

Задание по расчетно-графической работе № 4

Определение напряжений в балках при изгибе.

Расчет на прочность.

Задача №1

Произвести расчет прокатной двутавровой балки на прочность по методу предельных состояний, нагруженной по схеме № _____ (рис.4.1), при числовых значениях размеров балки и нагрузок по строке № _____ таблицы 4.1.

Материал балки – малоуглеродистая сталь марки ВСт.3. Расчётные сопротивления при растяжении и сжатии $R = 210 \text{ МПа} = 21 \text{ кН/см}^2$, при сдвиге – $R_s = 130 \text{ МПа} = 13 \text{ кН/см}^2$. Предел текучести $\sigma_T = 230 \text{ МПа} = 23 \text{ кН/см}^2$. Коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$. В таблице 4.1 приведены нормативные значения нагрузок. Коэффициент надёжности по нагрузке $\gamma_f = 1,2$. Требуется:

- подобрать сечение балки, используя условие прочности по методу предельных состояний;
- для сечения балки, в котором действует наибольший изгибающий момент, построить эпюру нормальных напряжений и проверить выполнение условия прочности по нормальным напряжениям;
- для сечения, в котором действует наибольшая поперечная сила, построить эпюру касательных напряжений в стенке двутавра и проверить выполнение условия прочности на сдвиг;
- для сечения балки, в котором M_z и Q_y имеют одновременно наибольшие или достаточно большие значения, найти величины главных напряжений и положение главных площадок в точках стенки на уровне её сопряжения с полкой и на уровне нейтральной оси;
- произвести расчёт балки с учётом пластических деформаций, считая, что деформация материала следует диаграмме Прандтля. Определить величину предельного (разрушающего) момента $M_{\text{пред}}$, соответствующего образованию в опасном сечении балки пластического шарнира, и построить соответствующую эпюру σ_x . Определить коэффициент запаса, соответствующий расчёту по предельной нагрузке, $n = M_{\text{пред}}/M_{\text{нб}}$, где $M_{\text{нб}}$ – наибольший изгибающий момент от действия нормативных нагрузок.

Таблица 4.1

№ п/п	a, м	b, м	c, м	P_1 , кН	P_2 , кН	q_1 , кН/м	q_2 , кН/м	M, кНм
1	3,0	2,0	1,0	26	20	20	12	30
2	2,0	2,1	1,2	30	20	20	10	40
3	3,0	2,2	2,0	40	30	30	20	40
4	2,4	1,6	1,0	30	20	20	10	20
5	2,0	2,6	1,4	32	24	15	20	36
6	2,6	3,0	1,2	36	32	18	25	25
7	2,4	2,8	1,0	24	30	20	18	40
8	3,0	2,4	1,4	30	24	18	20	32
9	3,0	2,8	1,6	35	35	25	25	40
10	3,2	3,0	1,6	40	30	30	16	42
11	3,4	2,8	1,8	42	36	18	18	48
12	2,8	3,0	2,0	45	40	20	20	50

Факультативно:

- определить величину изгибающего момента M_T , при действии которого в опасном сечении балки нормальные напряжения в полках являются постоянными и равными пределу текучести σ_T . Поперечные сечения полок и стенки приближенно считаются прямоугольными.
- определить остаточные нормальные напряжения в опасном сечении балки при полной её разгрузке.

Задача №2

Произвести расчет стальной составной балки (схема № ____ рис.4.2) указанного сечения (схема № ____ рис.4.4) на прочность по методу предельных состояний, используя данные таблицы 4.2 (строка № ____).

Материал балки – малоуглеродистая сталь марки ВСт.3, расчётное сопротивление при растяжении и сжатии $R = 210 \text{ МПа} = 21 \text{ кН/см}^2$. Коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$.

Требуется:

- определить момент инерции сечения балки относительно нейтральной оси и моменты сопротивления сечения;
- определить несущую способность (грузоподъёмность) балки, т.е. величины расчётных нагрузок, при которых наибольшие напряжения в опасном сечении балки равны $\gamma_c R$.
- построить эпюру σ_x в опасном сечении балки от действия найденных нагрузок и проверить выполнение условия прочности.

Факультативно:

- определить положение нейтральной оси в пластической стадии с использованием диаграммы Прандтля;
- определить величину предельного (разрушающего) изгибающего момента $M_{пред}$, соответствующего образованию в опасном сечении балки пластического шарнира, и построить соответствующую эпюру σ_x (в расчетах принять $\sigma_T = 230 \text{ МПа} = 23 \text{ кН/см}^2$).

