

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»
Кафедра машиноведения

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Часть 2

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Оренбург
2017

УДК 624.04 (075.8)
ББК 38.112 я73
С 86

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Л.И. Кудина

С 86 Строительная механика. В двух частях. Часть 2: методические указания / А.И. Альбакасов, П.Н. Ельчанинов, А. А. Гаврилов, В.С. Гарипов, А.В. Колотвин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2017. – Ч. 2. – 62 с.

Методические указания содержат варианты заданий и порядок решения задач по темам: расчет статически неопределимых рам и балок методом сил, расчет статически неопределимых рам и балок методом перемещений, расчет многопролетной неразрезной балки методом предельного равновесия, расчет рамы на устойчивость методом перемещений, динамический расчет статически неопределимых и статически определимых рам.

Методические указания предназначены для обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство по дисциплине «Строительная механика»

УДК 624.04 (075.8)
ББК 38.112 я73

© Альбакасов А.И., 2017
© Ельчанинов П.Н., 2017
© Гаврилов А.А., 2017
© Гарипов В.С., 2017
© Колотвин А.В., 2017
© ОГУ, 2017

Содержание

Введение.....	4
4 Расчет статически неопределимых систем методом сил	5
5 Расчет статически неопределимых систем методом перемещений.....	21
6 Расчет неразрезной балки по методу предельного равновесия.....	36
7 Расчет плоской рамы на устойчивость методом перемещений.	41
8 Динамический расчет рамы	48
Список использованных источников	62

Введение

Порядок получения индивидуального задания.

Исходные данные для выполнения расчетно-графических заданий (РГЗ) каждый студент выписывает из таблиц в соответствии с номером группы, который определяется ведущим преподавателем, а схемы заданий – в соответствии с порядковым номером в журнале группы. Например, если студент группы 15Стр(ба)-АМТ имеет порядковый номер 21 в журнале группы, то ему нужно выписать 21-ую схему задания и исходные данные из строки, отвечающей номеру группы.

Работы, выполненные не по личному варианту, не принимаются.

Общие требования к оформлению РГЗ.

Расчетно-графические задания должны быть выполнены на стандартных листах белой бумаги формата А-4 (210х297 мм). Правила оформления титульного листа и материалов задач приведены в стандарте 02069024.101–2015 «Работы студенческие. Общие требования и правила оформления».

Перед решением задачи необходимо вычертить в масштабе заданную систему и указать на ней все исходные числовые данные.

Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями и четкими схемами с указанием в необходимых случаях масштабов длин и сил. Расчетно-графические задания должны быть защищены в срок, определенный учебным планом.

4 Расчет статически неопределимых стержневых систем методом сил

Исходные данные к РГЗ №4 определяются таблицей 4.1 и схемами, соответствующими задачам 4.1, 4.2 и 4.3 (рисунки 4.1-4.13).

Порядок выполнения задачи 4.1:

1. Определить степень статической неопределимости рамы [2, стр. 193].
2. Выбрать основную систему метода сил (ОСМС).
3. Записать систему канонических уравнений в общем виде [2, стр. 199].
4. Построить грузовую эпюру \bar{M}_P – изгибающих моментов от внешней нагрузки в ОСМС.
5. Построить в основной системе единичные эпюры \bar{M}_1 , \bar{M}_2 от сил $X_1=1$, $X_2=1$ соответственно и суммарную эпюру $\bar{M}_S = \bar{M}_1 + \bar{M}_2$.
6. Вычислить коэффициенты при неизвестных и свободные члены системы канонических уравнений.
7. Произвести проверку правильности вычисления коэффициентов и свободных членов системы уравнений [2, стр. 247].
8. Решить систему канонических уравнений и проверить правильность вычисления X_1 и X_2 .
9. Построить окончательную эпюру изгибающих моментов M в заданной схеме рамы, используя принцип независимости действия сил $M = \bar{M}_1 \cdot X_1 + \bar{M}_2 \cdot X_2 + \bar{M}_P$.
10. Произвести кинематическую (деформационную) проверку окончательной эпюры изгибающих моментов M .

11. Построить эпюру поперечных сил Q в заданной схеме рамы, используя дифференциальную зависимость $Q = \frac{dM}{dx}$.

12. Построить эпюру продольных сил N в заданной схеме рамы. Значения продольных сил можно найти из равновесия узлов рамы по уже найденным значениям поперечных сил.

13. Произвести статическую проверку всей рамы.

Порядок выполнения задач 4.2 и 4.3:

1. Определить степень статической неопределимости рамы (балки) [2, стр. 193].

2. Выбрать основную систему метода сил (ОСМС).

3. Записать каноническое уравнение в общем виде [2, стр. 199].

4. Построить эпюру \bar{M}_P - изгибающих моментов от внешних нагрузок в ОСМС.

5. Построить в основной системе единичную эпюру \bar{M}_1 от силы $X_1=1$.

6. Вычислить коэффициент δ_{11} и свободный член Δ_{1P} .

7. Решить каноническое уравнение (т.е. вычислить неизвестное усилие X_1).

8. Построить окончательную эпюру изгибающих моментов M , используя принцип независимости действия сил: $M = \bar{M}_1 \cdot X_1 + \bar{M}_P$.

9. Произвести кинематическую (деформационную) проверку окончательной эпюры изгибающих моментов M .

10. Построить эпюру поперечных сил Q в заданной схеме рамы или балки, используя дифференциальную зависимость $Q = \frac{dM}{dx}$.

11. Построить эпюру продольных сил N в схеме рамы (только для рамы). Значения продольных сил можно найти из равновесия узлов.

12. Произвести статическую проверку равновесия узлов в раме (только для рамы).

Таблица 4.1 – Исходные данные к РГЗ № 4

Группа	q , кН/м	P , кН	M , кН·м	l , м	h , м	$EJ_i = k_i EJ$	
						k_1	k_2
1	10	40	100	12	10	1,2	1,0
2	20	50	120	18	8	1,0	0,9
3	12	30	140	12	6	1,2	1,0
4	16	50	80	18	10	1,0	0,9
5	10	60	120	12	8	1,2	1,0
6	12	60	140	12	6	1,0	0,9
7	16	60	140	12	6	1,0	1,2
8	20	40	160	18	10	1,0	0,9
9	12	50	120	12	8	1,2	1,0
10	10	30	80	18	6	1,0	0,8

Примечания:

1. Изгибные жесткости стоек принять EJ_1 , а ригелей – EJ_2 .
2. На схемах вместо EJ_i показаны J_i .
3. В задаче 4.2 принять жесткость балки постоянной по всей длине.

