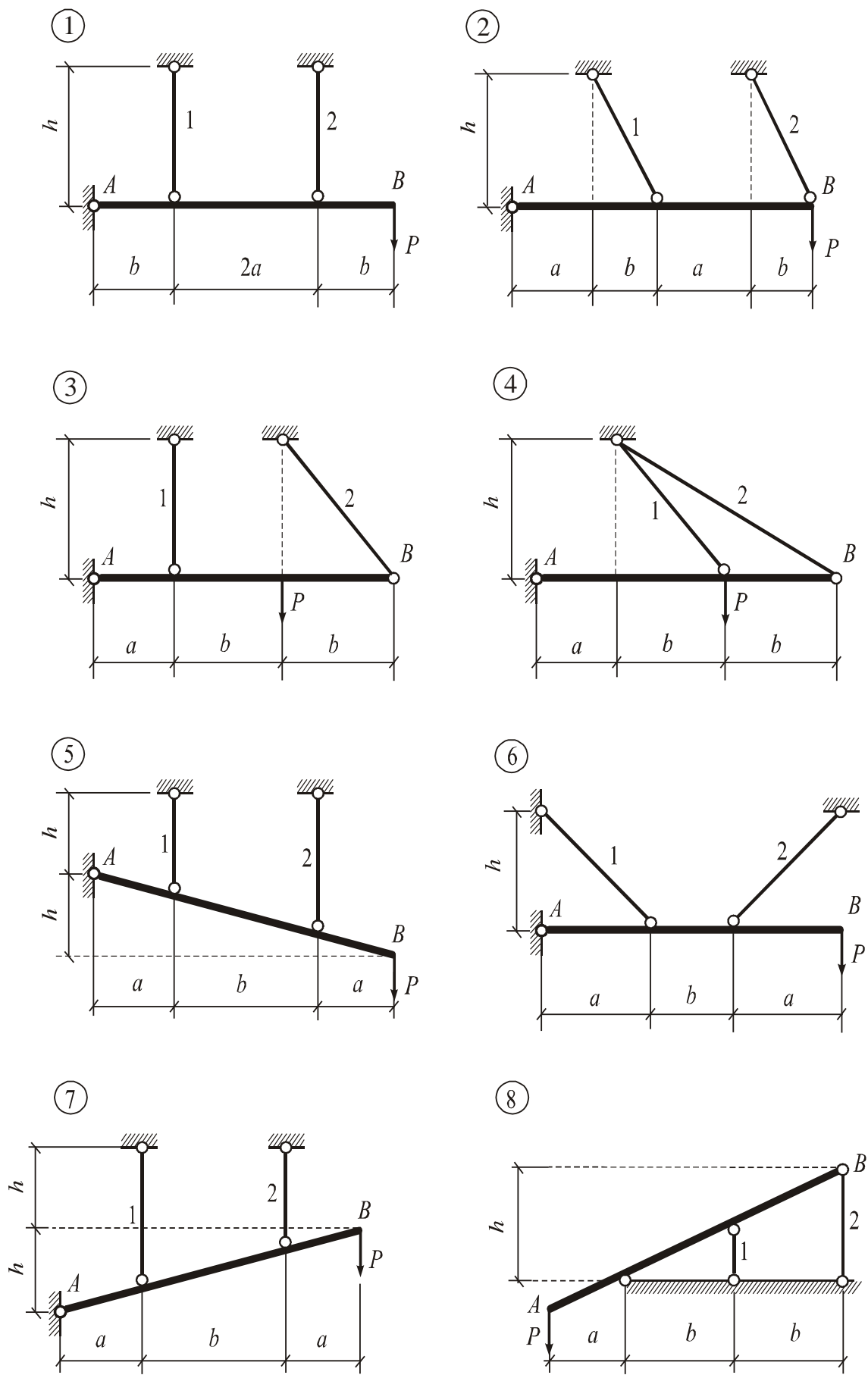


Рис. 2.3 (Схемы стержневых систем для задачи №3)