Таблица 4.2

№ п/п	a , м	b , м	Номер двутавра	Номер швеллера	Неравнобокий уголок, мм	Лист $b \times \delta$, мм
1	1,0	0,6	10	10	125×80×10	220×10
2	1,1	0,7	12	12	125×80×12	240×8
3	1,2	0,8	14	14	140×90×8	240×10
4	1,3	0,9	16	16	140×90×10	240×12
5	1,4	1,0	18	18	160×100×10	260×8
6	1,5	1,2	20	20	160×100×12	280×10
7	1,6	0,6	24	22	180×110×10	300×8
8	1,7	0,7	27	24	180×110×12	300×12
9	1,8	0,8	30	27	200×125×12	320×12
10	1,9	0,9	33	30	200×125×14	320×14
11	2,0	1,0	36	33	250×160×12	400×12
12	2,1	1,2	40	36	250×160×16	400×16

Задача №3

Произвести расчет чугунной балки (схема № ____ рис.4.3) указанного сечения (схема № ____ рис.4.5) на прочность по методу допускаемых напряжений, используя данные таблицы 4.2 (строка № ____). В расчетах принять допускаемое напряжение при растяжении $[\sigma_p] = 80 \text{ МПа} = 8 \text{ кН/см}^2$, при сжатии $[\sigma_c] = 150 \text{ МПа} = 15 \text{ кН/см}^2$.

Требуется:

- определить момент инерции сечения балки относительно нейтральной оси и моменты сопротивления сечения;
- определить положение сечений, в которых возникают наибольшие растягивающие и наибольшие сжимающие напряжения;
- предложить наиболее рациональное расположение сечения балки по отношению к плоскости действия нагрузки (так, чтобы расстояние от нейтральной оси до наиболее растянутых волокон было бы меньше, чем до наиболее сжатых волокон);
- определить несущую способность балки, т.е. определить величину нагрузки, при действии которой в опасных сечениях выполняются условия прочности при растяжении и сжатии;
- построить эпюру σ_x в опасном сечении балки от действия принятой нагрузки и проверить выполнение условий прочности по наибольшим растягивающим и наибольшим сжимающим напряжениям.

Контрольные вопросы

1. Какой вид деформирования балки называется чистым изгибом? Какие гипотезы принимаются при чистом изгибе? Какие внутренние усилия и напряжения действуют в поперечных сечениях балки при чистом изгибе и как они определяются?
2. По какому закону изменяются нормальные напряжения в поперечных сечениях балки при изгибе?
3. По какому закону изменяются касательные напряжения в поперечных сечениях балки при изгибе?
4. Как определяются наибольшие нормальные напряжения в поперечных сечениях балки с двумя осями симметрии?
5. Как определяются наибольшие нормальные напряжения в поперечных сечениях балки с одной осью симметрии?
6. Какое сечение называется опасным сечением?
7. Как определяется момент сопротивления сечения?
8. Как записывается условие прочности при изгибе балки?
9. Как определяются главные напряжения при изгибе?
10. Какой характер имеет напряженное состояние при изгибе в крайних волокнах балки и в точках нейтрального слоя?
11. Что такое пластический шарнир? Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений в пластическом шарнире? Какая диаграмма $\sigma - \epsilon$ используется при определении предельного (разрушающего) изгибающего момента в пластическом шарнире?