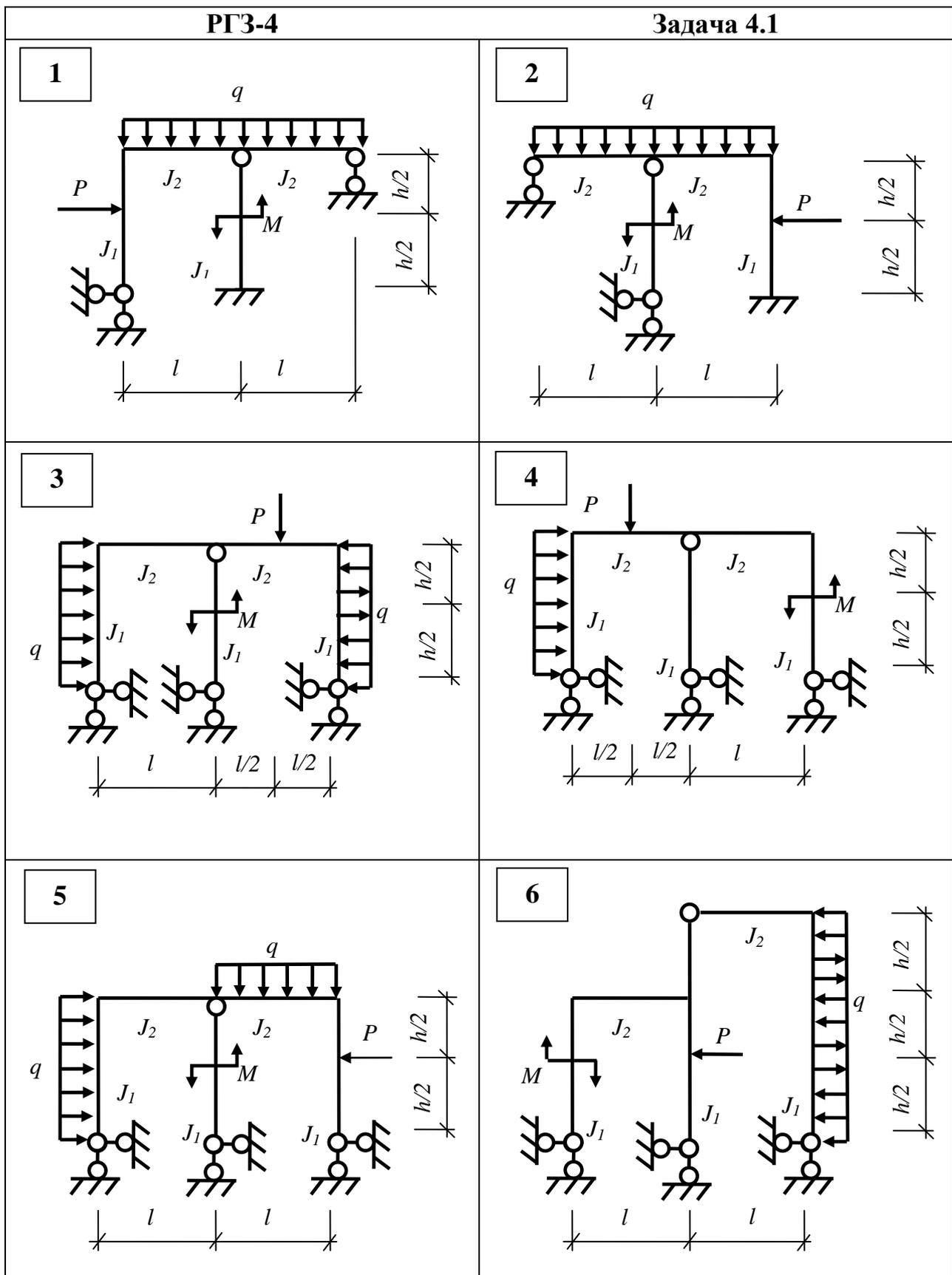


Рисунок 4.1 – Схемы 1-6 для задачи 4.1

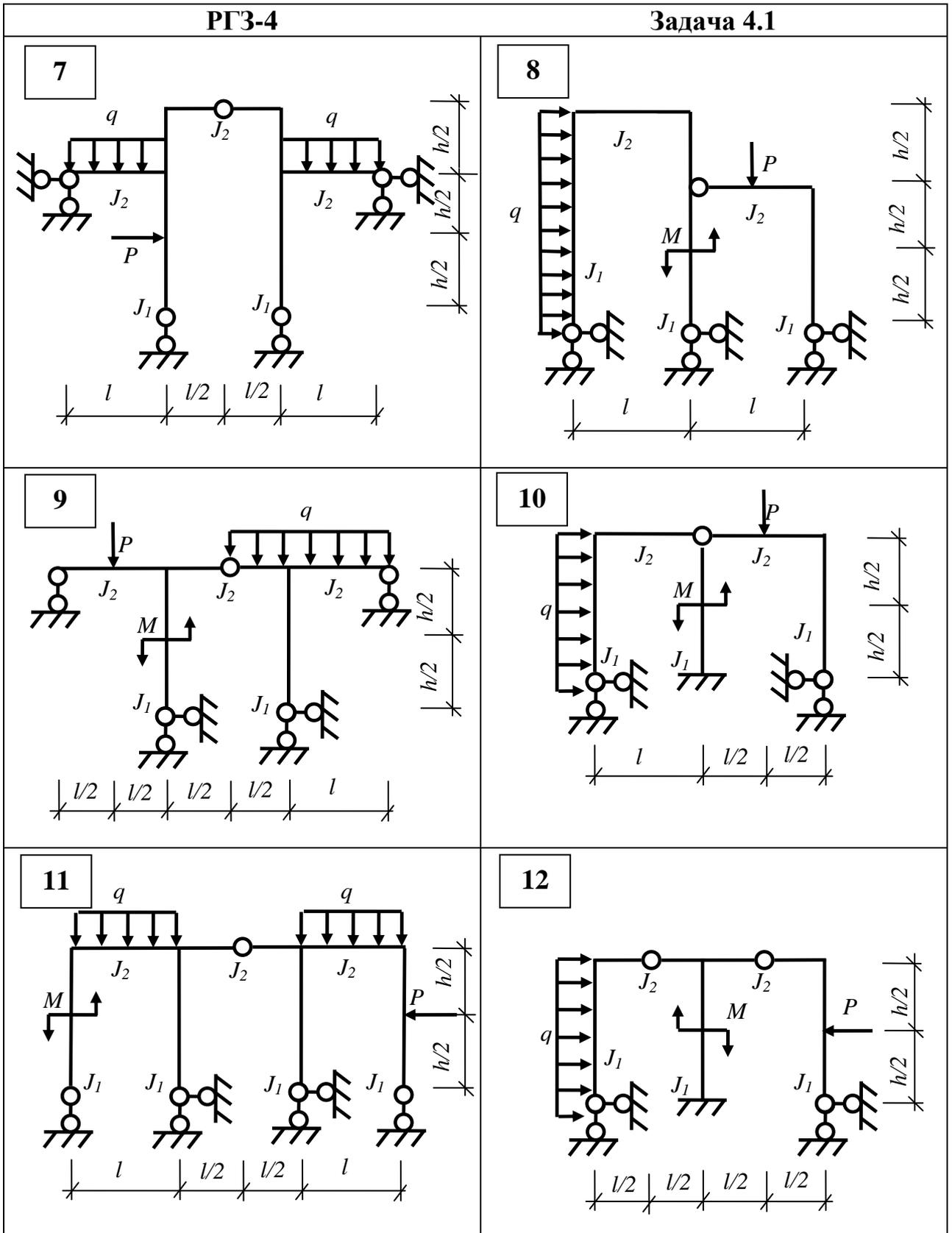


Рисунок 4.2 – Схемы 7-12 для задачи 4.1

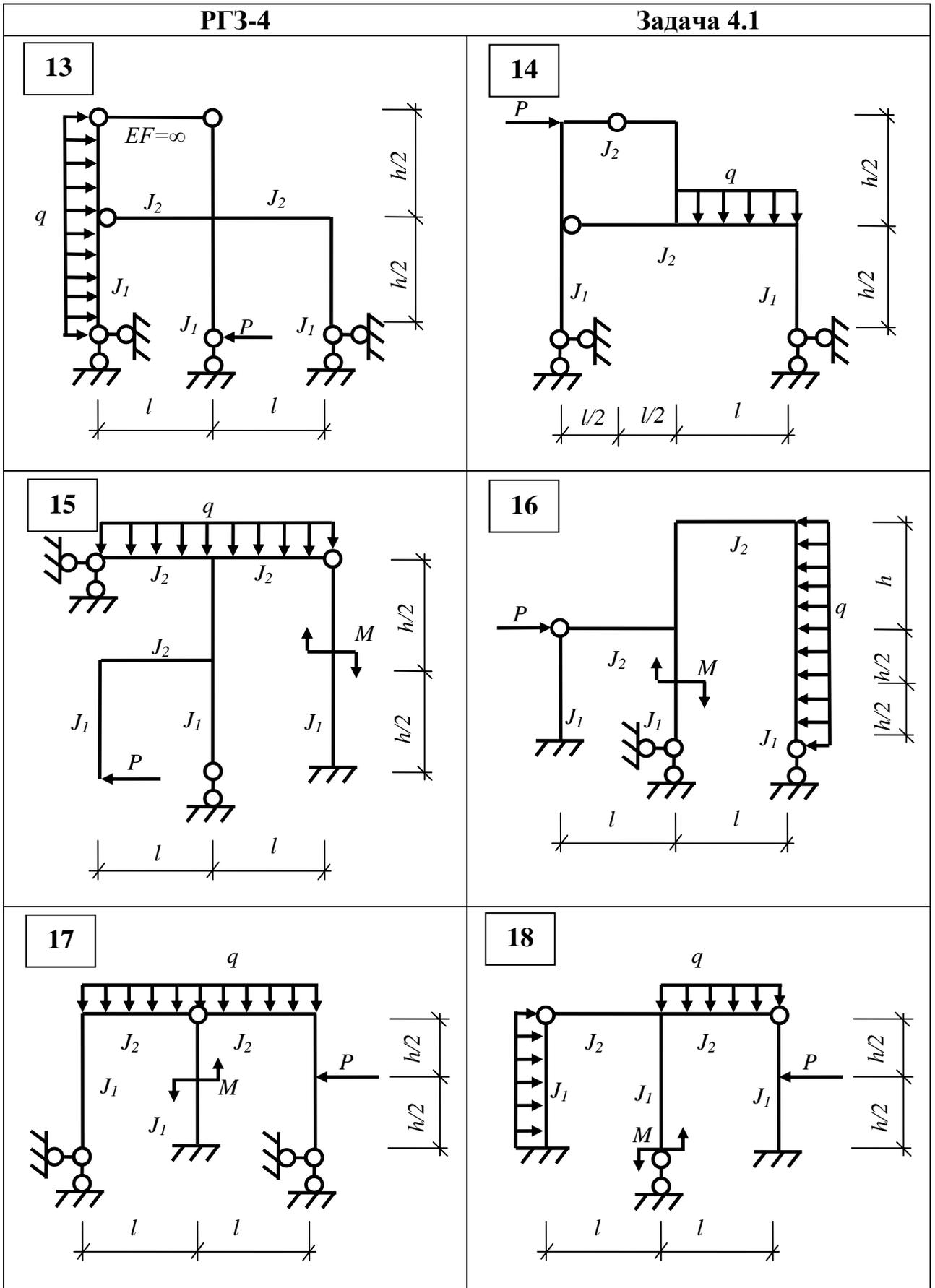


Рисунок 4.3 – Схемы 13-18 для задачи 4.1

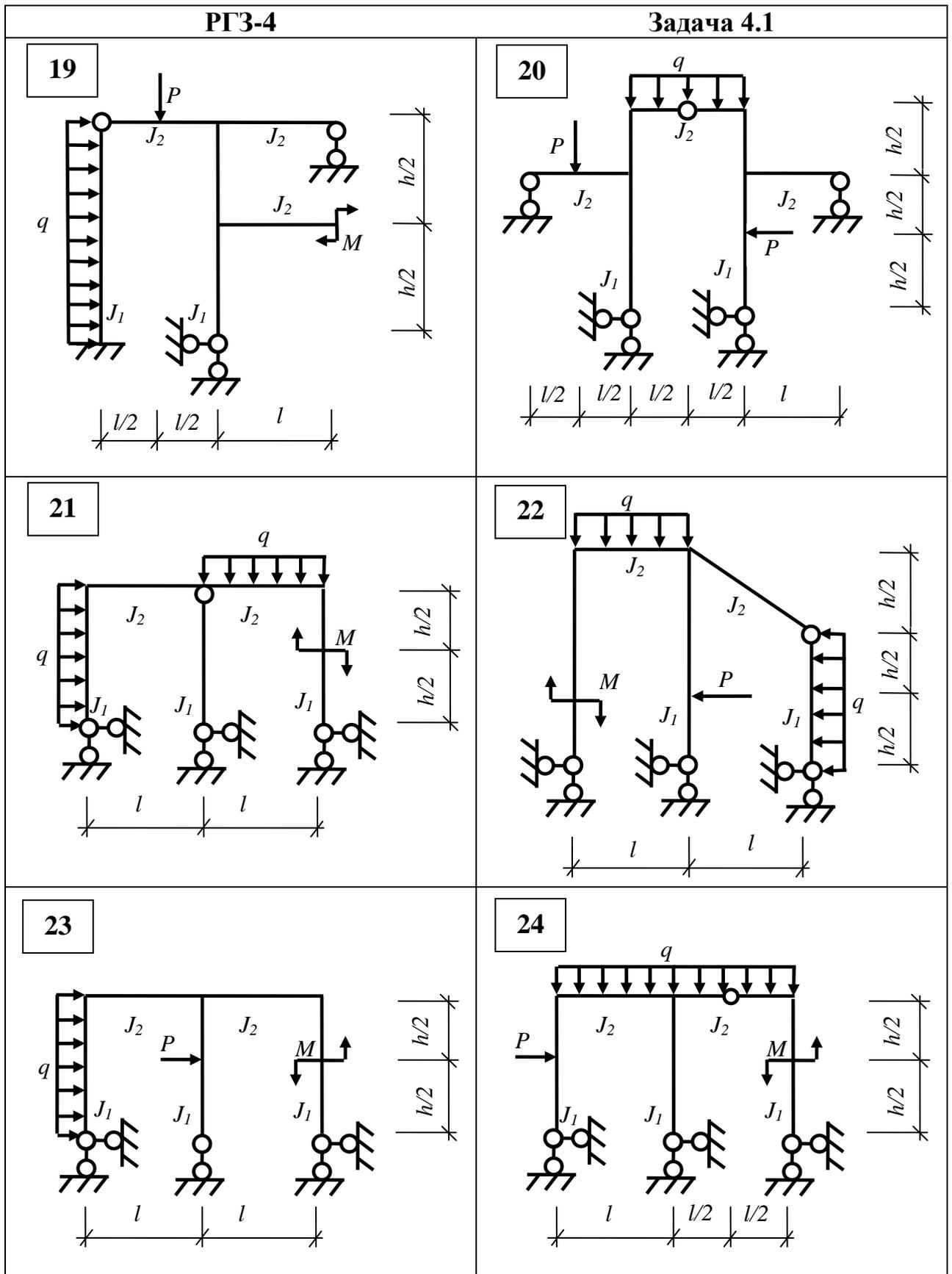


Рисунок 4.4 – Схемы 19-24 для задачи 4.1

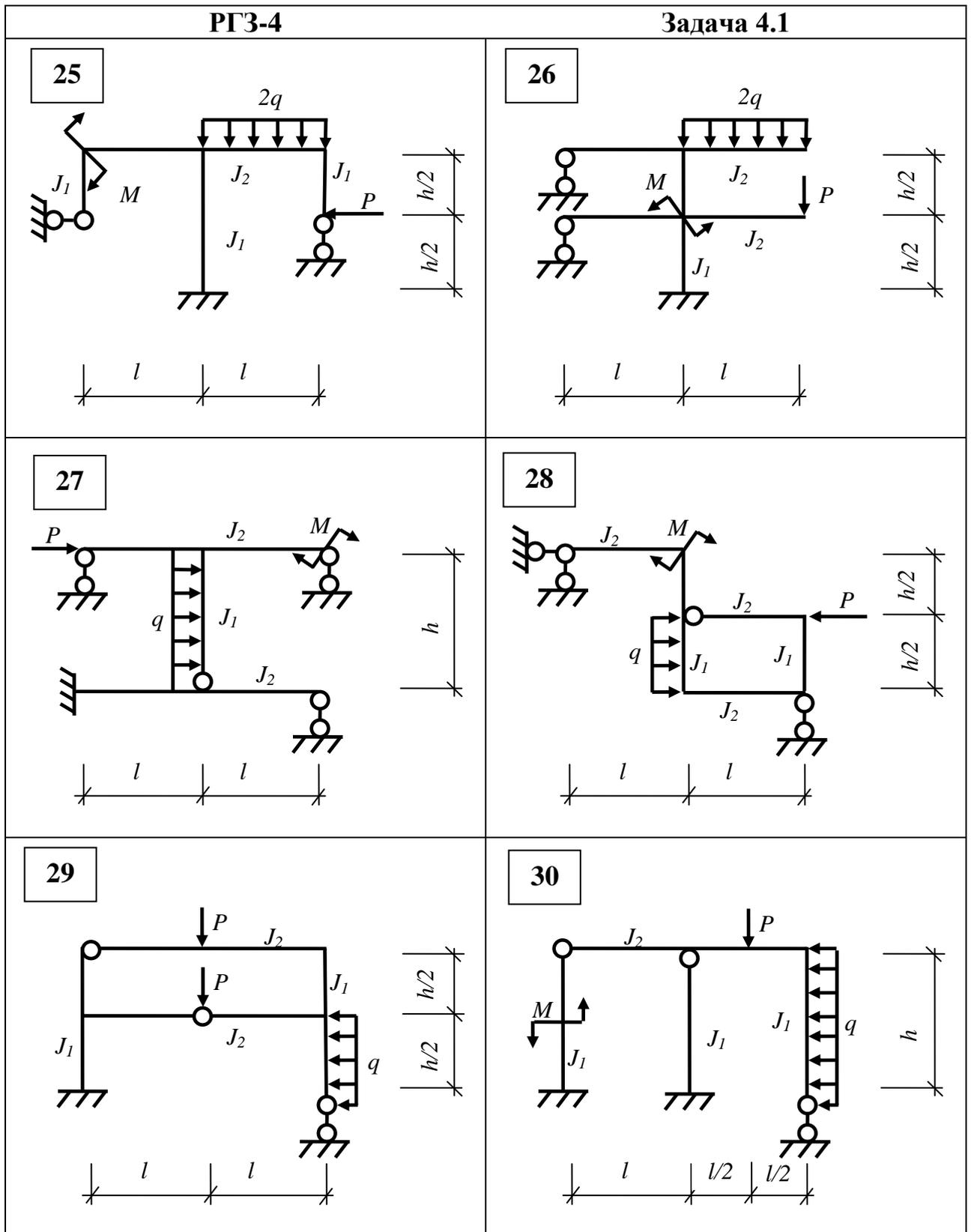


Рисунок 4.5 – Схемы 25-30 для задачи 4.1

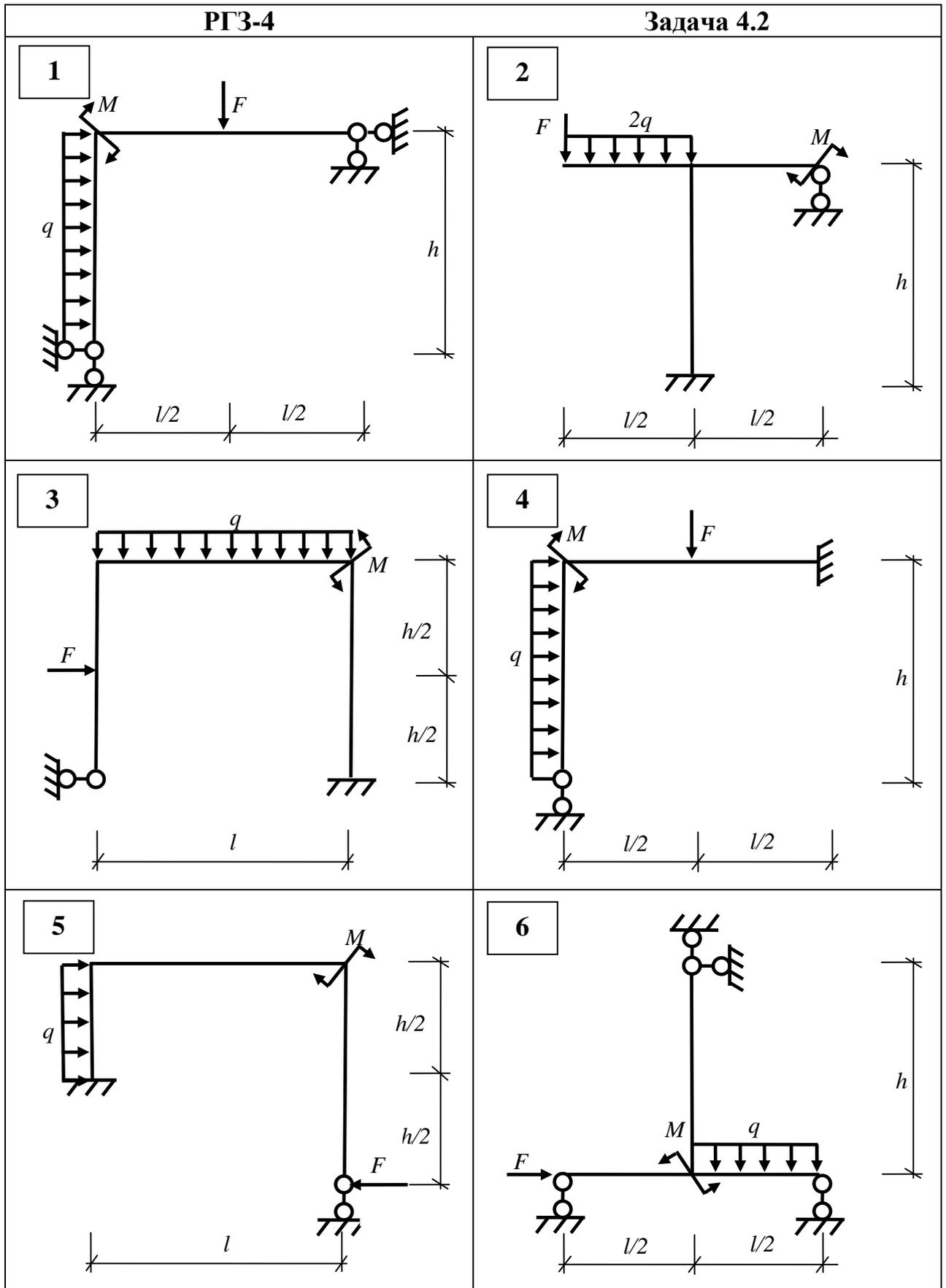


Рисунок 4.6 – Схемы 1-6 для задачи 4.2

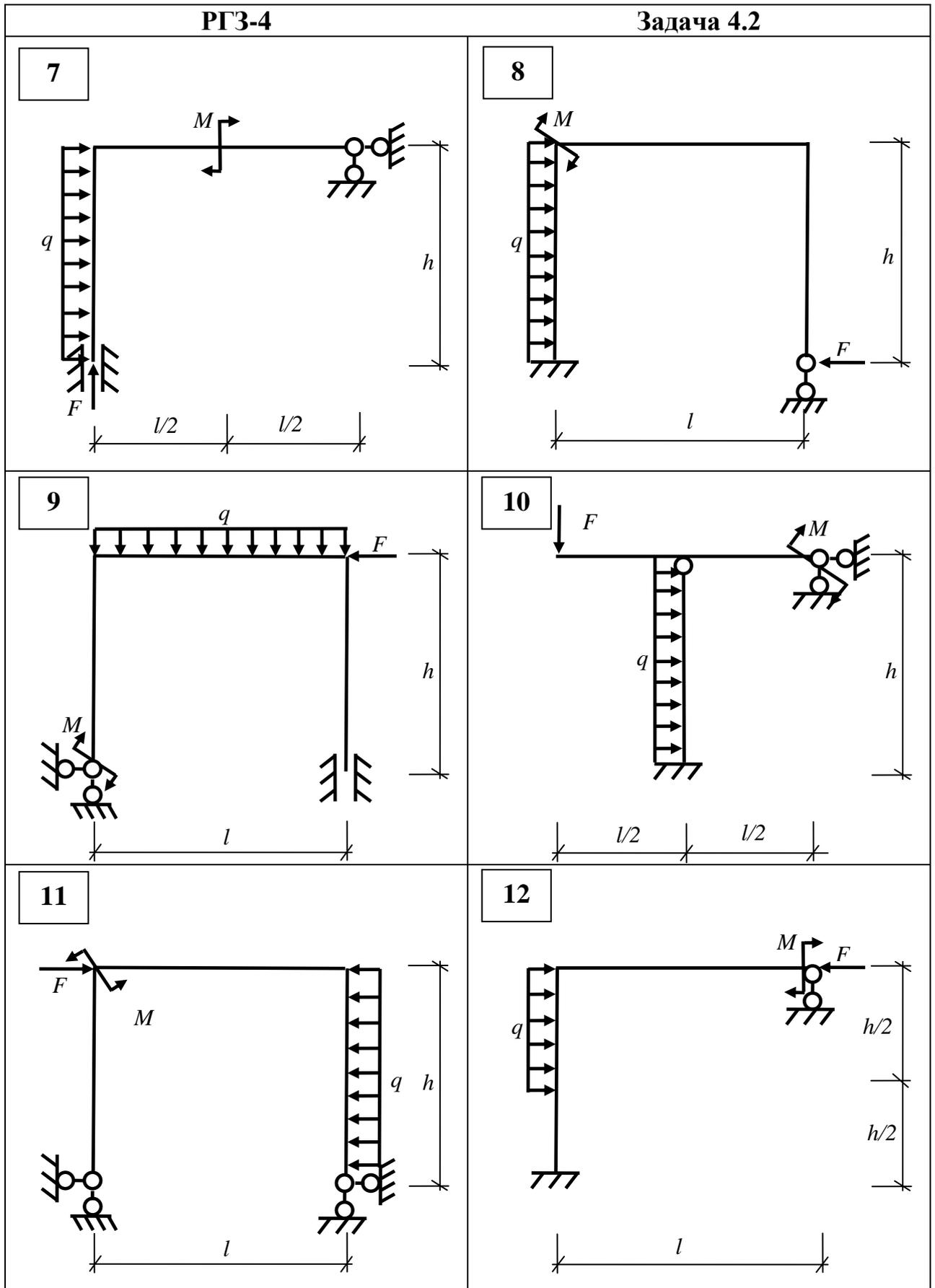


Рисунок 4.7 – Схемы 7-12 для задачи 4.2

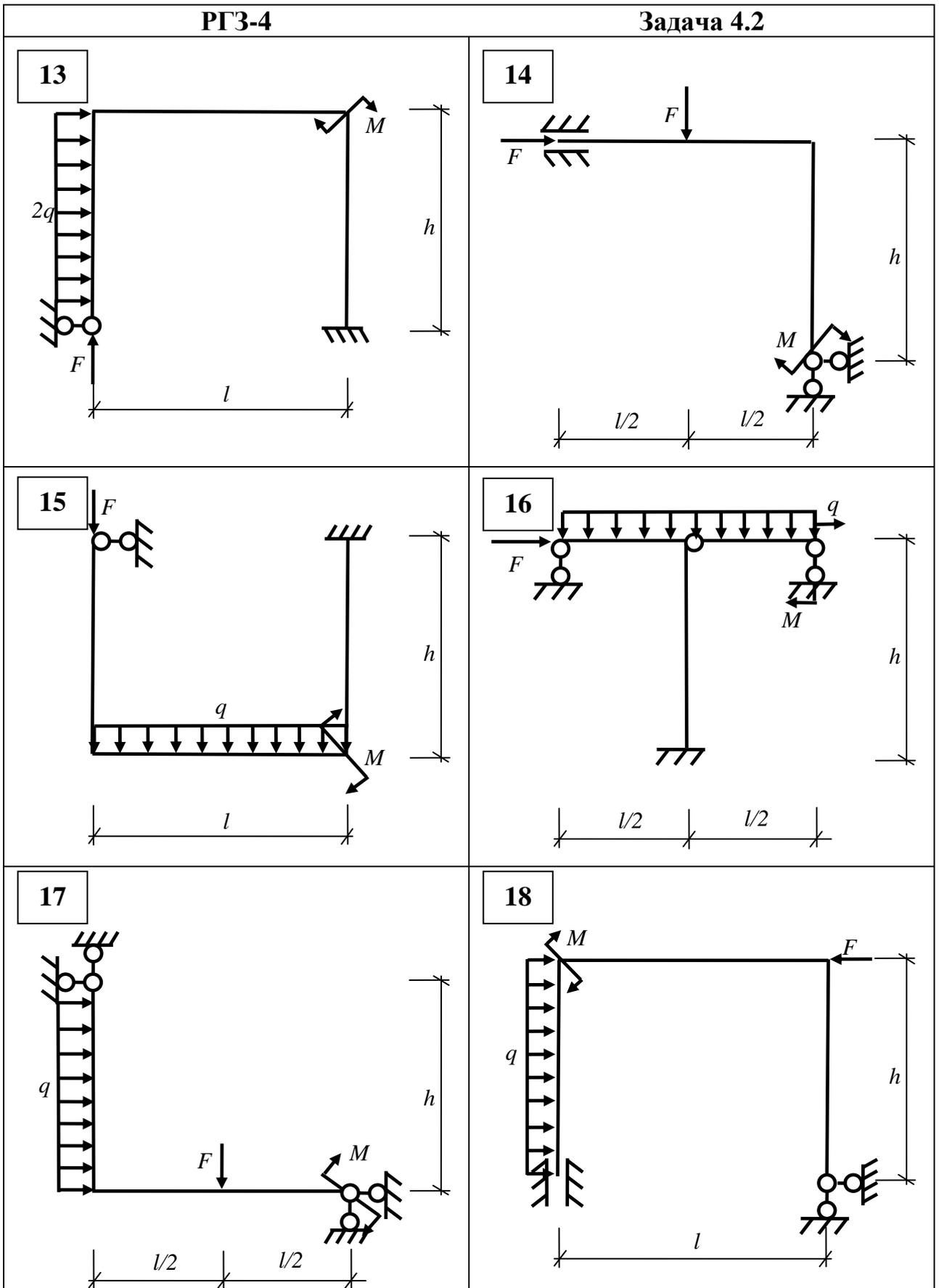


Рисунок 4.8 – Схемы 13-18 для задачи 4.2

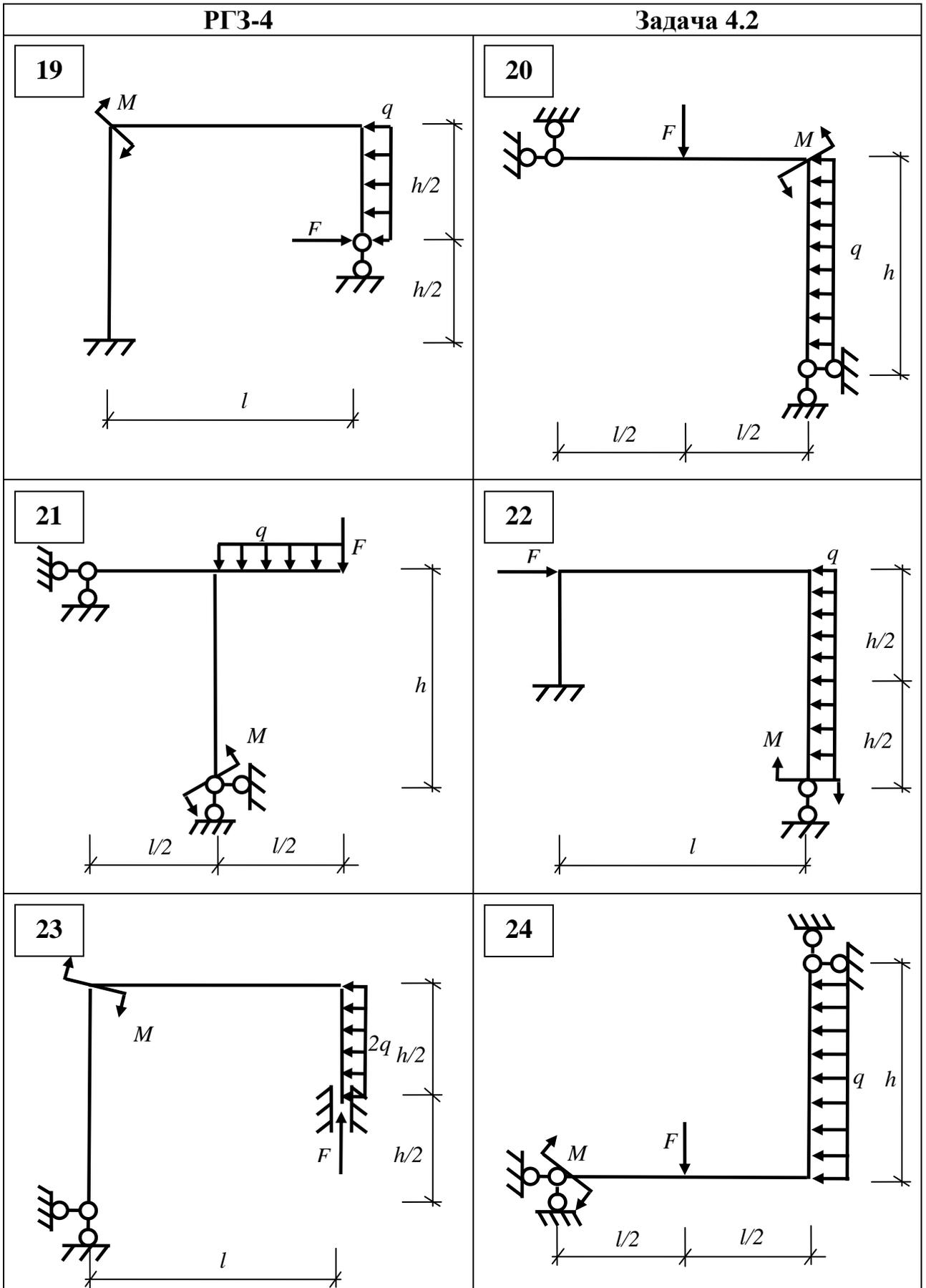


Рисунок 4.9 – Схемы 19-24 для задачи 4.2

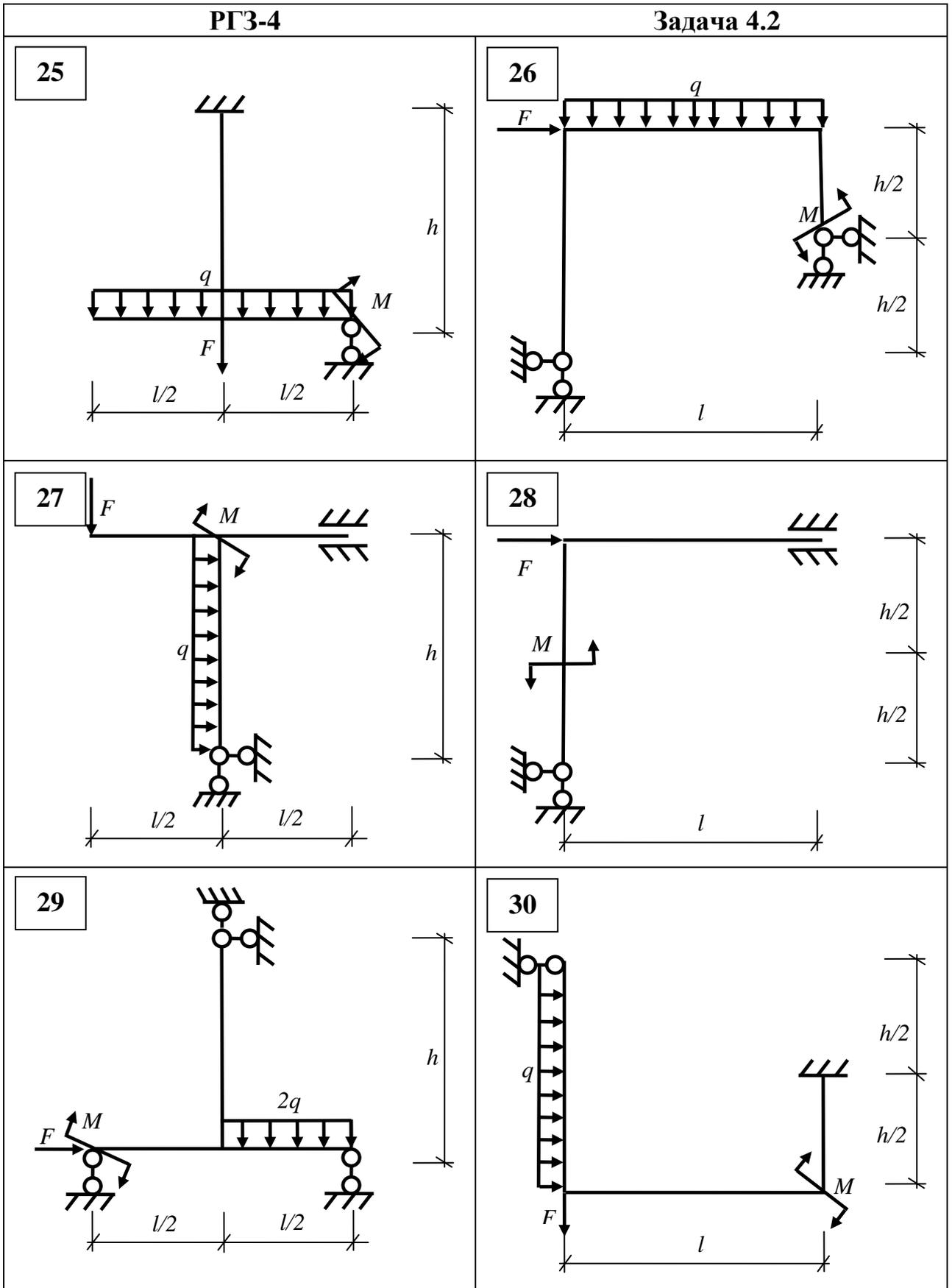


Рисунок 4.10 – Схемы 25-30 для задачи 4.2

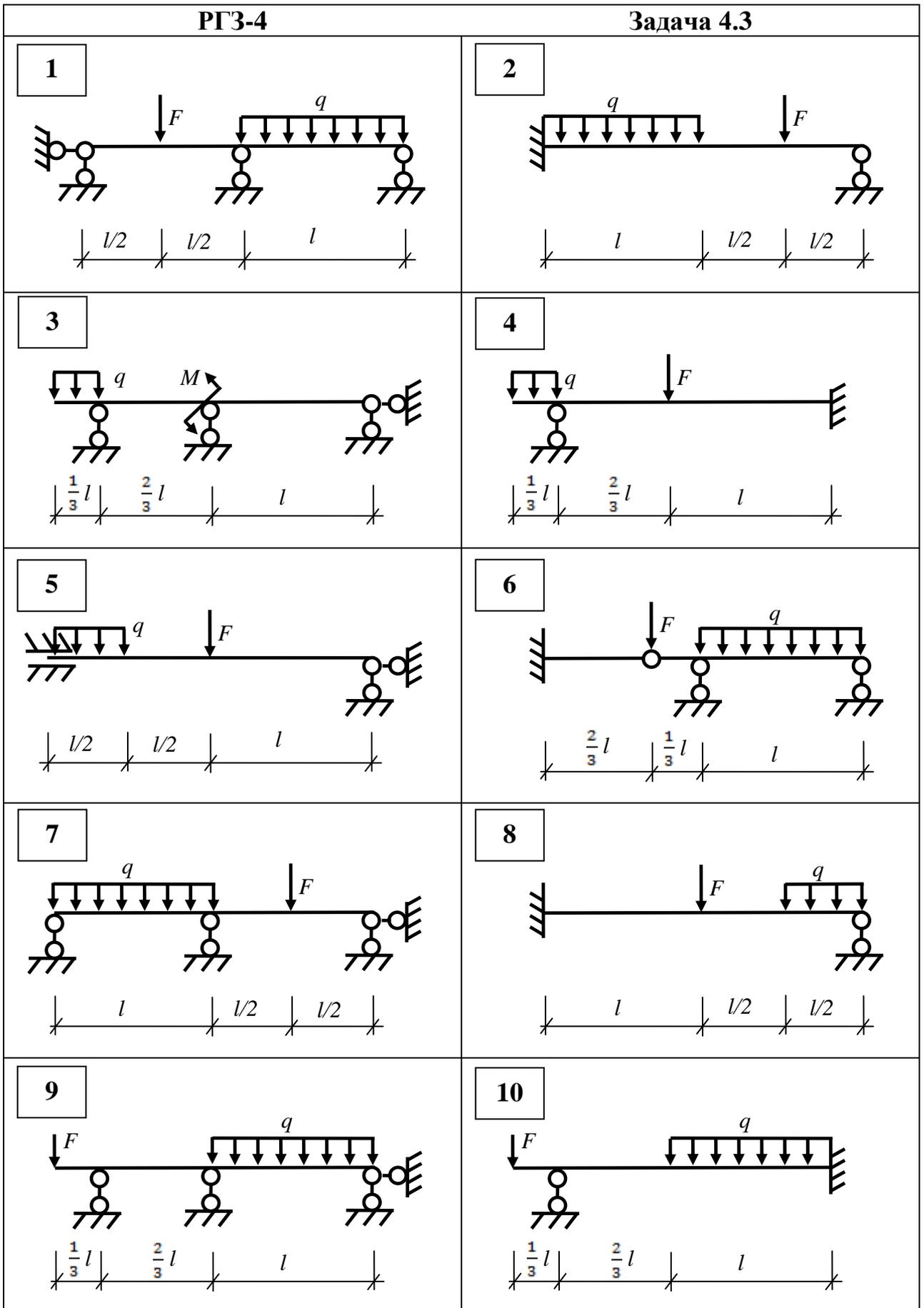


Рисунок 4.11 – Схемы 1-10 для задачи 4.3

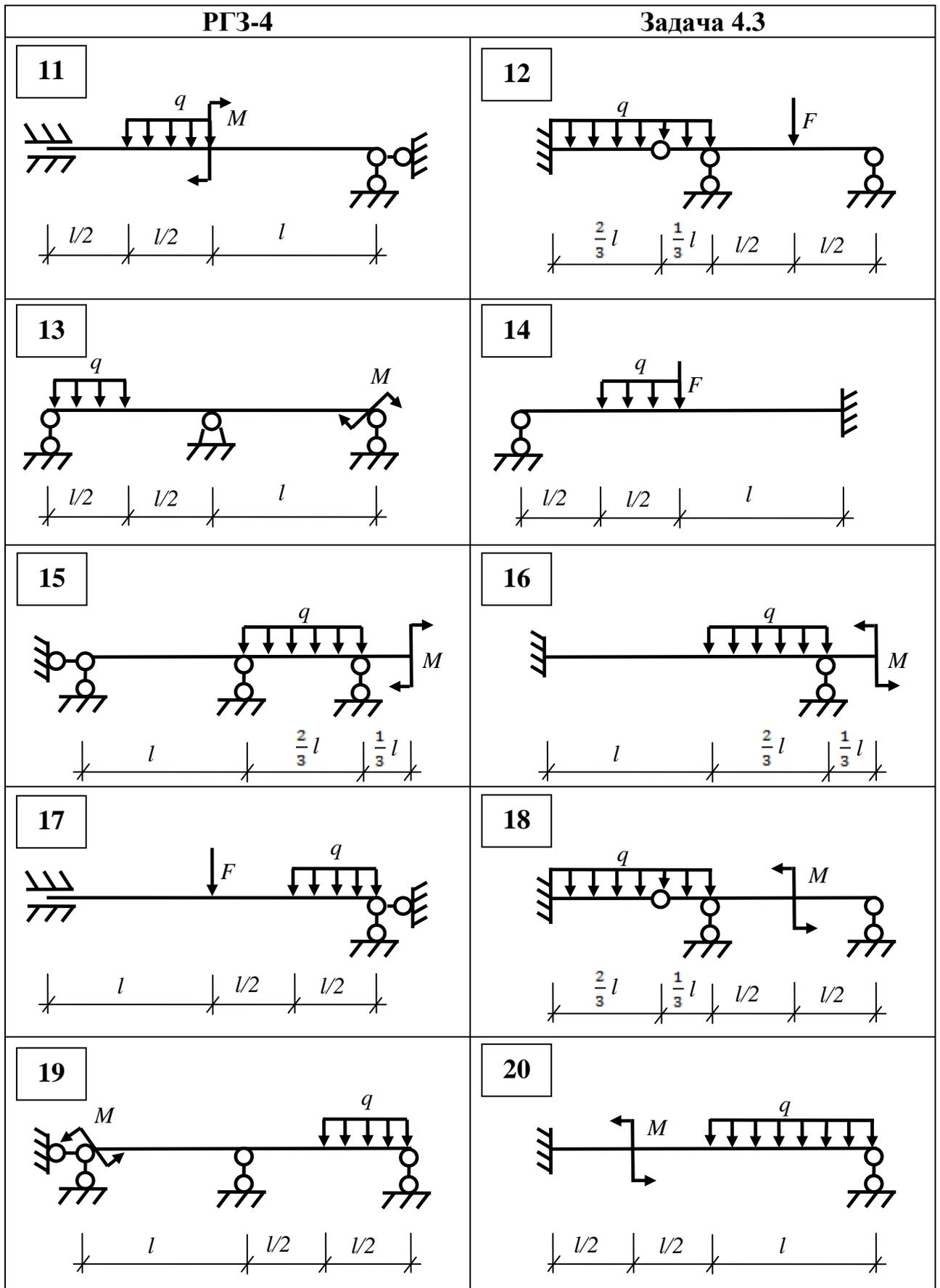


Рисунок 4.12 – Схемы 11-20 для задачи 4.3

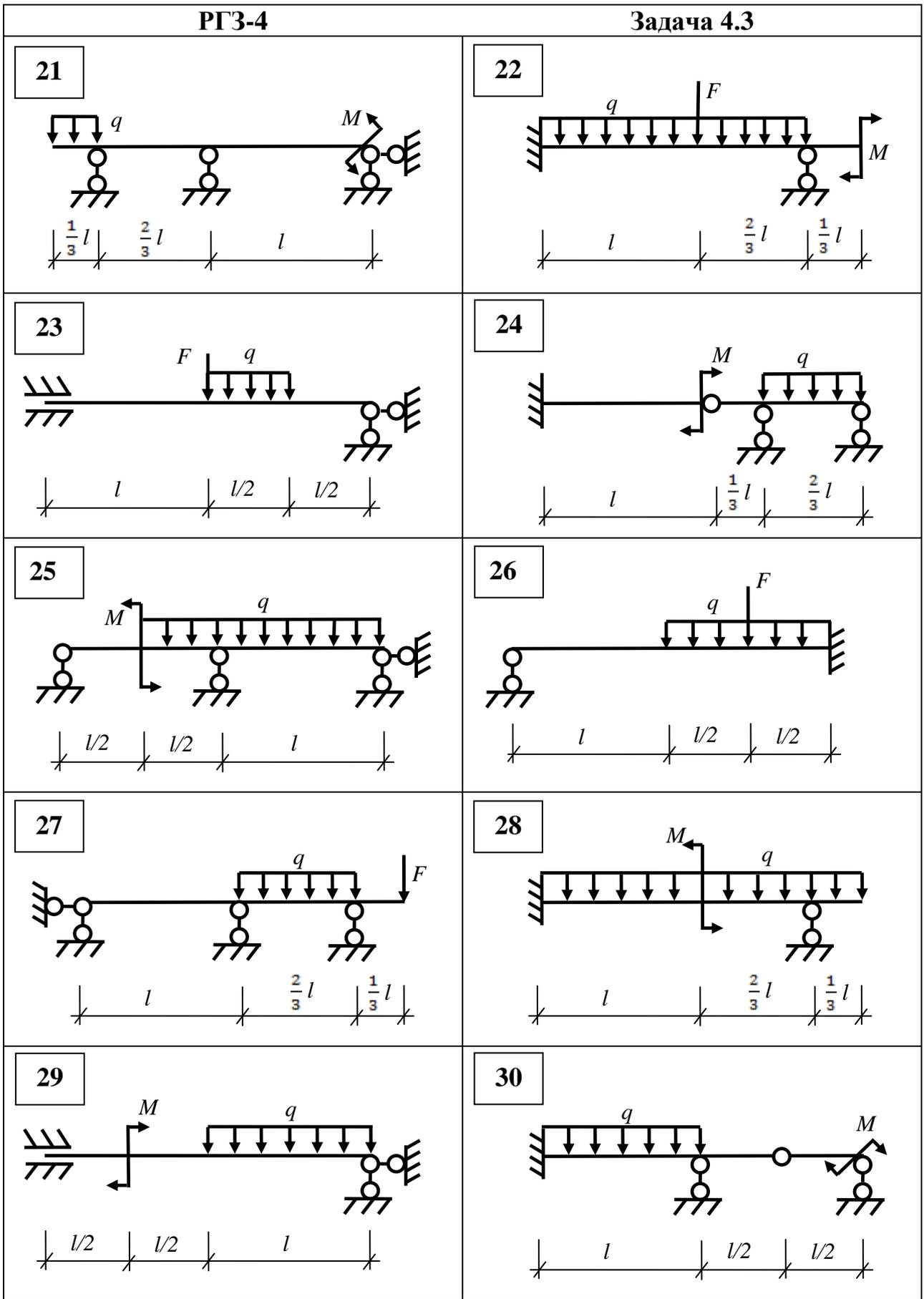


Рисунок 4.13 – Схемы 21-30 для задачи 4.3

5 Расчет статически неопределимых стержневых систем методом перемещений

Исходные данные к РГЗ №5 определяются по таблице 5.1 и схемам, соответствующим задачам 5.1, 5.2 и 5.3 (рисунки 5.1-5.12).

Порядок выполнения задачи 5.1:

1. Определить степень кинематической неопределимости рамы [2, стр. 266].
2. Выбрать основную систему метода перемещений (ОСМП) [2, стр. 269].
3. Записать систему канонических уравнений метода перемещений в общем виде.
4. Построить эпюру \bar{M}_P – изгибающих моментов от внешней нагрузки в ОСМП.
5. Построить в основной системе эпюры \bar{M}_1 , \bar{M}_2 от $Z_1=1$, $Z_2=1$ соответственно и суммарную эпюру $\bar{M}_S = \bar{M}_1 + \bar{M}_2$.