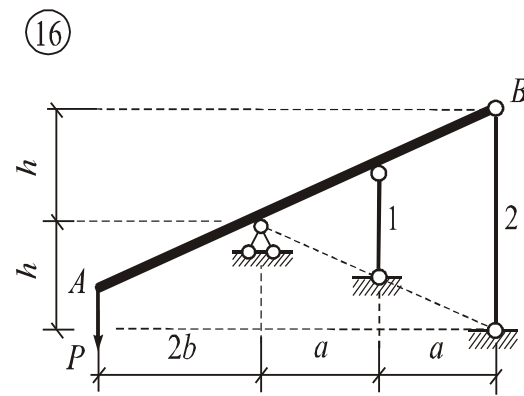
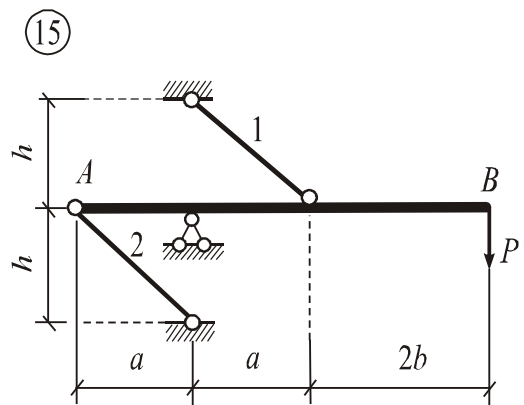
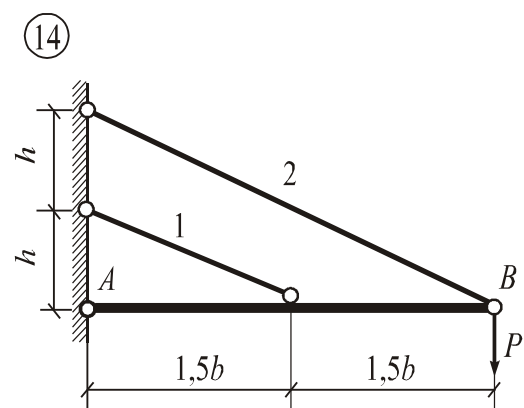
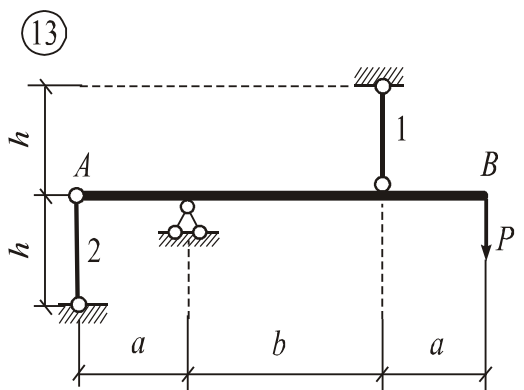
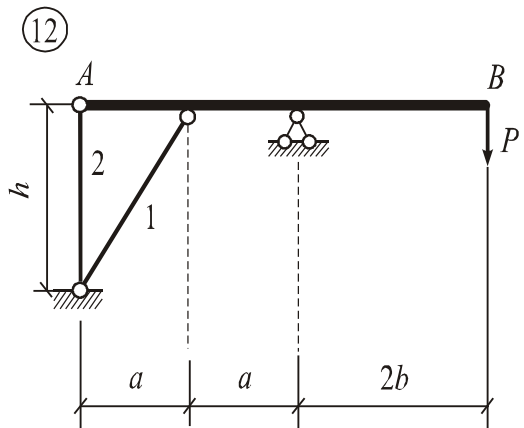
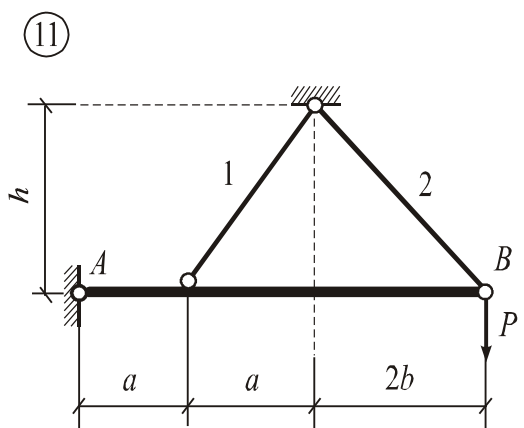
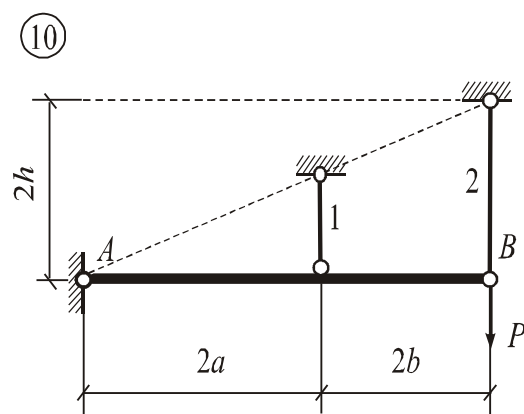
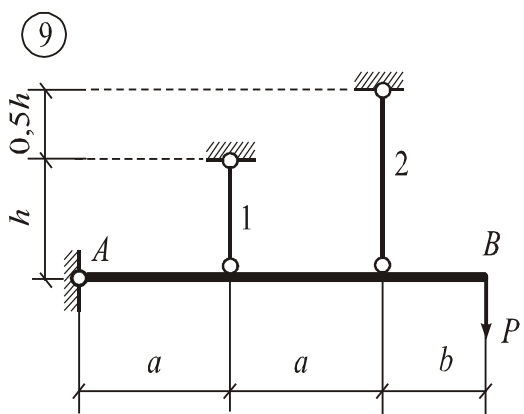


Рис. 2.3 (Продолжение)

Контрольные вопросы

1. Что такое центральное растяжение и сжатие стержня?
2. Как определяются продольные усилия и нормальные напряжения в стержне?
3. Как вычислить абсолютные удлинения (укорочения) и осевые перемещения поперечных сечений стержня?
4. Объясните принцип локального эффекта Сен-Венана.
5. Перечислите основные механические характеристики материалов.
6. Каким соотношением связаны между собой продольные и поперечные деформации?
7. Назовите методы расчета конструкций на прочность. Что такое допускаемое напряжение и расчетное сопротивление?
8. Какие коэффициенты используются при расчете на прочность по методу предельных состояний?
9. Что такое жесткость стержня при растяжении и сжатии и какова ее размерность?
10. Какие задачи называются статически неопределимыми? Назовите особенности решения статически неопределимых задач.
11. Как определить несущую способность системы исходя из условий прочности?
12. Как определяется разрушающая (предельная) нагрузка для стержневой системы в пластической стадии работы материала при его деформировании согласно диаграмме Прандтля.