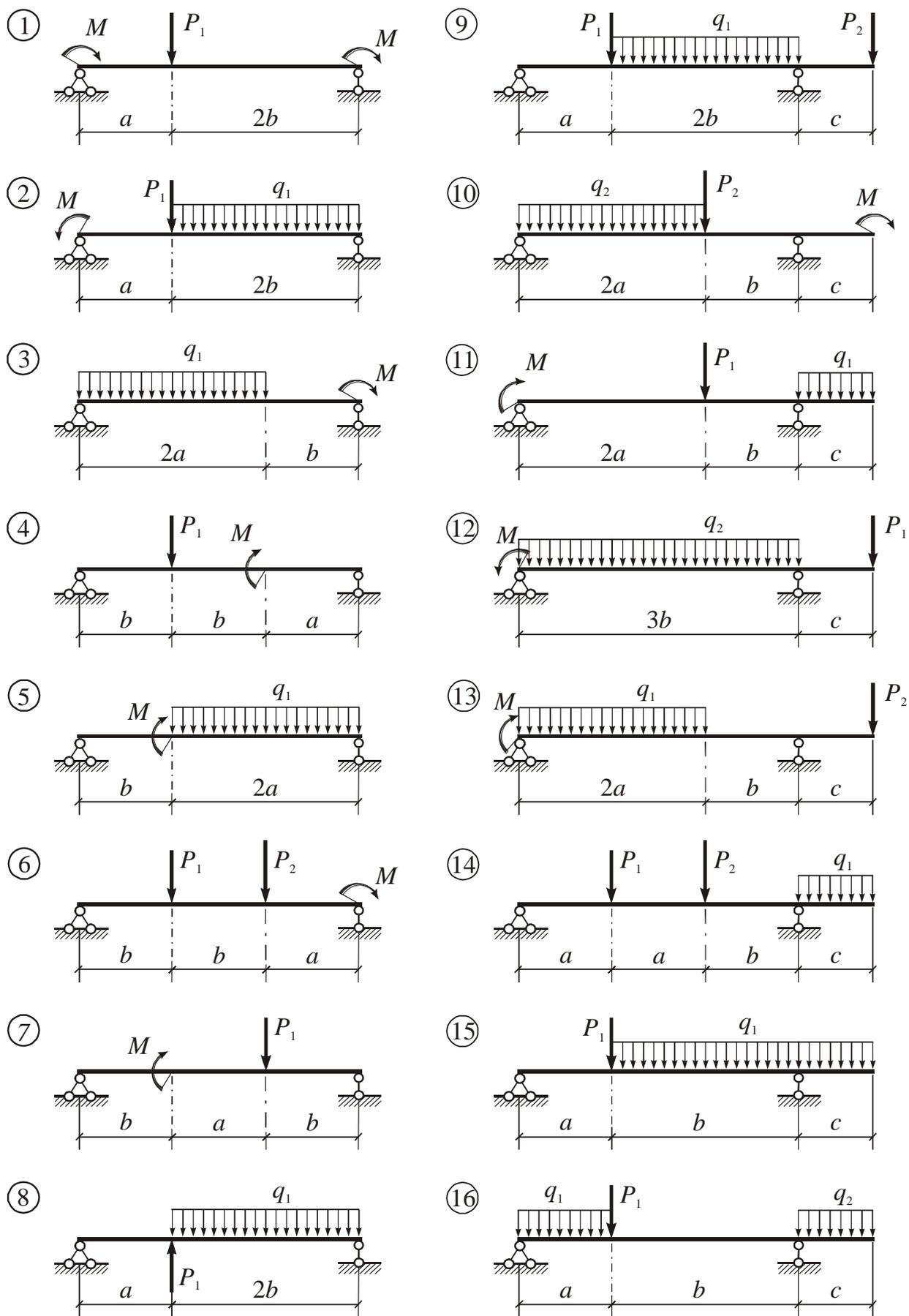


Рис. 4.1 (Схемы балок для задачи № 1)