6. Вычислить коэффициенты при неизвестных и свободные члены системы канонических уравнений [2, стр. 283].
7. Произвести проверку правильности вычисления коэффициентов и свободных членов системы уравнений [2, стр. 286].
8. Решить систему канонических уравнений и проверить правильность вычисления Z_1 и Z_2 .
9. Построить окончательную эпюру изгибающих моментов M в заданной схеме рамы, используя формулу $M = \bar{M}_1 \cdot Z_1 + \bar{M}_2 \cdot Z_2 + \bar{M}_P$.
10. Произвести кинематическую (деформационную) проверку окончательной эпюры изгибающих моментов M .
11. Построить окончательную эпюру поперечных сил Q в заданной схеме рамы, используя построенную ранее эпюру изгибающих моментов M .

12. Построить окончательную эпюру продольных сил N в заданной схеме рамы.

13. Произвести статическую проверку равновесия всей рамы.

Порядок выполнения задач 5.2 и 5.3:

1. Определить степень кинематической неопределимости рамы (балки) [2, стр. 266].

2. Выбрать основную систему метода перемещений (ОСМП) [2, стр. 269].

3. Записать каноническое уравнение метода перемещений в общем виде.

4. Построить грузовую эпюру \bar{M}_P – изгибающих моментов от внешней нагрузки в ОСМП.

5. Построить в основной системе единичную эпюру \bar{M}_1 от $Z_1=1$.

6. Вычислить коэффициент r_{11} и свободный член R_{1P} канонического уравнения [2, стр. 283].

7. Решить каноническое уравнение.

8. Построить эпюру окончательную изгибающих моментов M в заданной схеме рамы или балки, используя формулу $M = \bar{M}_1 \cdot Z_1 + \bar{M}_P$.

9. Произвести кинематическую (деформационную) проверку окончательной эпюры изгибающих моментов M .

10. Построить эпюру поперечных сил Q в заданной схеме рамы или балки, используя построенную ранее эпюру изгибающих моментов M .

11. Построить эпюру продольных сил N только в заданной схеме рамы.

12. Произвести статическую проверку равновесия всей рамы.