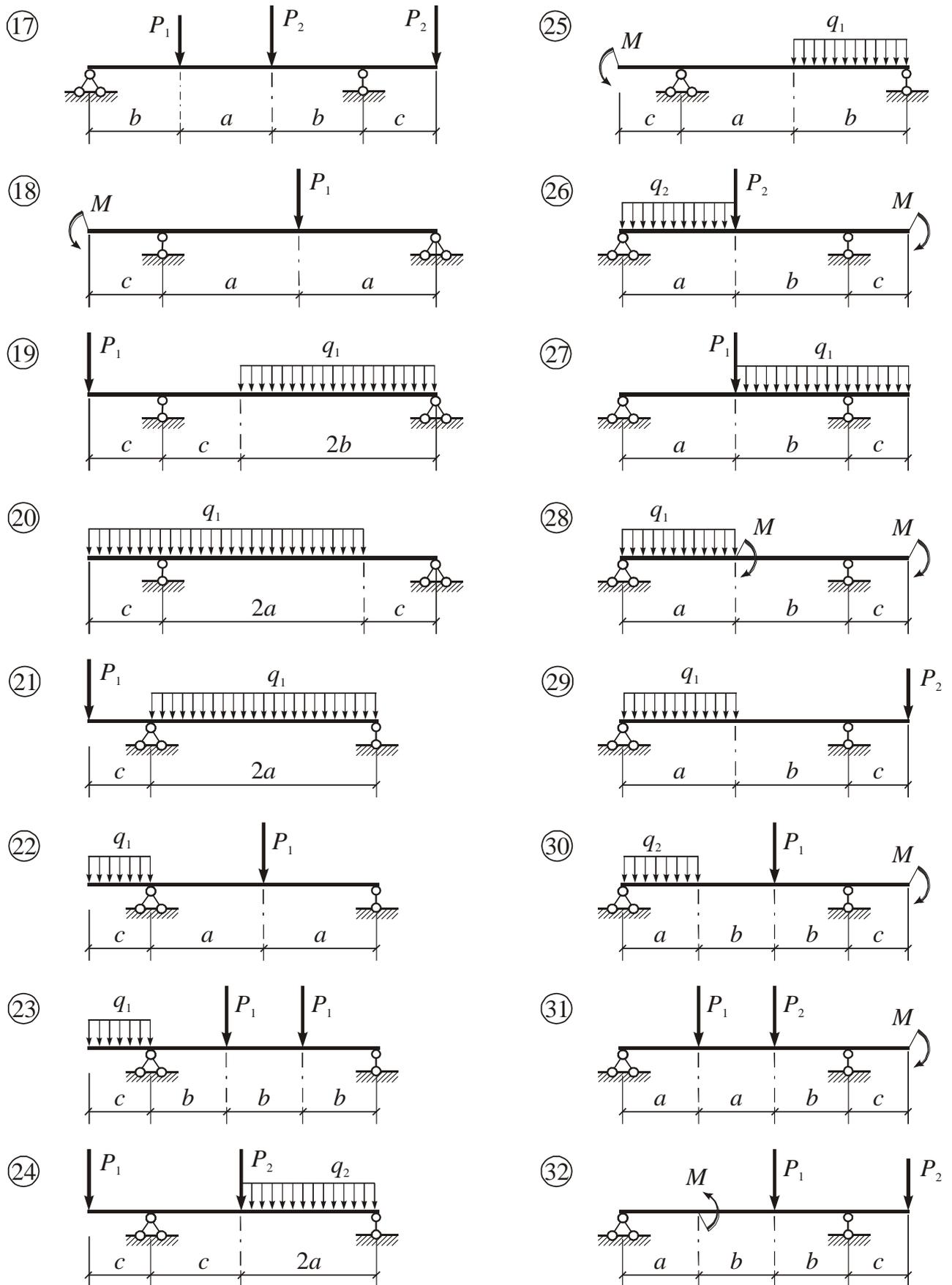


Рис. 4.1 (Продолжение)

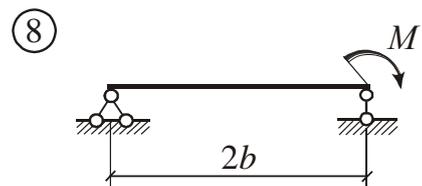
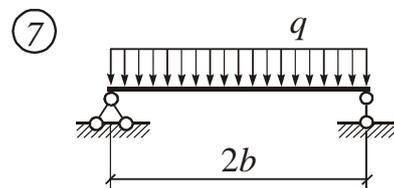
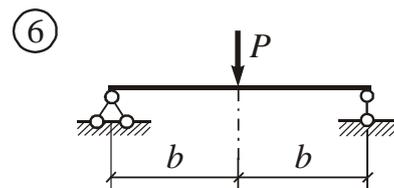
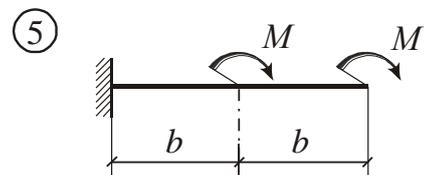
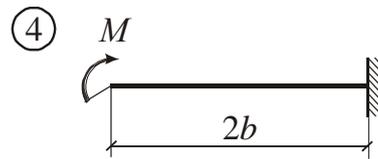
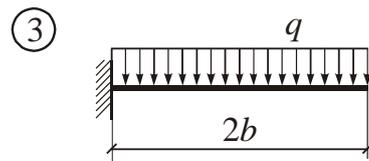
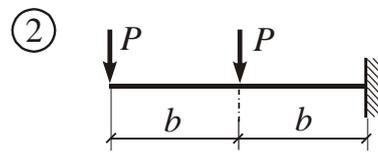
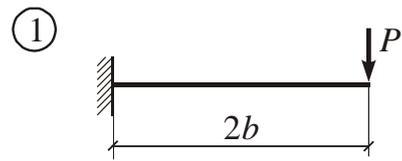
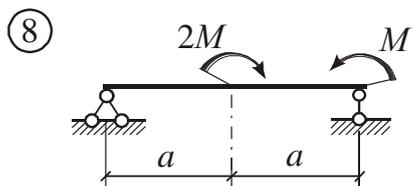
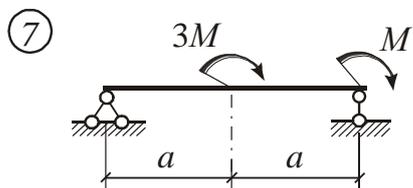
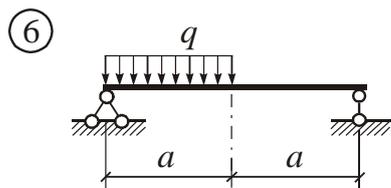
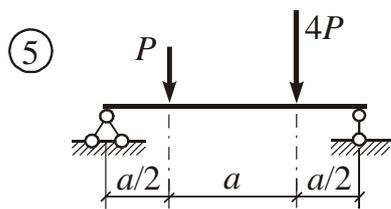
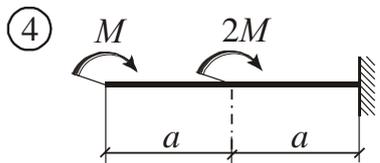
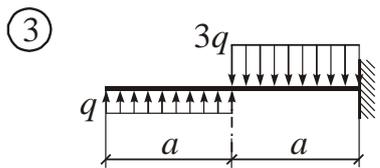
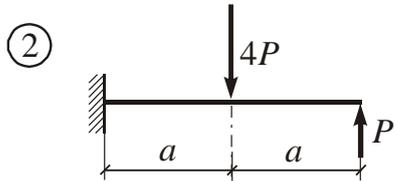
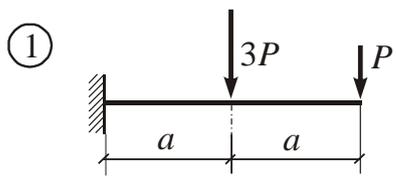
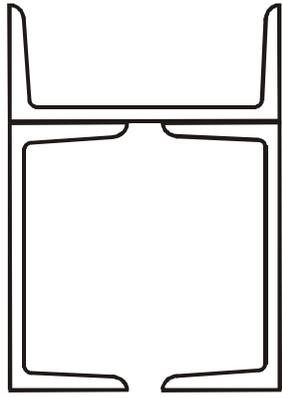


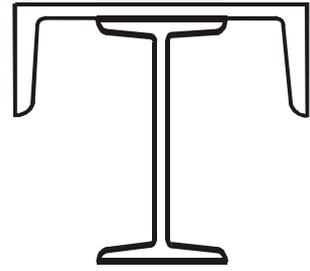
Рис. 4.2 (Схемы балок для задачи № 2)

Рис. 4.3 (Схемы балок для задачи № 3)

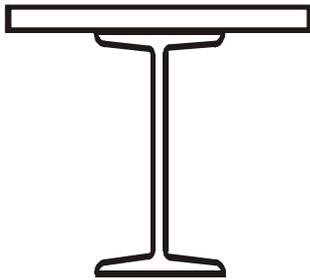
①



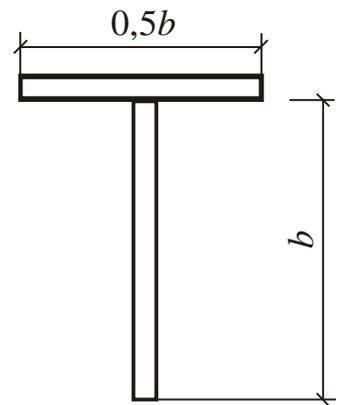
②



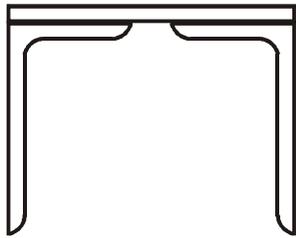
③



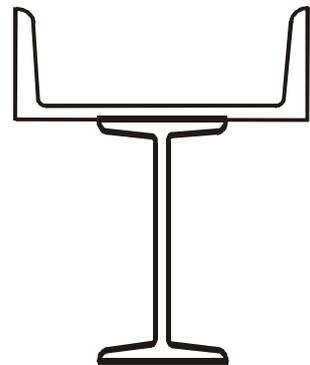
④



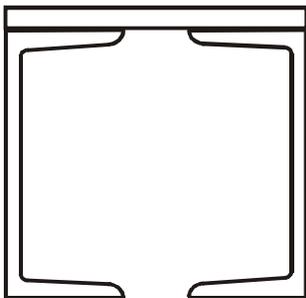
⑤



⑥



⑦



⑧

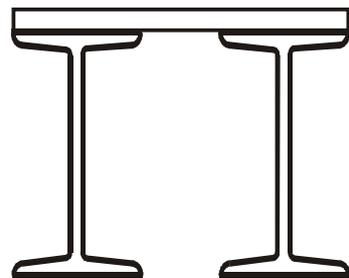


Рис. 4.4 (Сечения балок для задачи № 2)