Таблица 5.1 – Исходные данные к РГЗ № 5

Группа	q , кН/м	F , кН	M , кН·м	l , м	h , м	$EJ_i = k_i EJ$	
						k_1	k_2
1	12	70	120	12	12	1,2	1
2	10	60	120	18	8	1	0,9
3	16	50	80	12	8	1,2	1
4	12	30	160	18	12	1	0,9
5	20	50	200	12	8	1,2	1
6	10	40	80	18	12	1,0	0,9
7	10	30	80	12	12	1,0	1,2
8	12	50	120	18	8	1,0	0,9
9	20	40	160	12	12	1,2	1,0
10	16	60	200	18	12	1,0	0,8

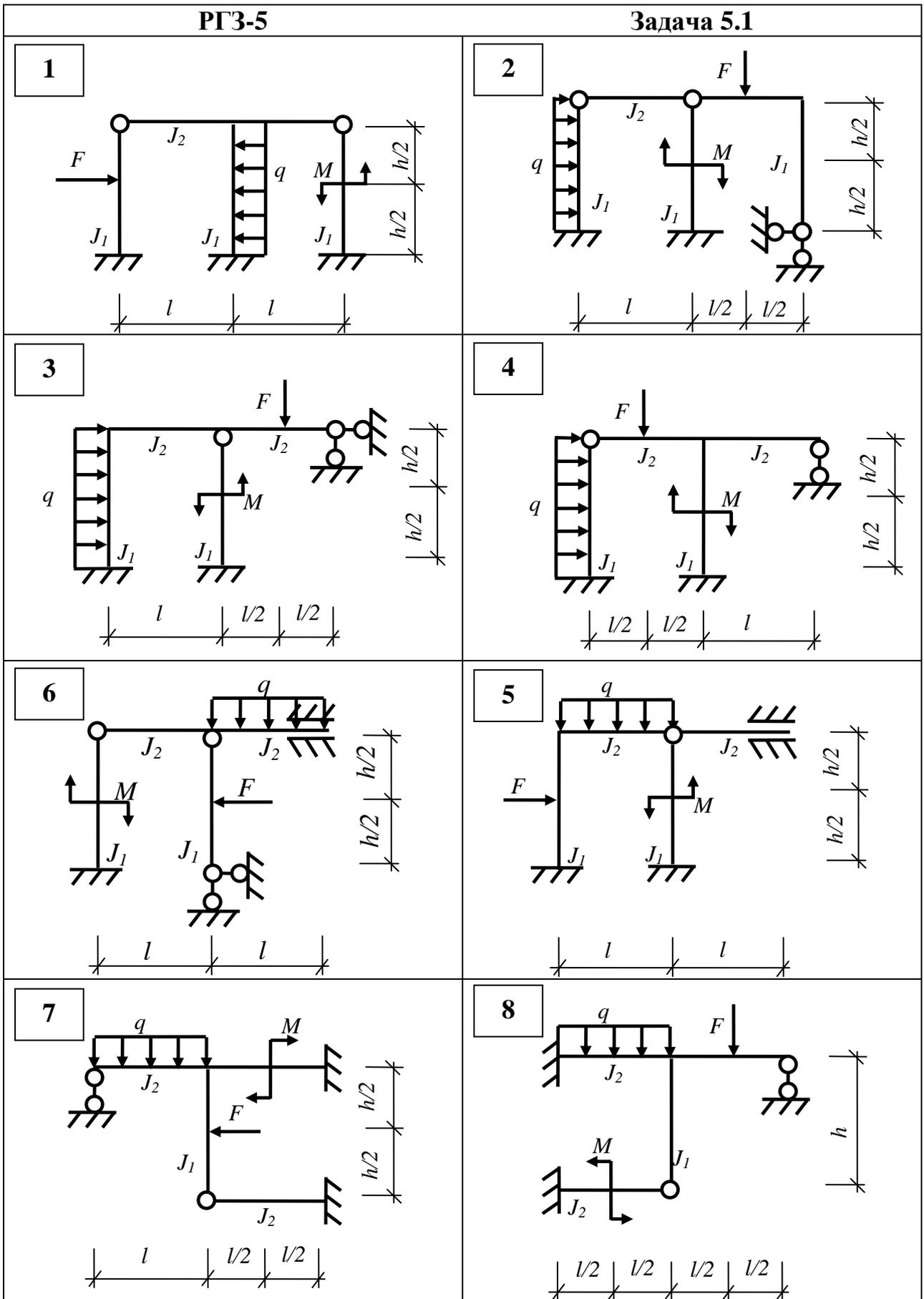


Рисунок 5.1 – Схемы 1-8 для задачи 5.1

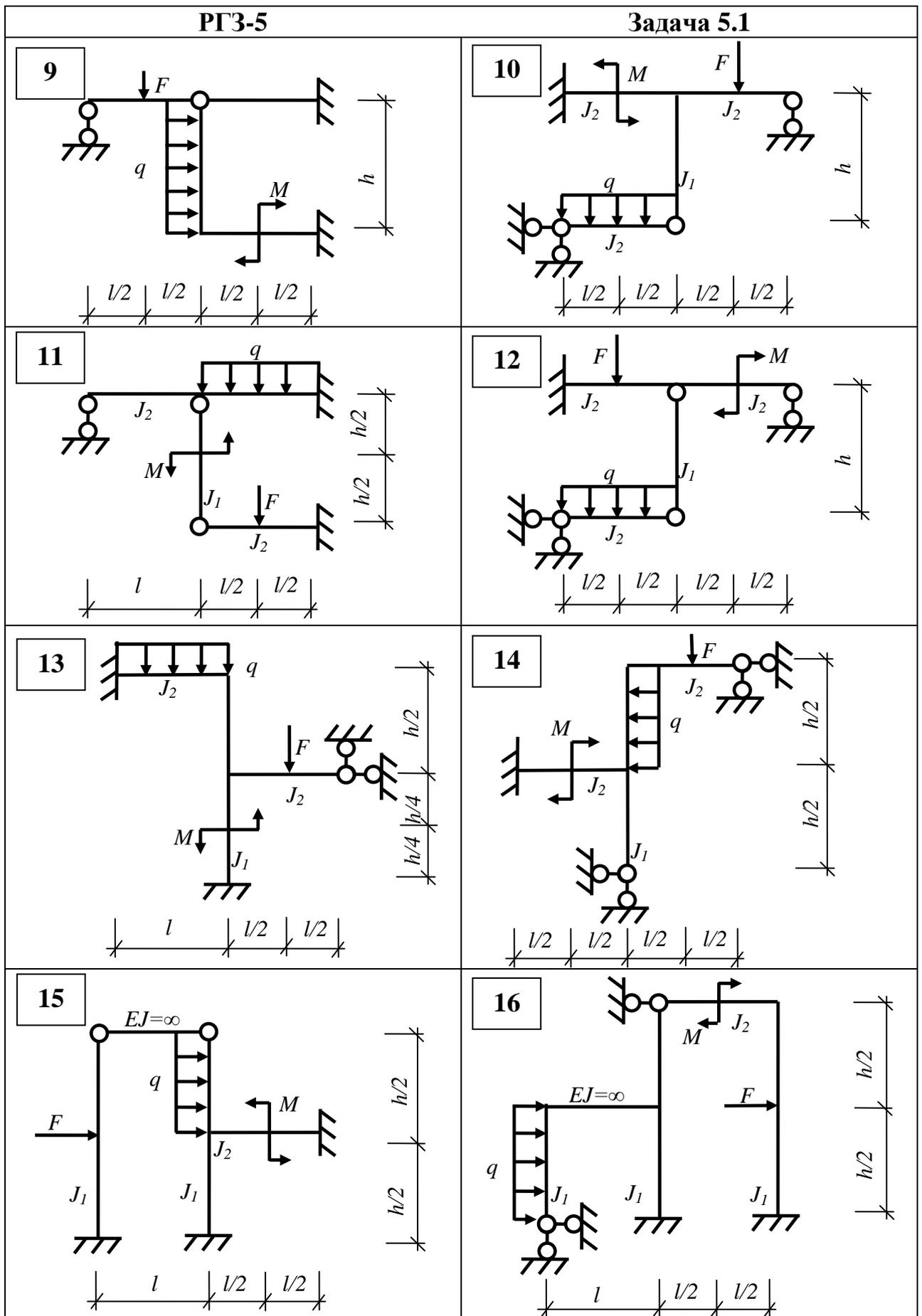


Рисунок 5.2 – Схемы 9-16 для задачи 5.1

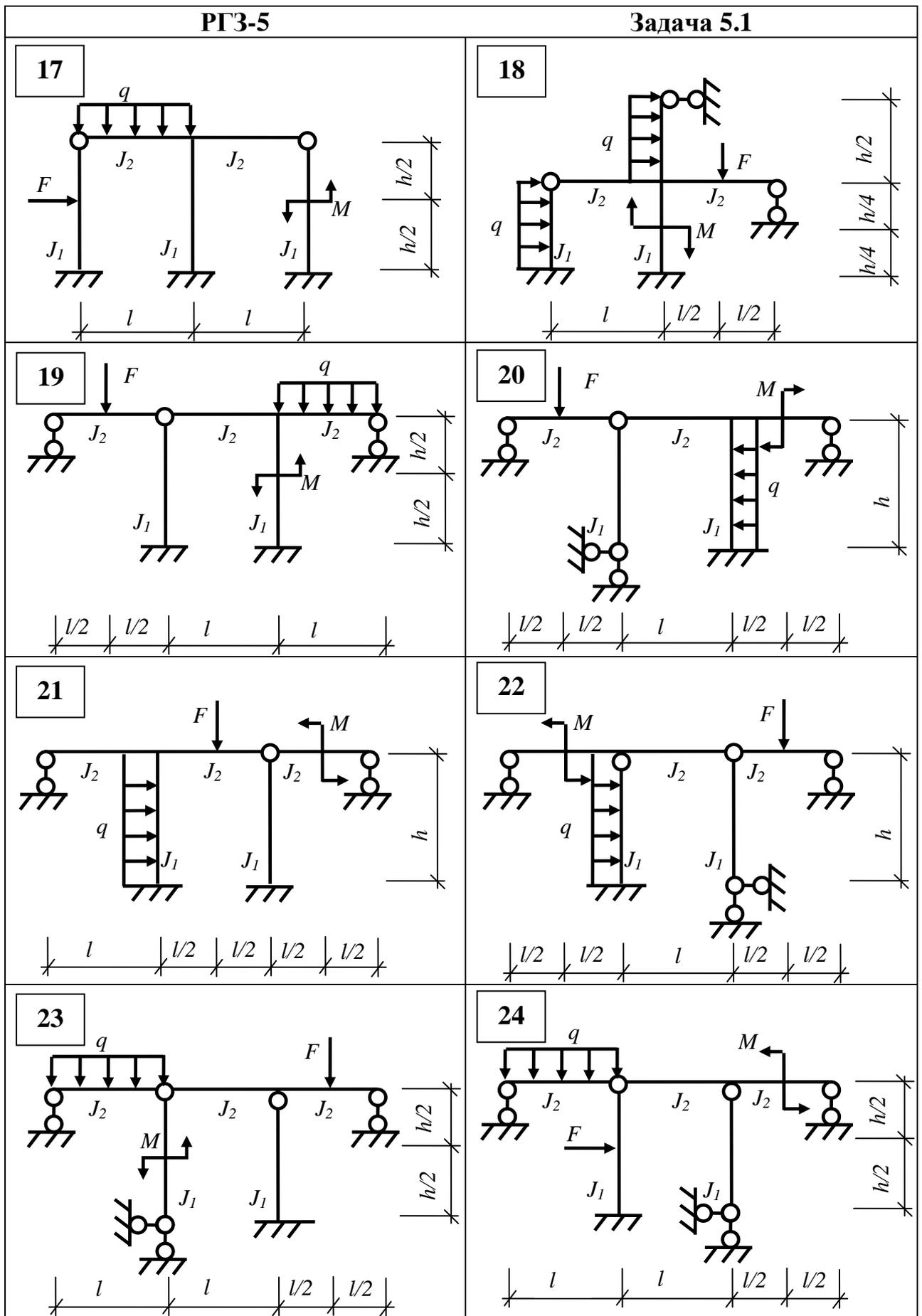


Рисунок 5.3 – Схемы 17-24 для задачи 5.1

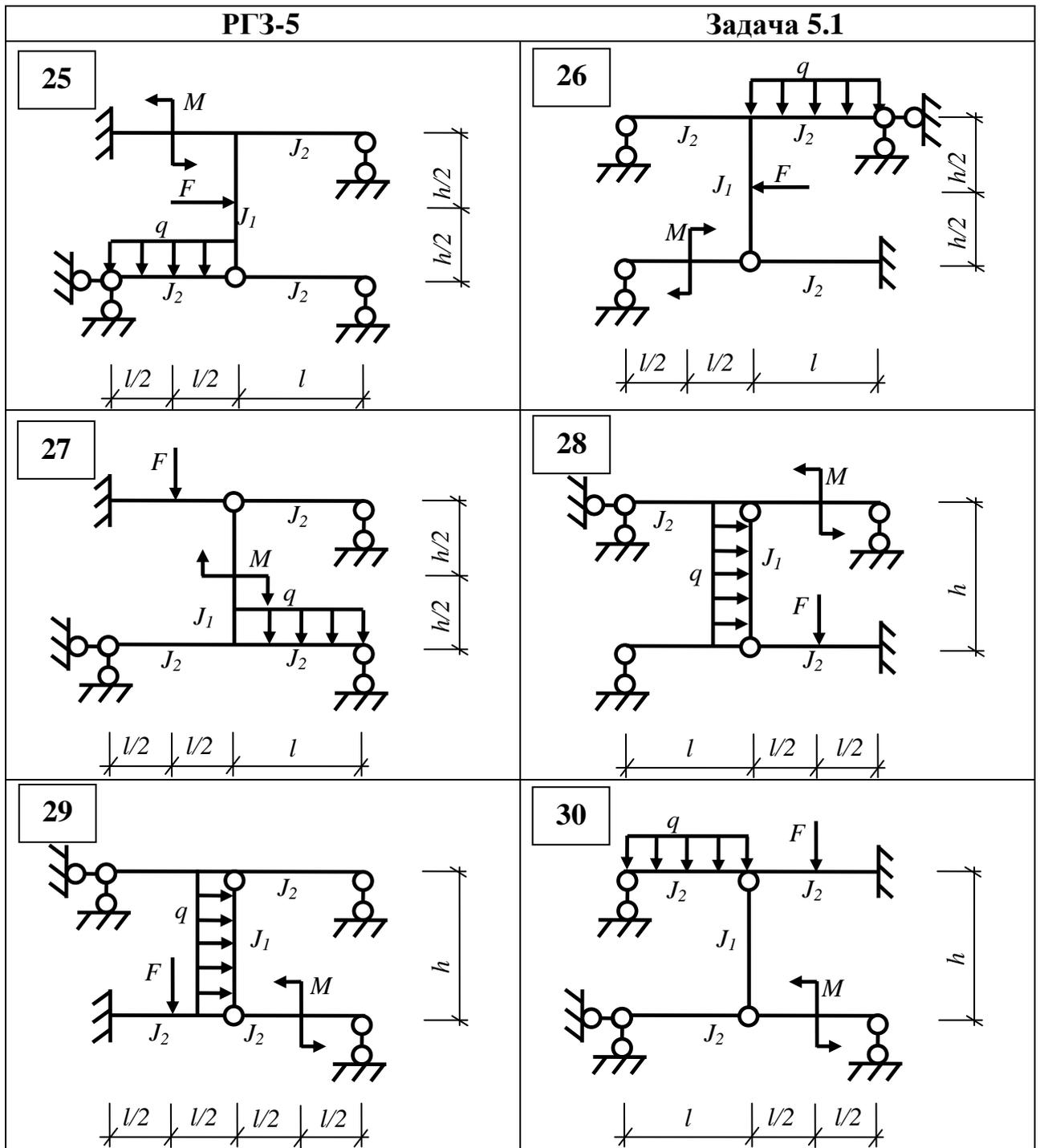


Рисунок 5.4 – Схемы 25-30 для задачи 5.1

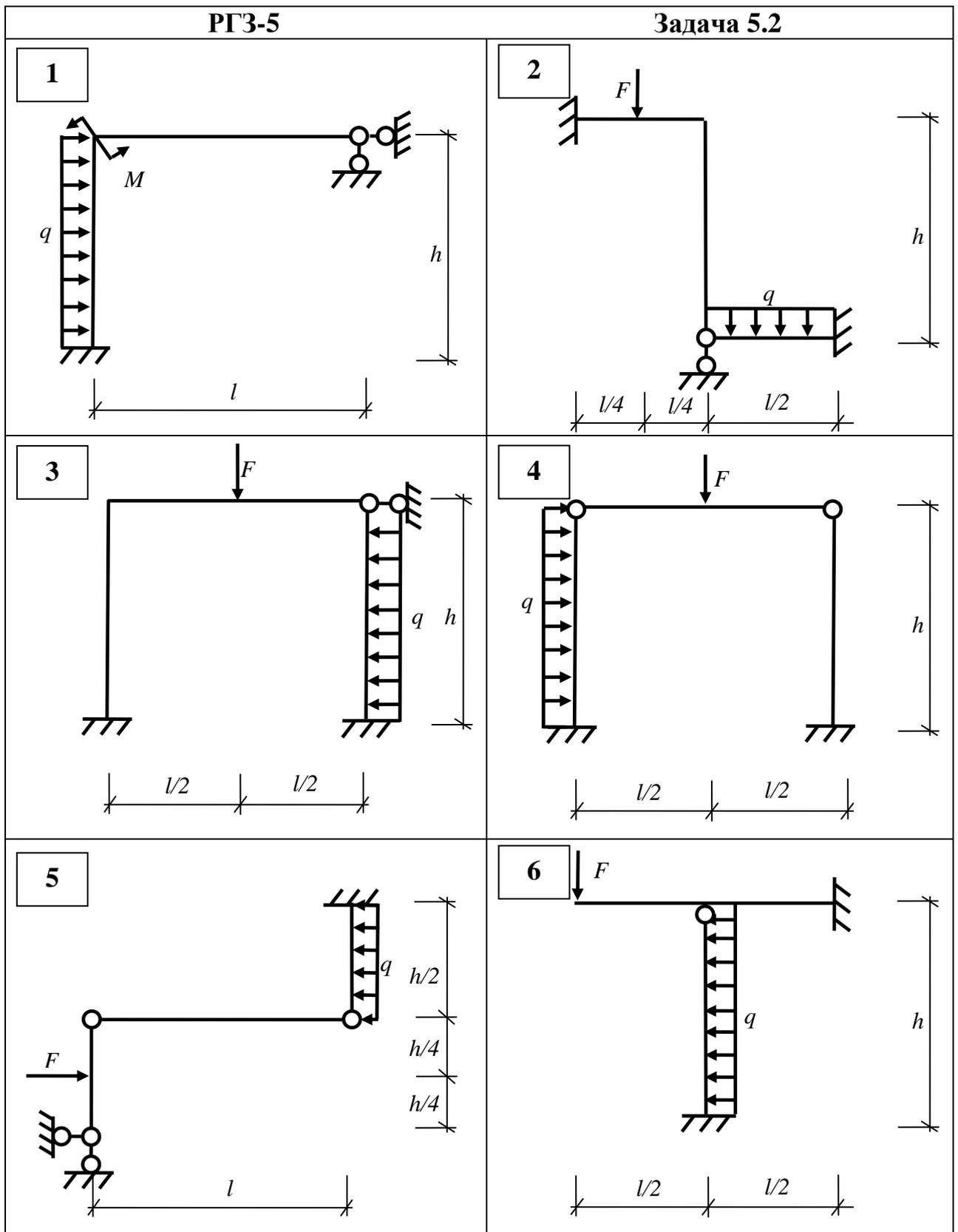


Рисунок 5.5 – Схемы 1-6 для задачи 5.2

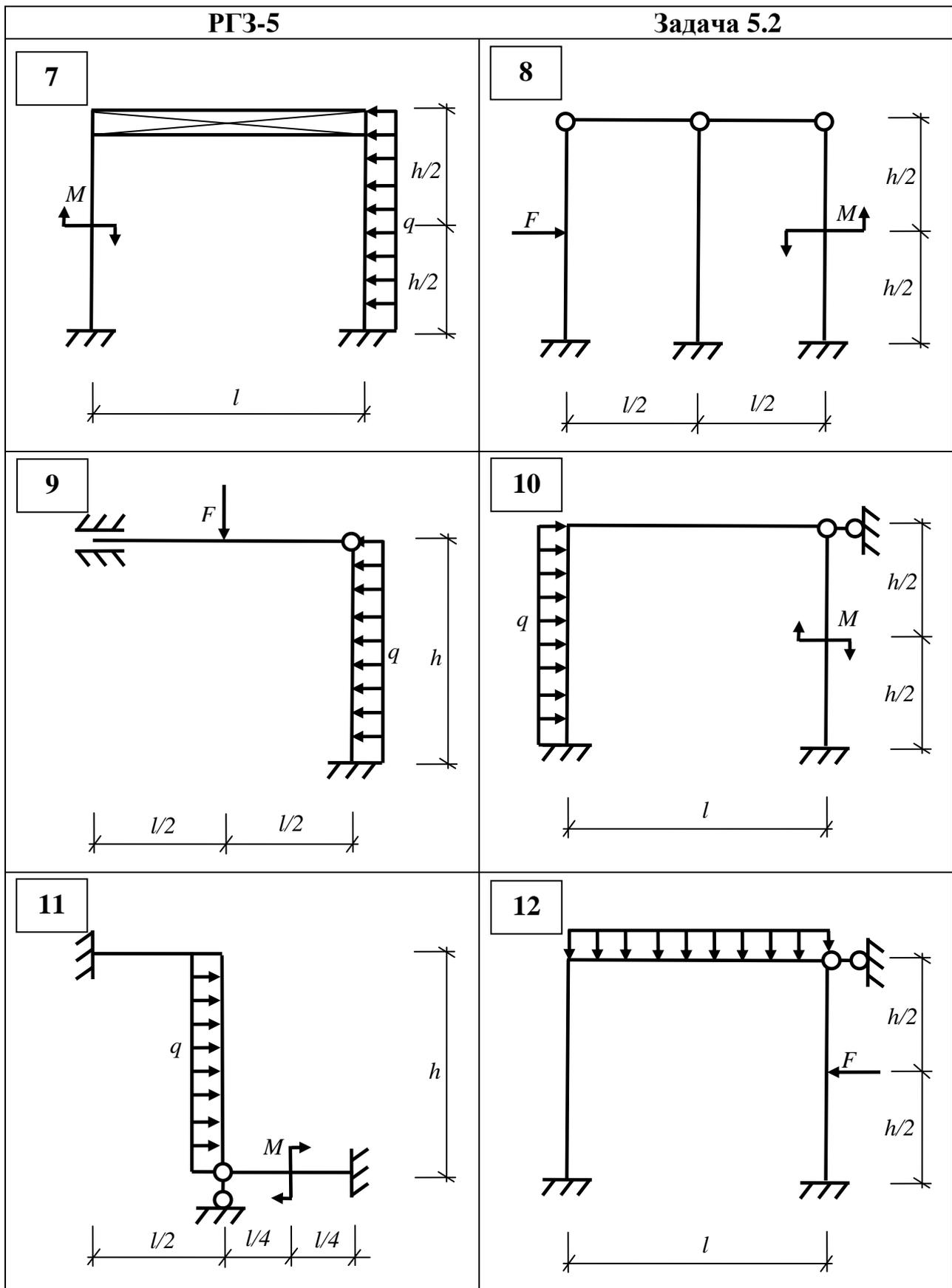


Рисунок 5.6 – Схемы 7-12 для задачи 5.2

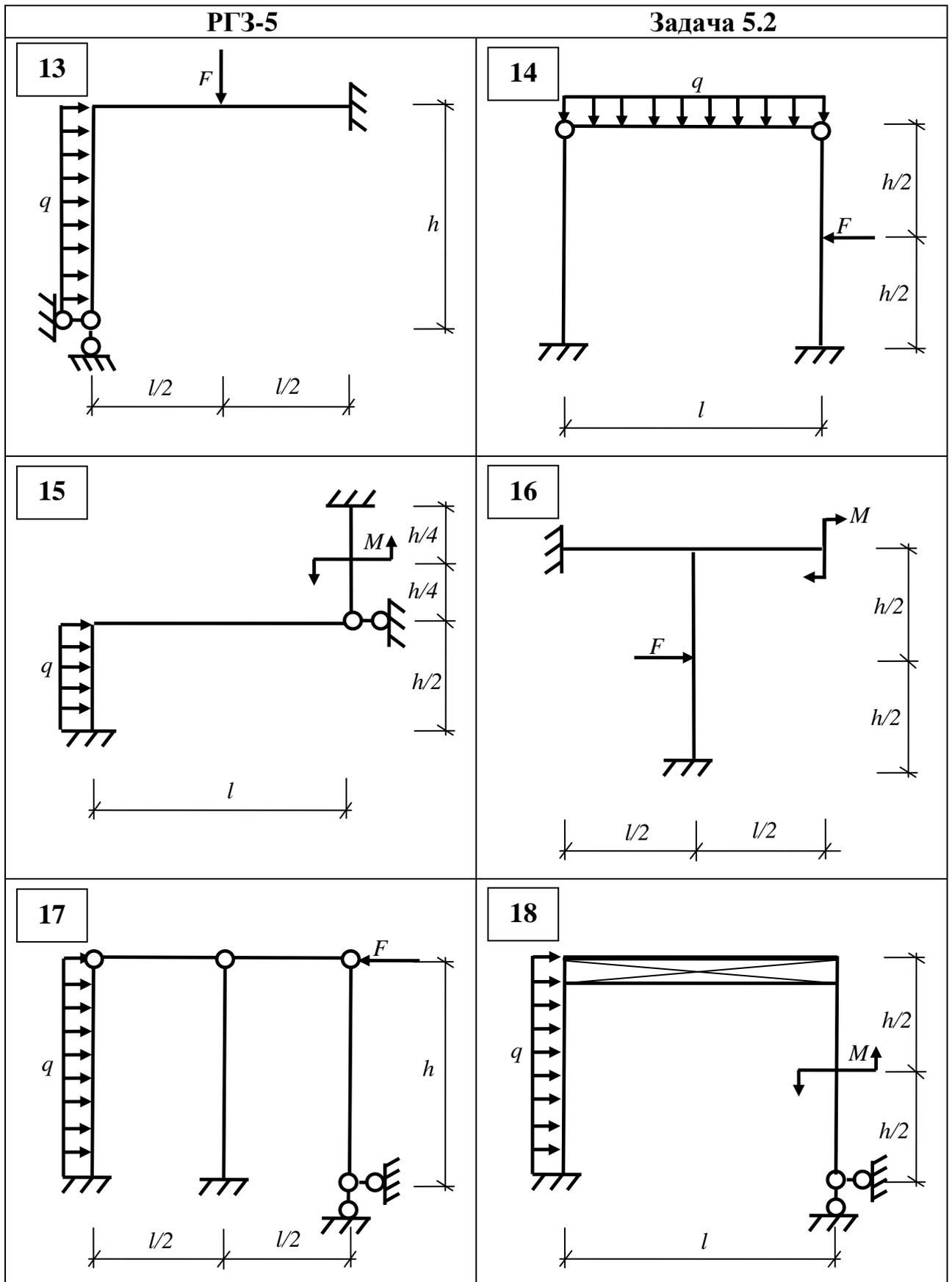


Рисунок 5.7 – Схемы 13-18 для задачи 5.2

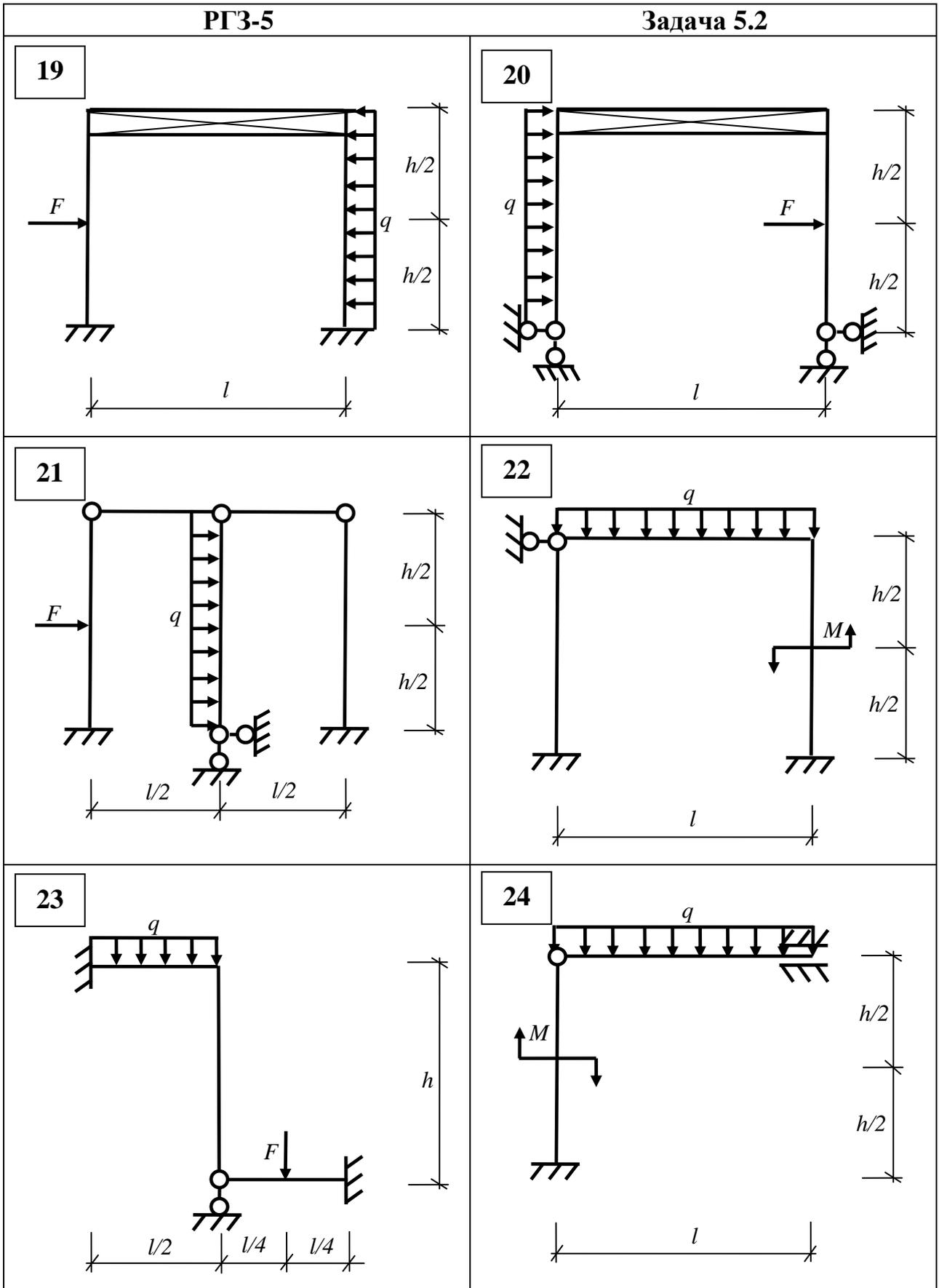


Рисунок 5.8 – Схемы 19-24 для задачи 5.2

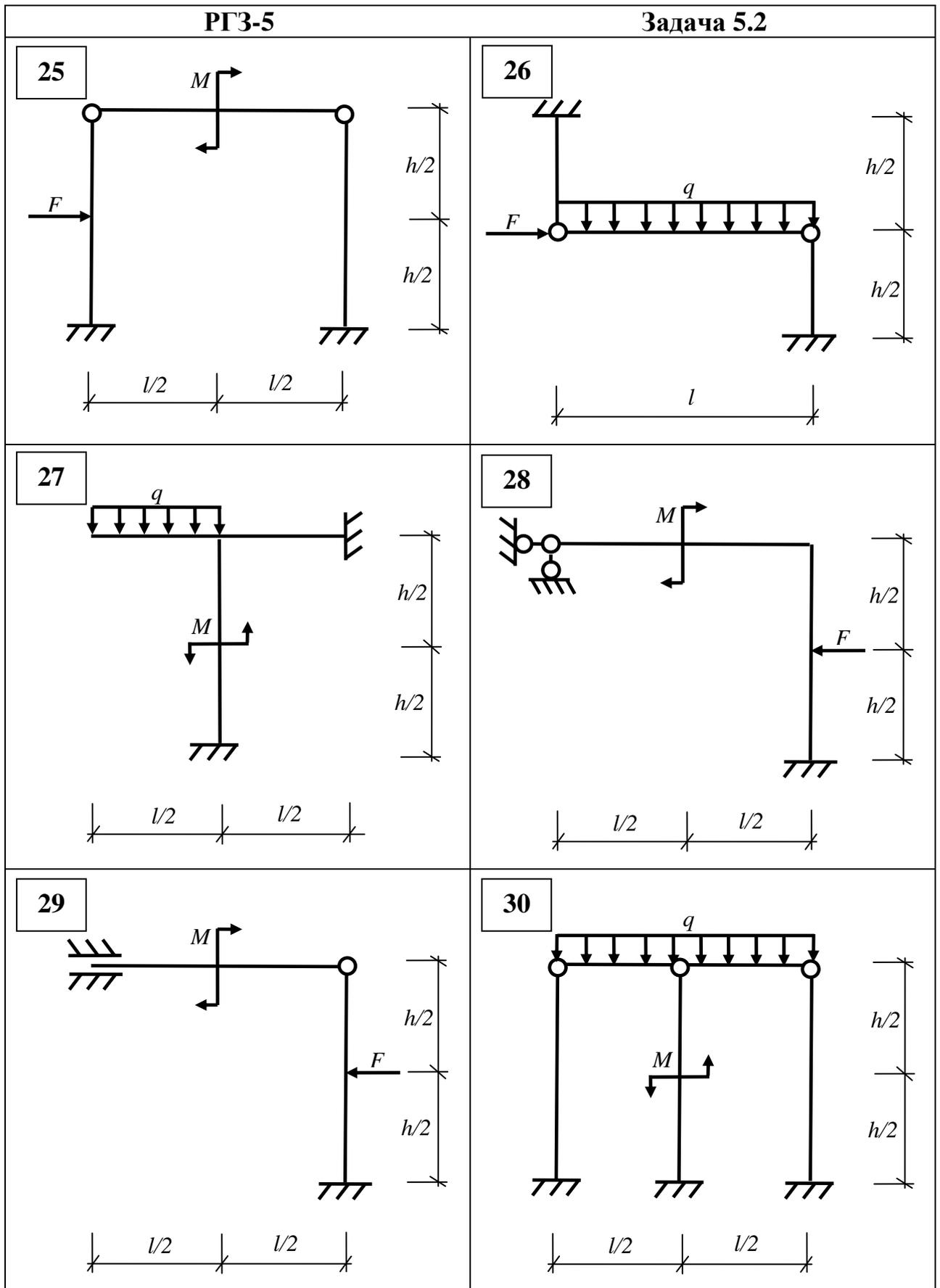


Рисунок 5.9 – Схемы 25-30 для задачи 5.2

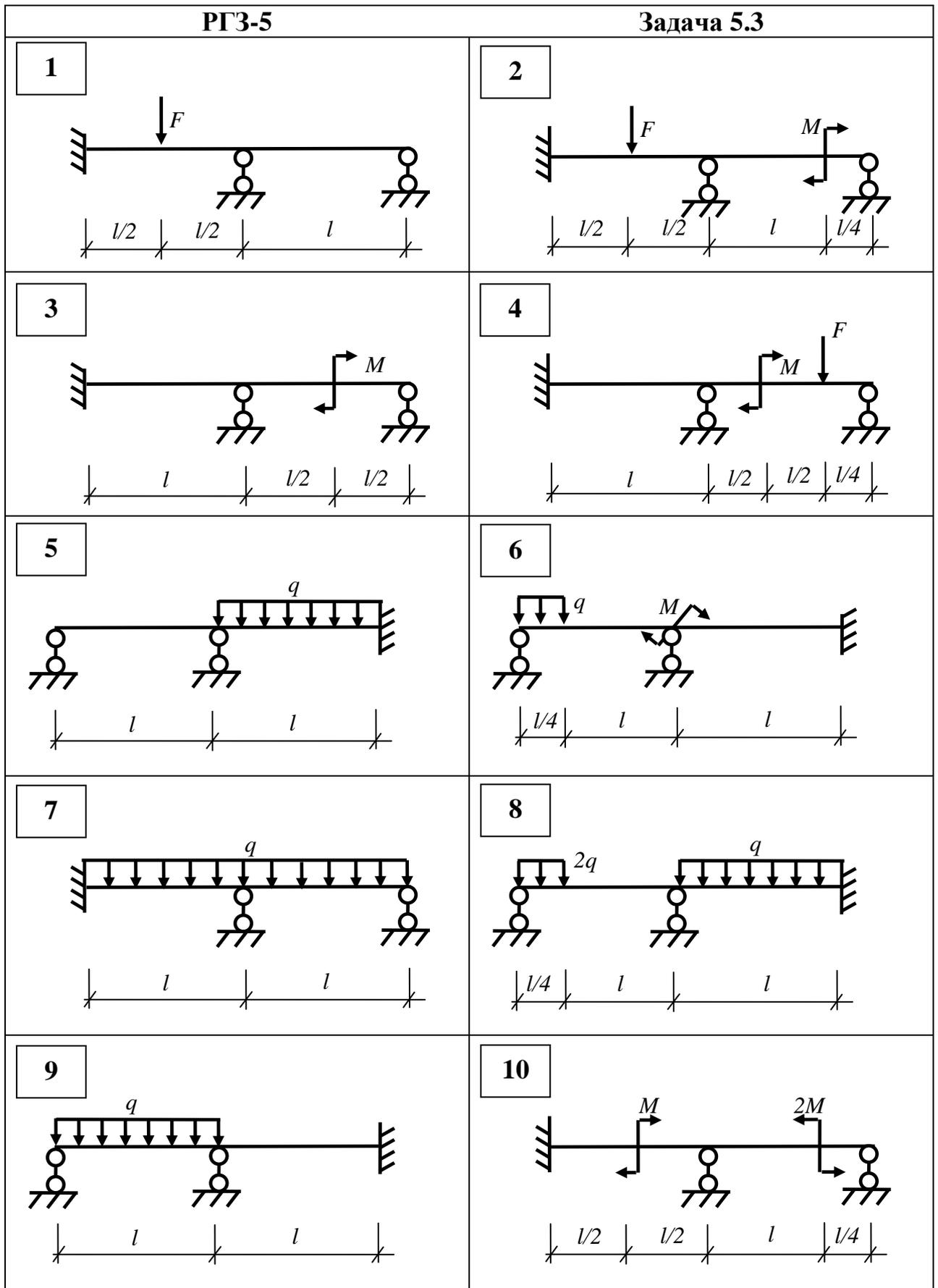


Рисунок 5.10 – Схемы 1-10 для задачи 5.3

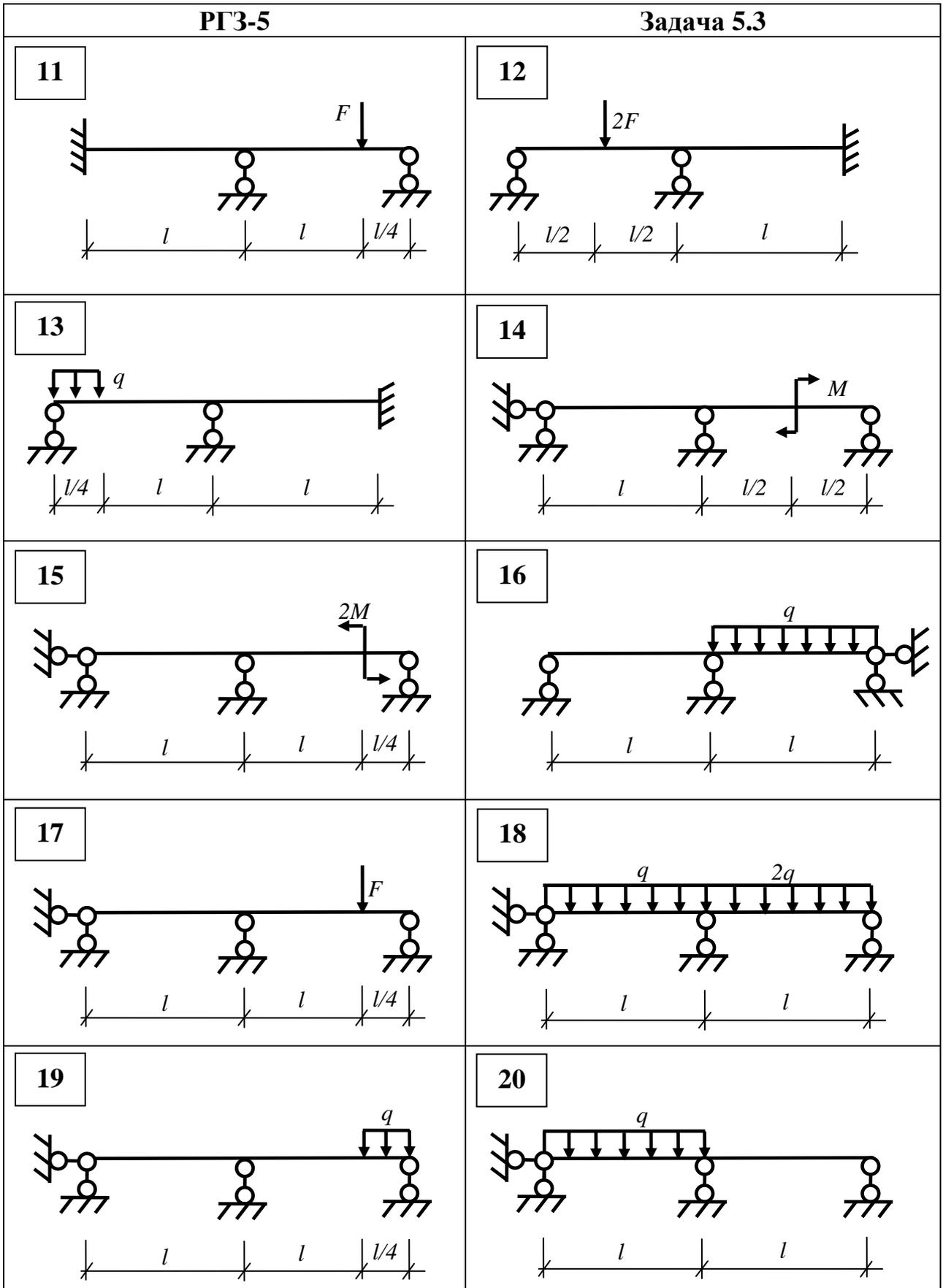


Рисунок 5.11 – Схемы 11-20 для задачи 5.3

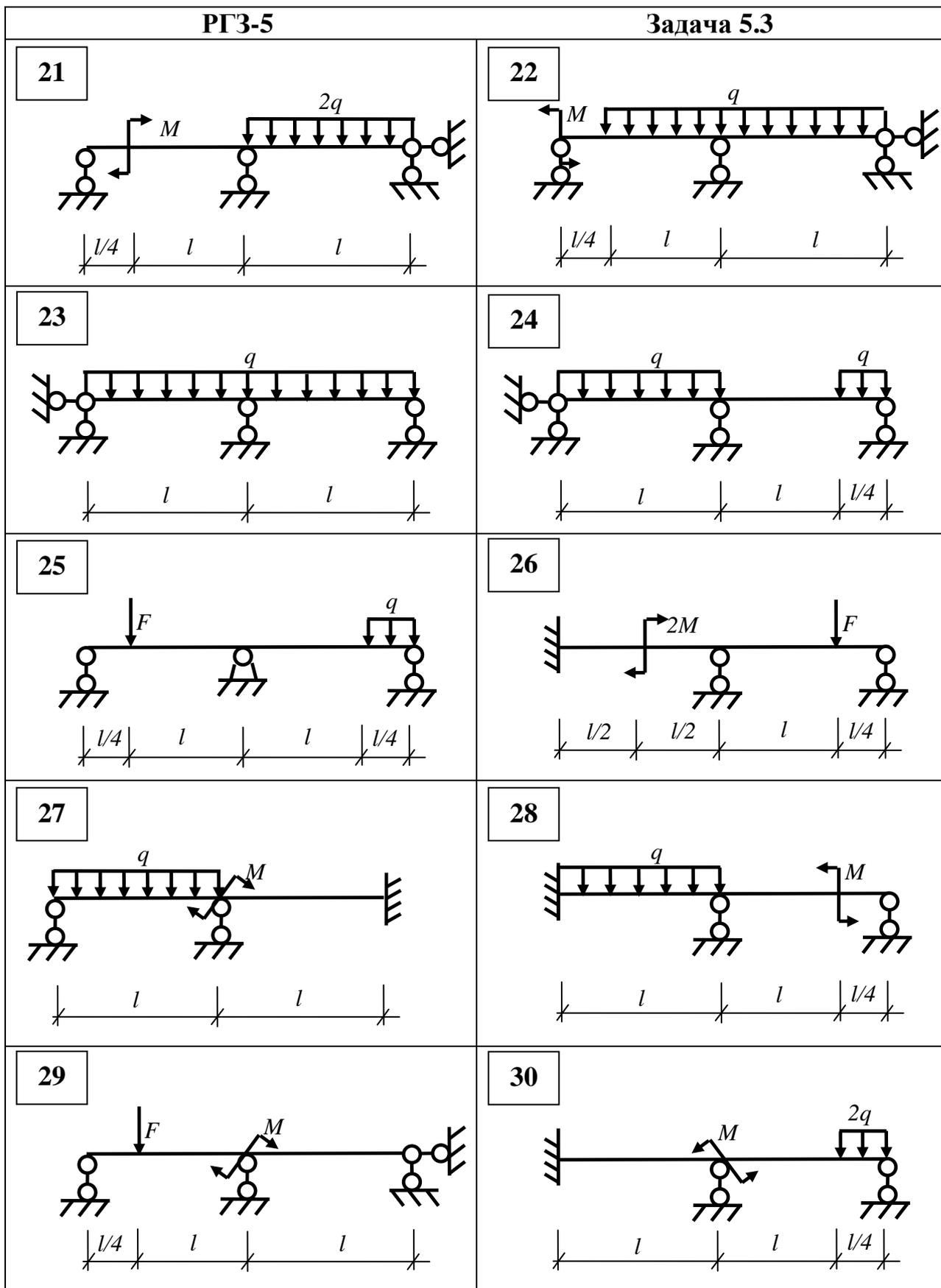


Рисунок 5.12 – Схемы 21-30 для задачи 5.3

6 Расчет неразрезной балки по методу предельного равновесия

Исходные данные к РГЗ №6 определяются по таблице 6.1 и схемам, соответствующим задаче 6 (рисунки 6.1-6.3).

Порядок выполнения задачи:

1. Показать возможные разрушения неразрезной балки.
2. Составить уравнения возможных работ для каждого полученного механизма, из которых определить наибольший изгибающий момент $M_{\text{ПР}}$.

$$\sum P_i \delta_k = \sum M_{\text{К.ПР}} \cdot \theta_{ik} \quad [5, \text{стр. 287}].$$

3. Определить требуемые моменты сопротивления сечений и соотношения жесткостей при $R_U = 20,6 \text{ кг/см}^2$.

4. Произвести расчет неразрезной балки в упругой стадии с помощью уравнения трех моментов при полученном соотношении жесткостей пролетов.

4.1 Определить степень статической неопределимости балки.

- 4.2 Показать основную систему метода сил и составить необходимое количество канонических уравнений в общем виде.

- 4.3. Построить единичную и грузовую эпюры изгибающих моментов в основной системе метода сил.

- 4.4 Составить систему канонических уравнений в численном виде и из ее решения определить неизвестные.