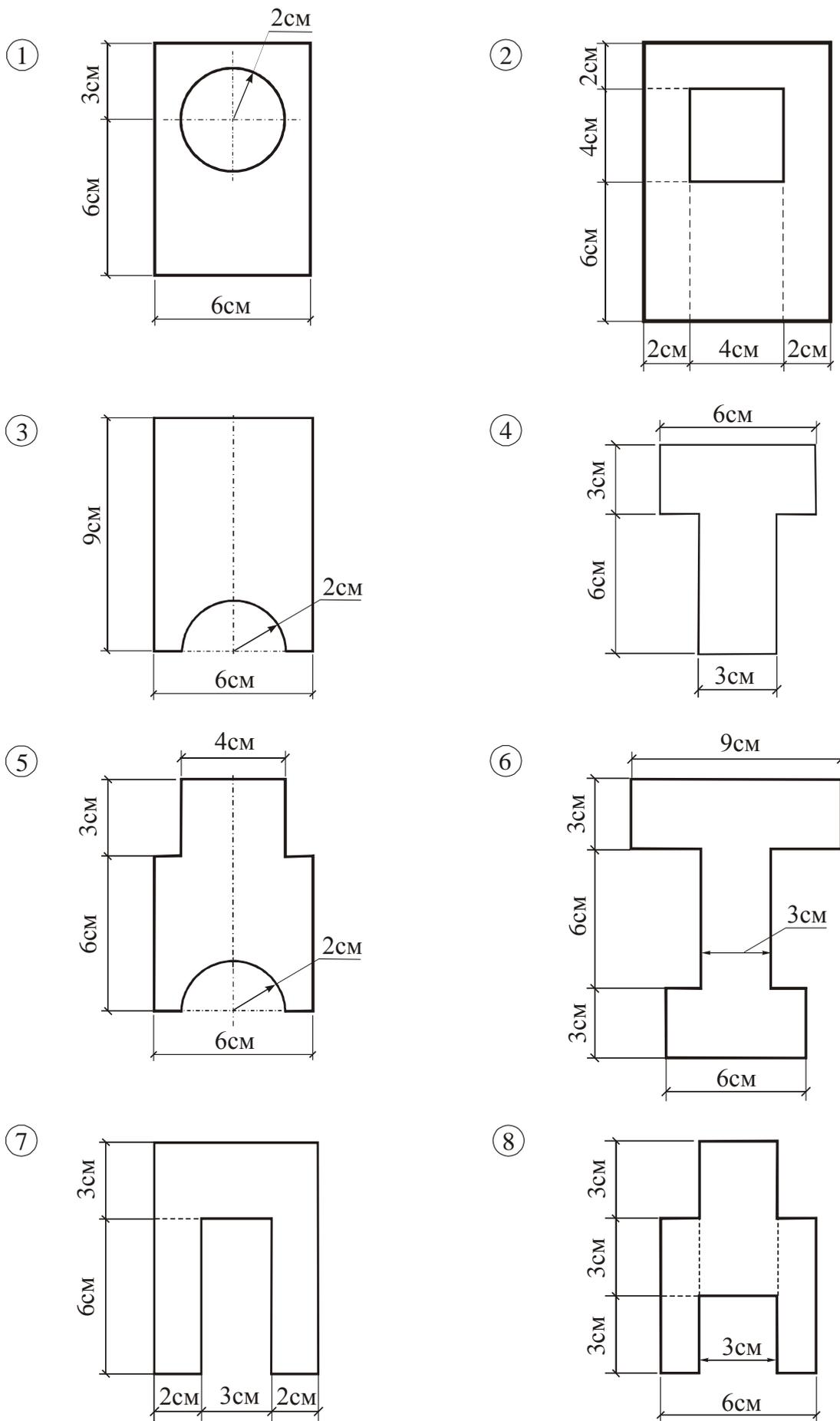


Рис. 4.5 (Сечения балок для задачи № 3)