- 4.5 Построить эпюру изгибающих моментов M в заданной схеме неразрезной балки $M = \bar{M}_1 \cdot X_1 + \bar{M}_2 \cdot X_2 + \dots + \bar{M}_P$.

4.6 Вычислить требуемые моменты сопротивления сечений $W_{\text{упр}}$.

5. Произвести сравнение расчетов в упругой стадии и по методу предельного равновесия.

Таблица 6.1 – Исходные данные для РГЗ №6

Номер группы	q кН/м	P_1 кН	P_2 кН	P_3 кН	l_1 м	l_2 м	l_3 м
1	10	120	0	80	8	12	16
2	12	0	120	100	12	18	16
3	15	100	0	160	16	12	18
4	16	0	100	60	16	8	12
5	18	160	0	140	12	16	8
6	20	0	160	120	18	18	12
7	18	140	0	100	12	8	16
8	16	0	140	80	16	8	16
9	12	120	0	140	8	16	12
10	10	0	120	160	18	16	8

Примечание – Сосредоточенные силы приложены либо в среднем сечении пролета, либо на расстоянии четверти длины пролета от опор.

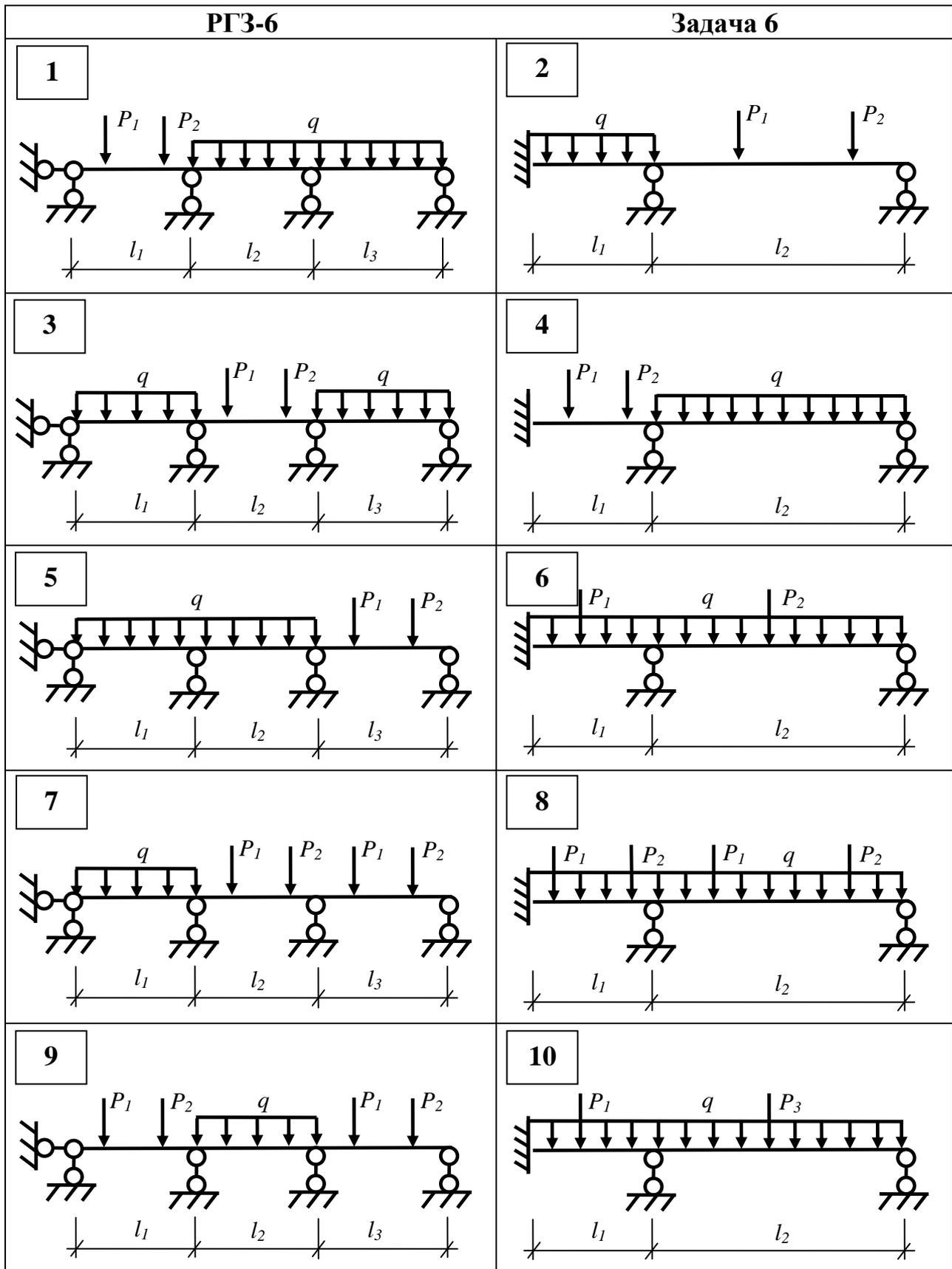


Рисунок 6.1 – Схемы 1-10 для задачи 6

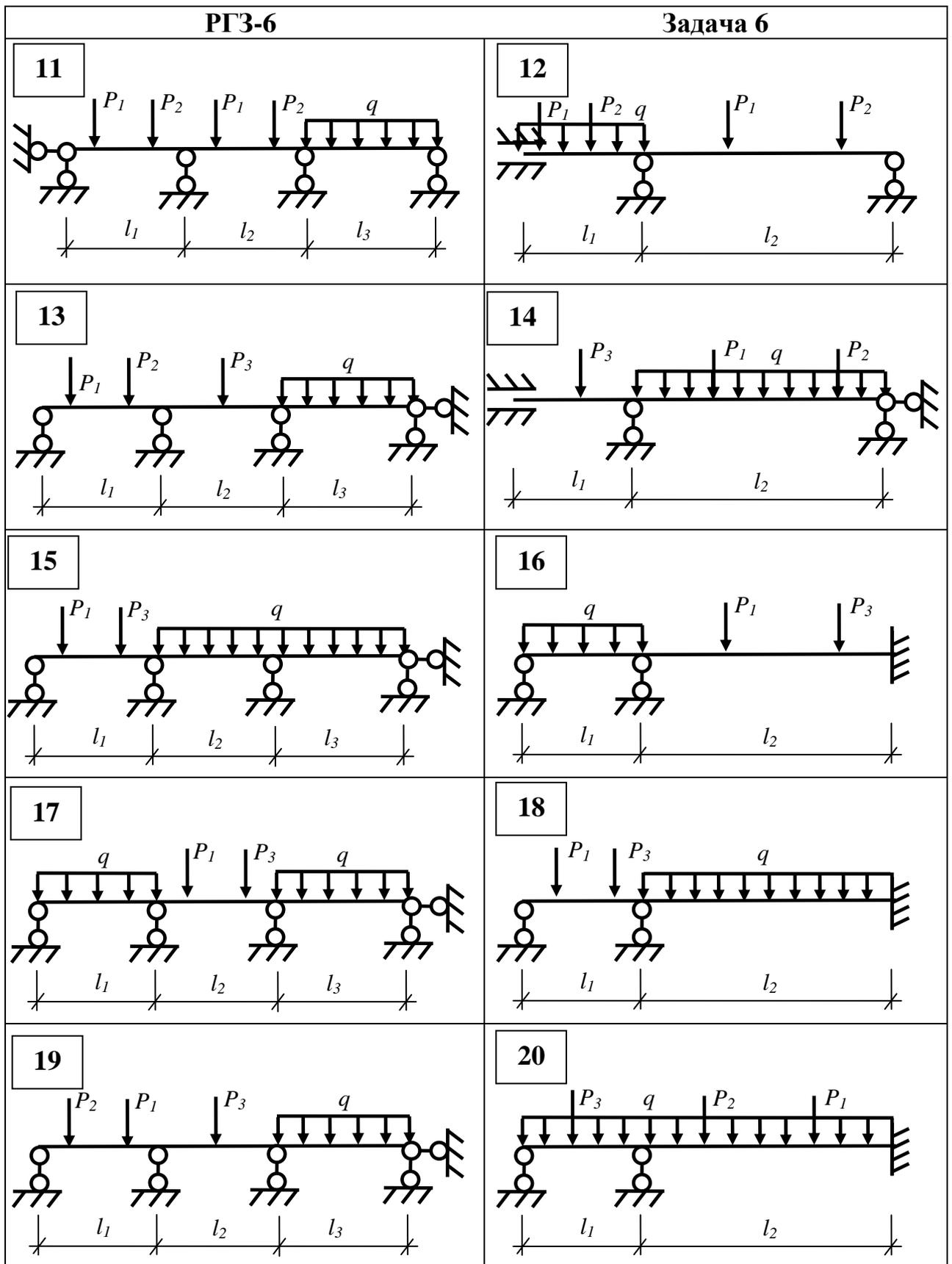


Рисунок 6.2 – Схемы 11-20 для задачи 6

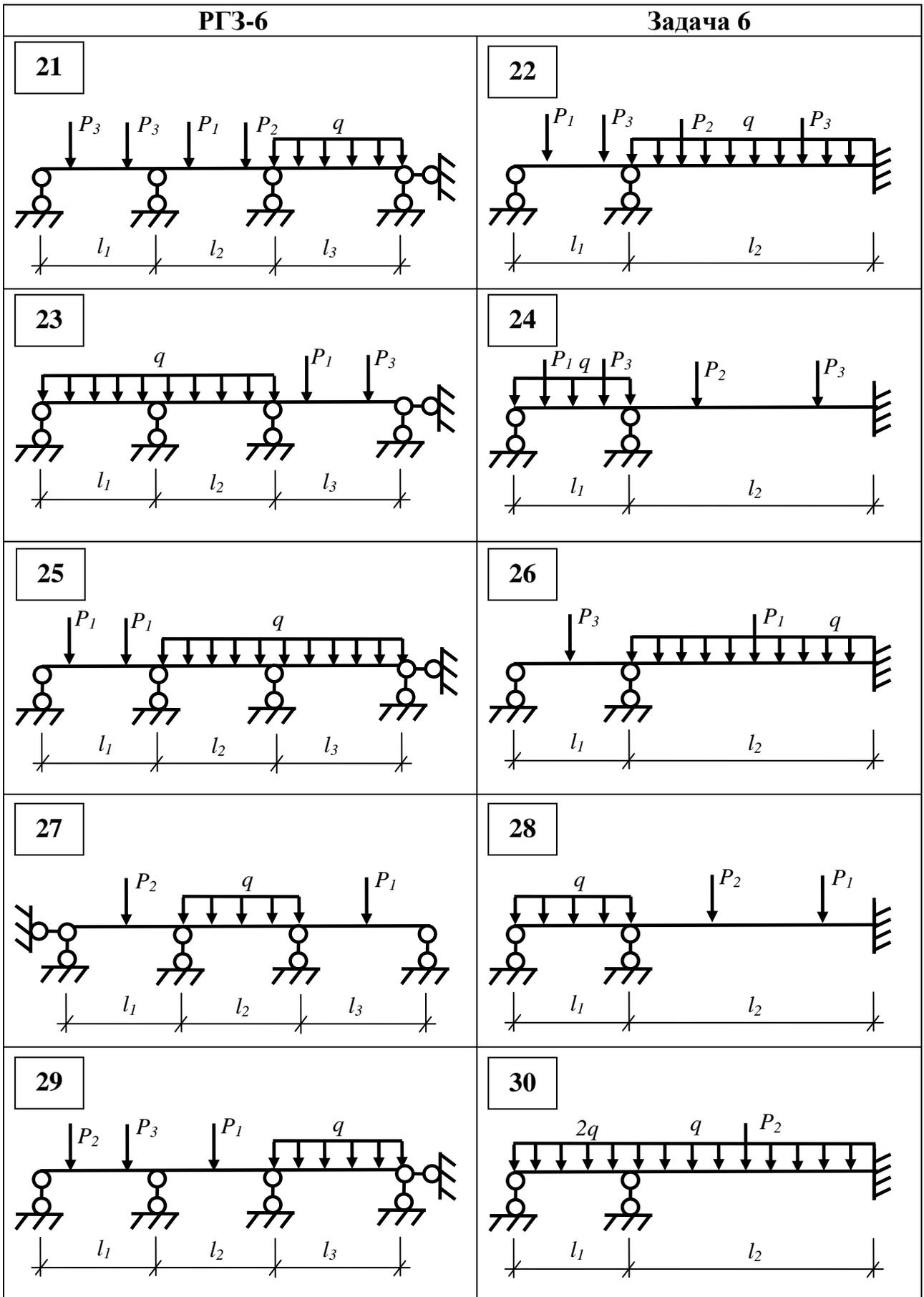


Рисунок 6.3 – Схемы 21-30 для задачи 6

7 Расчет плоской рамы на устойчивость методом перемещений

Исходные данные к РГЗ №7 определяются по таблице 7.1 и схемам, соответствующим задаче 7 (рисунки 7.1-7.5).

Порядок выполнения задачи:

1. Начертить схему рамы с размерами и нагрузками.

2. Вычислить относительные жесткости стержней $i = EJ/l$ и параметры ν всех сжатых стержней рамы, используя выражение $\nu = h \cdot \sqrt{\frac{P_n}{EJ_n}}$,

где n – номер сжатого стержня. Все относительные жесткости выразить через i_0 , а параметры ν_n – через ν_0 , приняв за i_0 и ν_0 любые из относительных жесткостей и критических параметров, соответственно.

3. Определить степень кинематической неопределимости и показать основную систему метода перемещений [2, стр. 266].

4. Составить канонические уравнения и получить уравнение устойчивости в общем виде [2, стр. 269].

5. Построить в основной системе эпюры изгибающих моментов от единичных перемещений по направлениям введенных связей. Эпюры в сжатых стержнях криволинейны. Эпюры в стержнях, не работающих на сжатие, строятся так же, как и при расчете методом перемещений на прочность. Ординаты изгибающих моментов следует записать через соответствующие относительные жесткости.

6. С помощью построения эпюр определить реакции во введенных связях и подставить их в уравнение устойчивости п.4.

7. Установить границы, в пределах которых может изменяться критический параметр ν_0 .

8. Решить уравнение устойчивости методом последовательных приближений.

9. По найденным значениям параметра ν_0 определить критические силы и расчетные длины сжатых стержней по формулам:

$$F_{n,cr} = \frac{\nu_n^2 \cdot EJ_n}{h_n^2}; \quad h_{n,0} = \frac{\pi \cdot h_n}{\nu_n} \quad [2, \text{стр. 411}].$$

Таблица 7.1 – Исходные данные к РГЗ №7

Номер группы	$l, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$F_i = \alpha_i \cdot F$		$EJ_i = \beta_i \cdot EJ$			$EJ, \text{ кН} \cdot \text{м}^2$
			α_1	α_2	β_1	β_2	β_3	
1	6	4	1	2	2	1	1	200
2	4	3	1	2	2	2	1	200
3	5	3	2	3	3	2	2	300
4	8	5	3	2	3	1	2	300
5	9	6	3	2	4	3	4	600
6	10	5	3	1	3	3	2	300
7	12	4	4	3	4	2	2	300
8	8	4	2	3	2	3	2	300
9	8	3	3	2	4	2	3	450
10	6	5	2	1	3	2	1	200

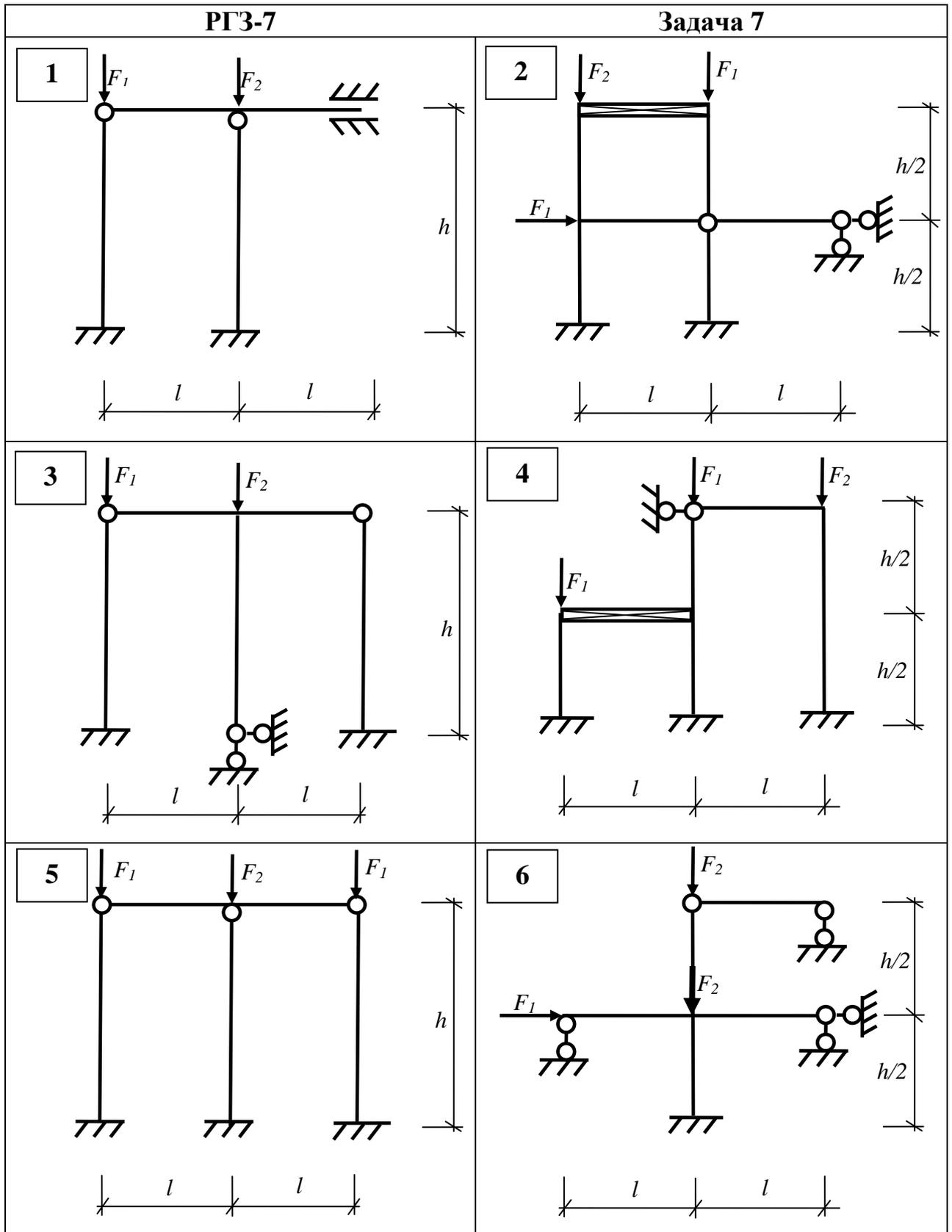


Рисунок 7.1 – Схемы 1-6 для задачи 7

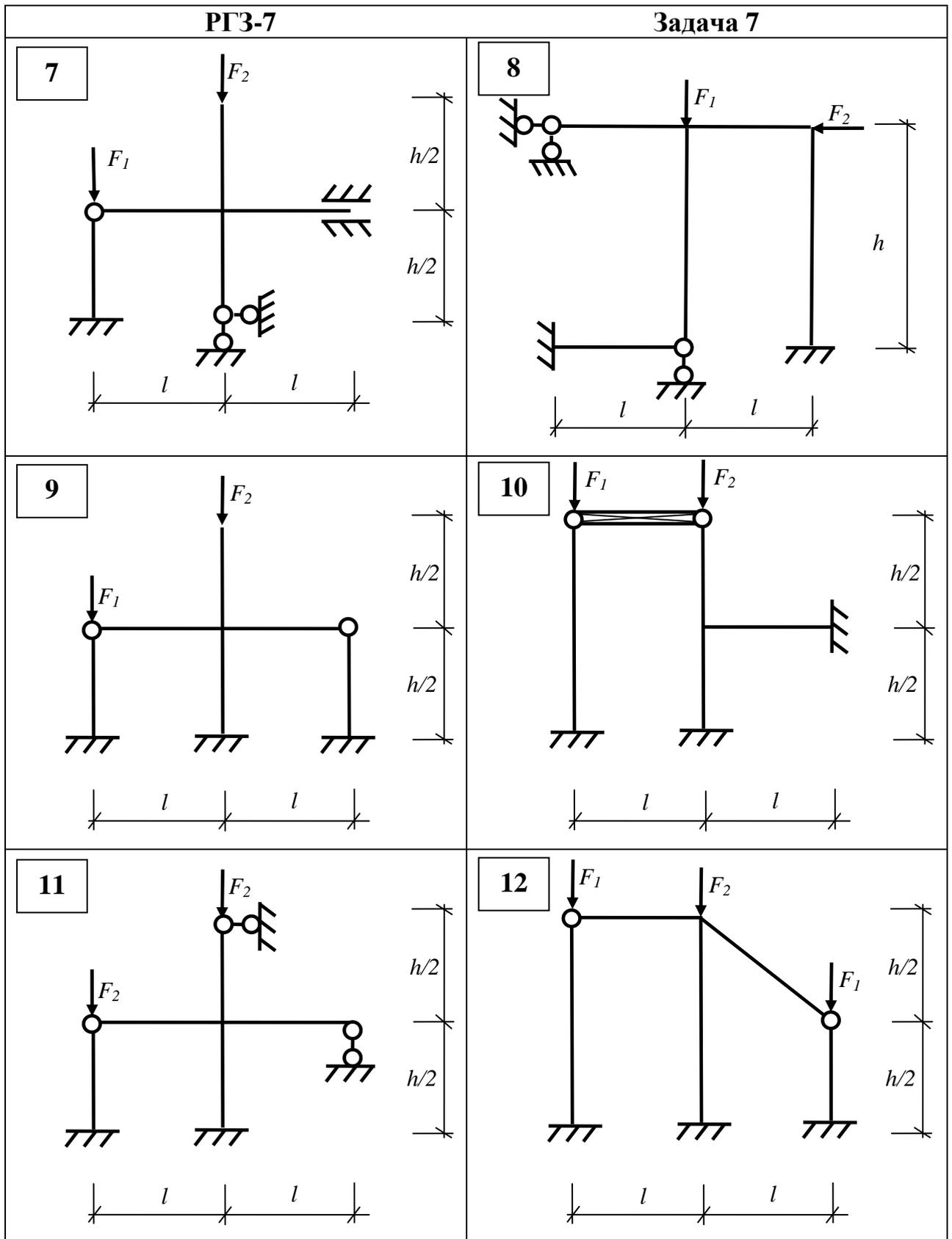


Рисунок 7.2 – Схемы 7-12 для задачи 7

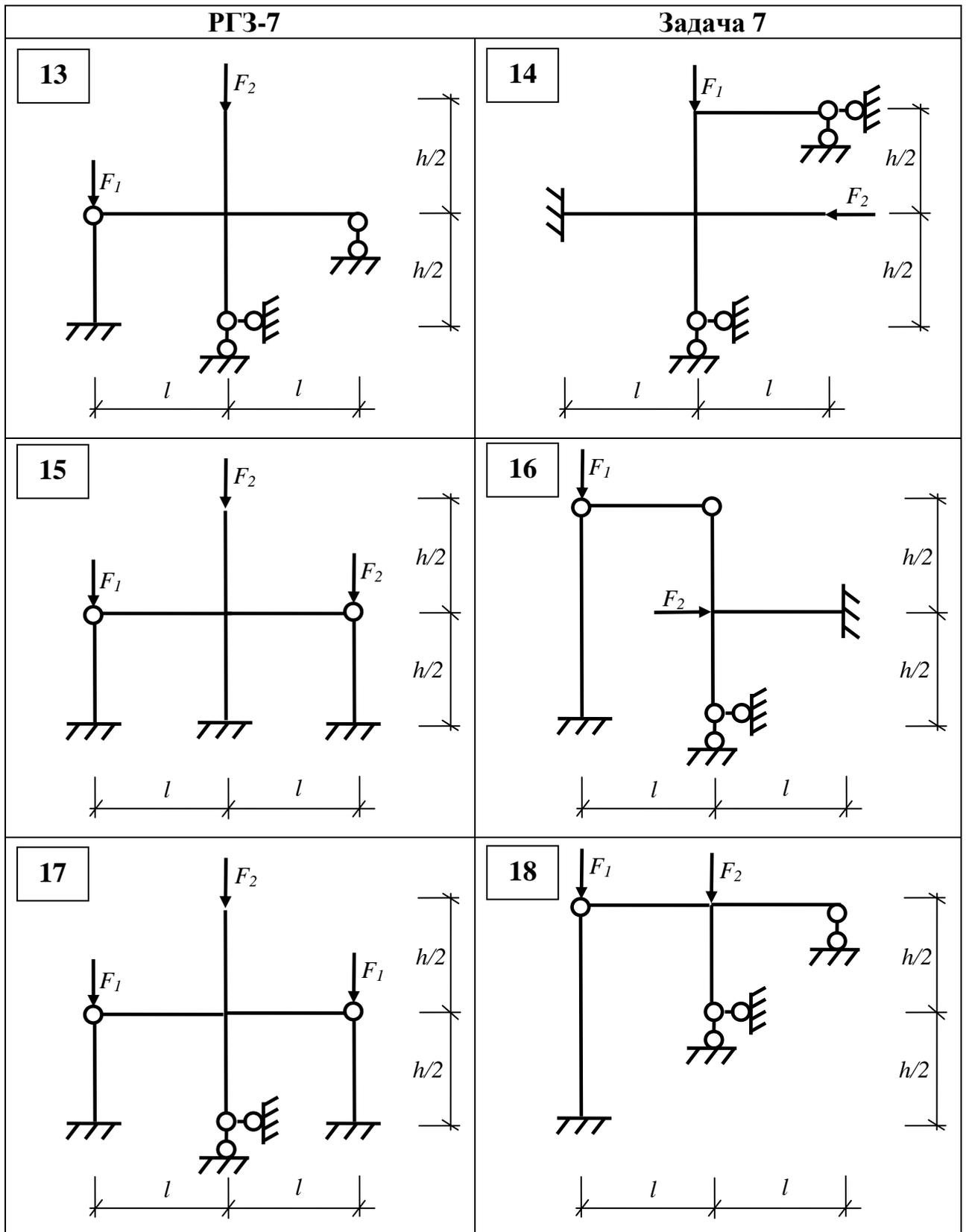


Рисунок 7.3 – Схемы 13-18 для задачи 7

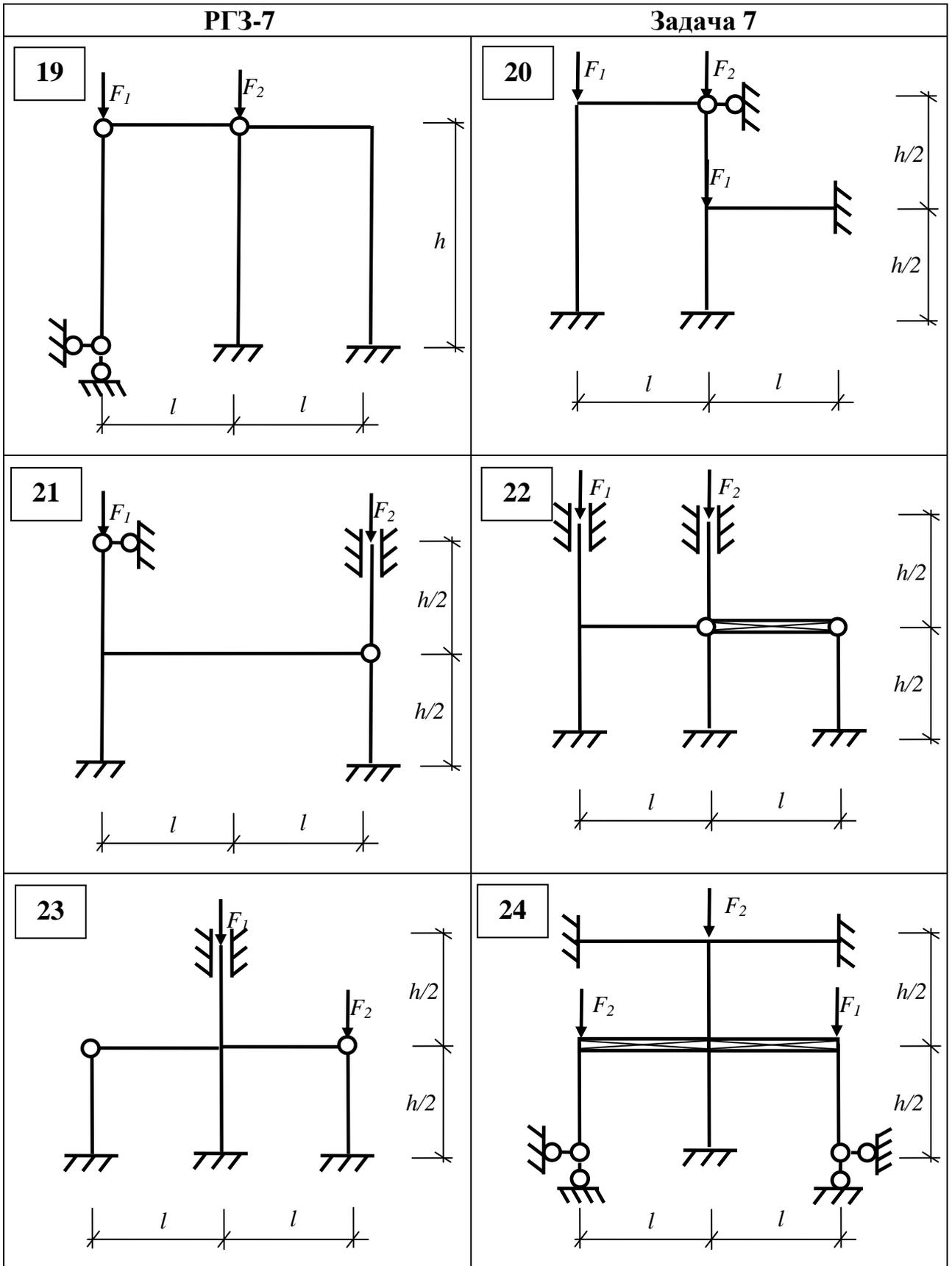


Рисунок 7.4 – Схемы 19-24 для задачи 7

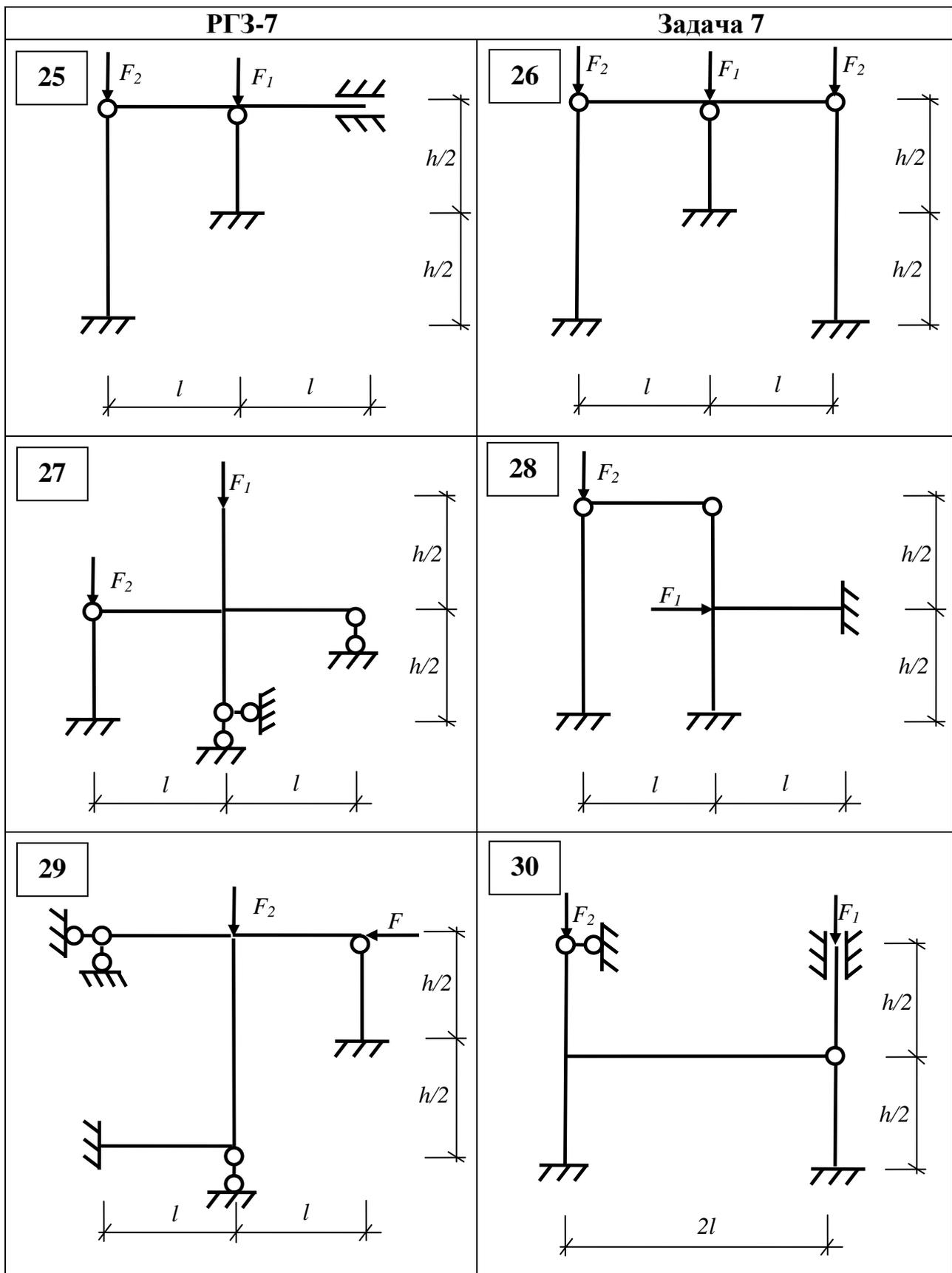


Рисунок 7.5 – Схемы 25-30 для задачи 7

8 Динамический расчет рамы

Исходные данные к РГЗ №8 определяются по таблице 8.1 и схемам, соответствующим задачам 8.1 (рисунки 8.1-8.5) и 8.2 (рисунки 8.6-8.10).

Порядок выполнения задачи 8.1:

1. Определить число степеней свободы сосредоточенных масс.
2. Определить частоты свободных колебаний сосредоточенных масс [2, стр. 529].

- 2.1. Составить вековое уравнение в общем виде.

- 2.2. Приложить последовательно по направлению колебаний масс единичные силы и построить эпюры изгибающих моментов M_1 и M_2 от их действия в заданной системе. Расчет статически неопределимой рамы следует провести методом сил.

- 2.3. Определить коэффициенты векового уравнения.

Примечание – При определении перемещений в статически неопределимых системах по формуле Мора, следует пользоваться тем свойством, что одну из эпюр можно построить в любой статически определимой системе, полученной из заданной путем удаления «лишних» связей.

- 2.4. Определить частоты свободных колебаний из решения векового уравнения.

- 2.5. Произвести проверку правильности решения векового уравнения. При правильном раскрытии определителя должны выполняться следующие условия:

- а) $\sum \lambda_i = S_p(D)$

- б) $\prod \lambda_i = [D]$

где $S_p(D)$ - след матрицы D , составленной из коэффициентов векового уравнения;

$\prod \lambda_i$ - произведение корней векового уравнения;

$[D]$ - определитель матрицы D .

2.6. Построить формы свободных колебаний.

3. Определить усилия в раме при синхронном действии двух вибрационных нагрузок.

3.1. Составить в общем виде канонические уравнения для определения сил инерции масс и показать расчетную схему рамы при $\sin \theta = 1$.

3.2. Построить эпюру изгибающих моментов M_F от статического действия амплитудных значений вибрационных нагрузок.

3.3. Определить главные коэффициенты канонических уравнений инерционных сил

$$\delta_{ii}^* = \delta_{ii} - \frac{1}{m_i \cdot \theta^2}.$$

3.4. Определить свободные члены системы канонических уравнений

$$\Delta_{iF} = \sum \int \frac{M_i \cdot M_F}{EJ} dx.$$

3.5. Решив систему канонических уравнений инерционных сил, определить значение сил инерции масс.

3.6. Построить эпюру динамических усилий

$$M_{\text{ДИН}} = \pm \left(\sum M_i \cdot J_i + M_F \right).$$

Порядок решения задачи 8.2:

1. Определить число степеней свободы сосредоточенных масс.

2. Определить частоты свободных колебаний сосредоточенных масс.

2.1. Составить вековое уравнение в общем виде.

2.2. Приложить последовательно по направлению колебаний масс единичные силы и построить эпюры изгибающих моментов \bar{M}_1 и \bar{M}_2 от их действия в заданной системе.

2.3. Определить коэффициенты векового уравнения.

2.4. Определить частоты свободных колебаний из решения векового уравнения.

2.5. Построить главные формы свободных колебаний.

3. Определить усилия в раме при синхронном действии двух вибрационных нагрузок.

3.1. Составить в общем виде канонические уравнения для определения сил инерции масс и показать расчетную схему рамы при $\sin \theta t = 1$.

3.2. Построить эпюру изгибающих моментов M_F от статического действия амплитудных значений вибрационных нагрузок.

3.3. Определить главные коэффициенты канонических уравнений инерционных сил

$$\delta_{ii}^* = \delta_{ii} - \frac{1}{m_i \cdot \theta^2}.$$

3.4. Определить свободные члены системы канонических уравнений

$$\Delta_{iF} = \sum \int \frac{M_i \cdot M_F}{EJ} dx.$$

3.5. Решив систему канонических уравнений инерционных сил, определить значение сил инерции масс.

3.6. Построить эпюру динамических усилий

$$M_{дин} = \pm \left(\sum M_i \cdot J_i + M_F \right).$$

Таблица 8.1 – Исходные данные к РГЗ №8

Номер группы	q , кН/м	F_1 , кН	F_2 , кН	l , м	h , м	$m_i = \alpha_i \cdot m$		$EJ_i = \beta_i \cdot EJ$		θ/ω_{\min}
						α_1	α_2	β_1	β_2	
1	10	40	0	6	4	1	2	1	2	0,70
2	12	0	40	5	3	2	1	2	3	0,60
3	14	50	0	8	3	2	3	1	2	0,75
4	18	0	50	6	3	1	2	2	1	0,65
5	20	60	0	6	4	2	1	1	2	0,60
6	24	0	60	8	3	1	2	2	1	0,75
7	16	70	0	5	4	2	3	2	1	0,65
8	20	0	70	6	4	1	2	3	2	0,70
9	24	80	0	9	4	2	1	2	3	0,75
10	28	0	80	8	4	1	3	2	1	0,60

Примечания:

1. F_1, F_2, q – амплитудные значения вибрационных нагрузок $F_1(t) = F_1 \cdot \sin \theta t$, $F_2(t) = F_2 \cdot \sin \theta t$, $q(t) = q \cdot \sin \theta t$.

2. Изгибные жесткости стоек принять EJ_1 , а ригелей - EJ_2 .

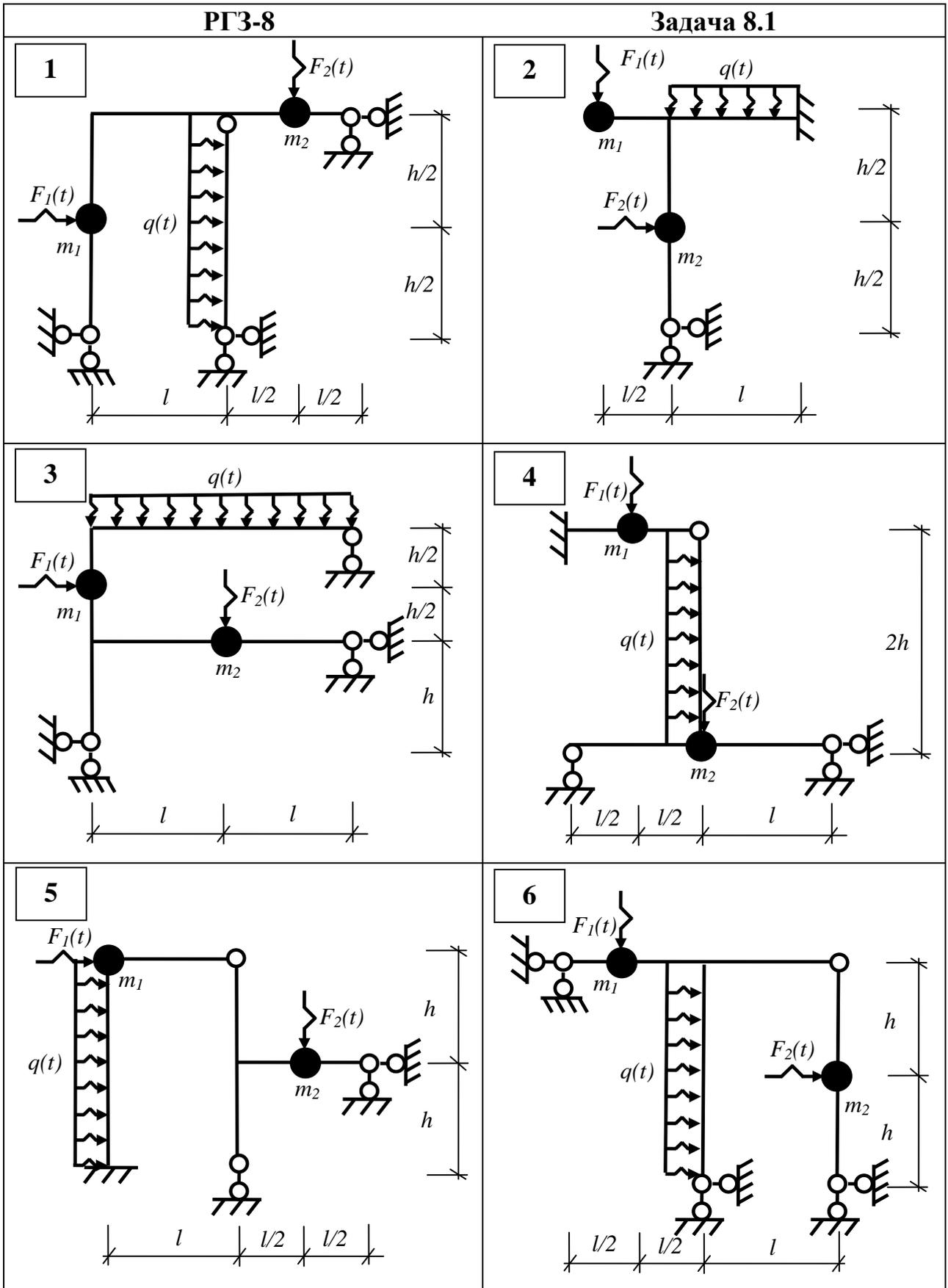


Рисунок 8.1 – Схемы 1-6 для задачи 8.1

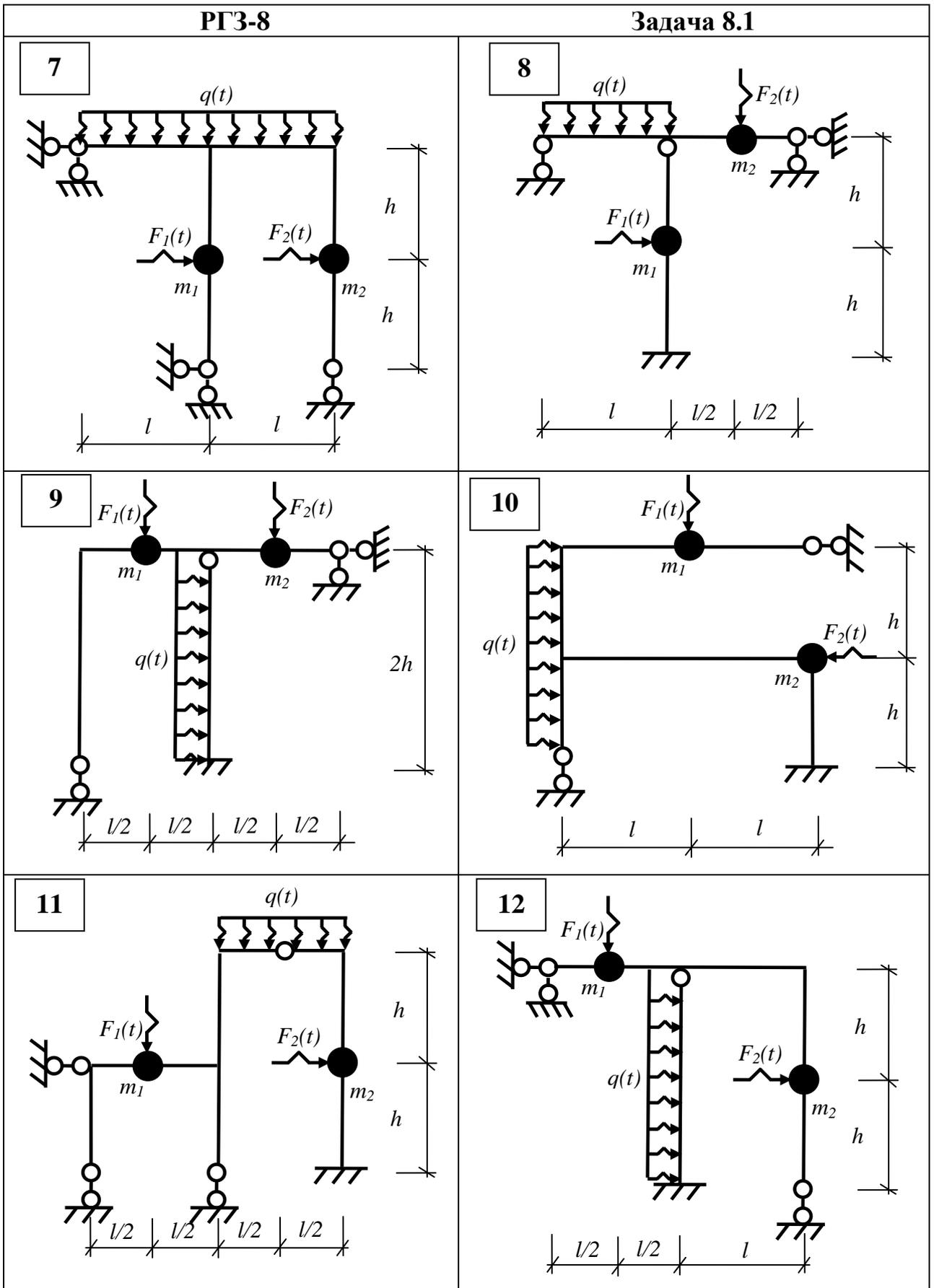


Рисунок 8.2 – Схемы 7-12 для задачи 8.1

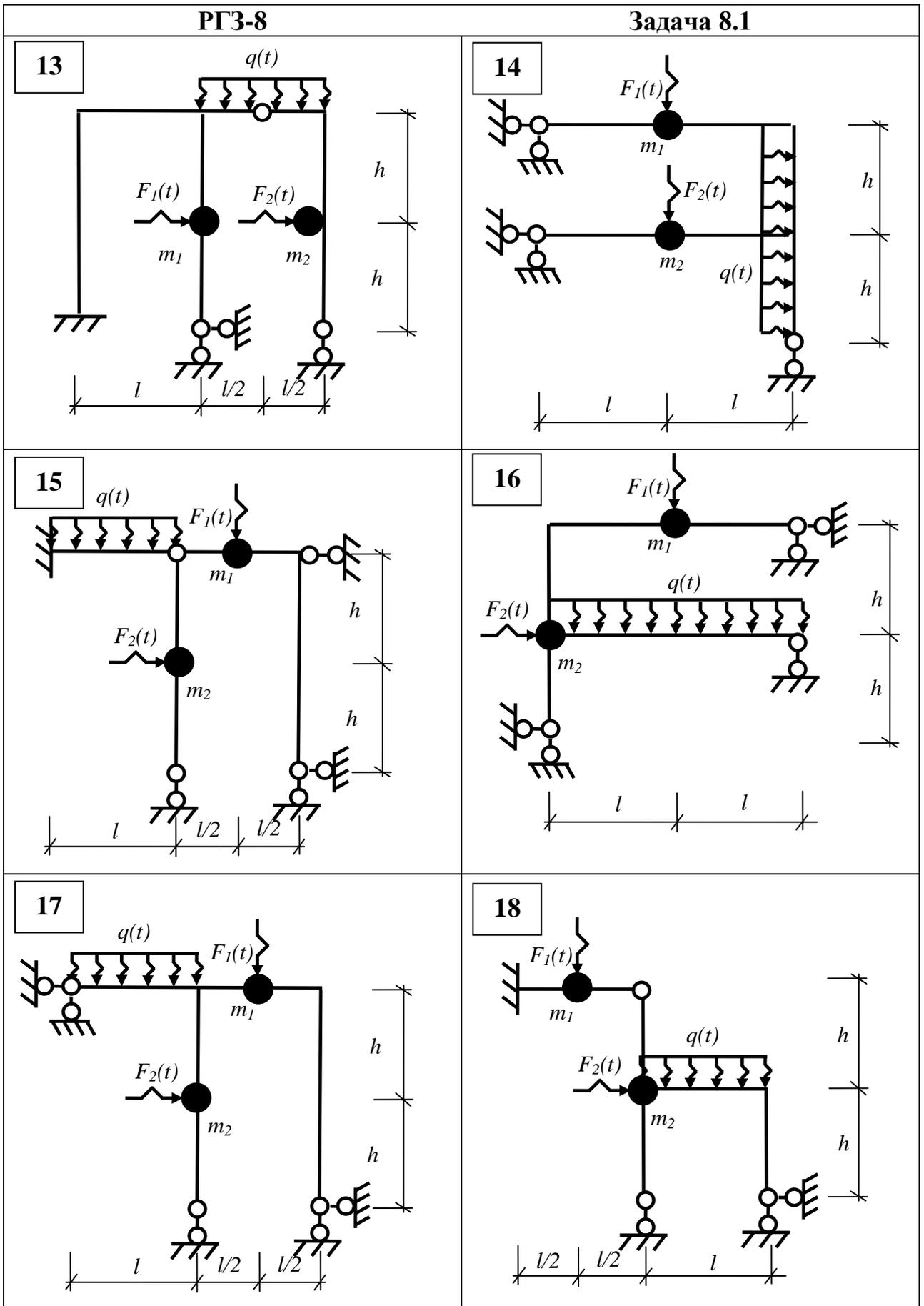


Рисунок 8.3 – Схемы 13-18 для задачи 8.1

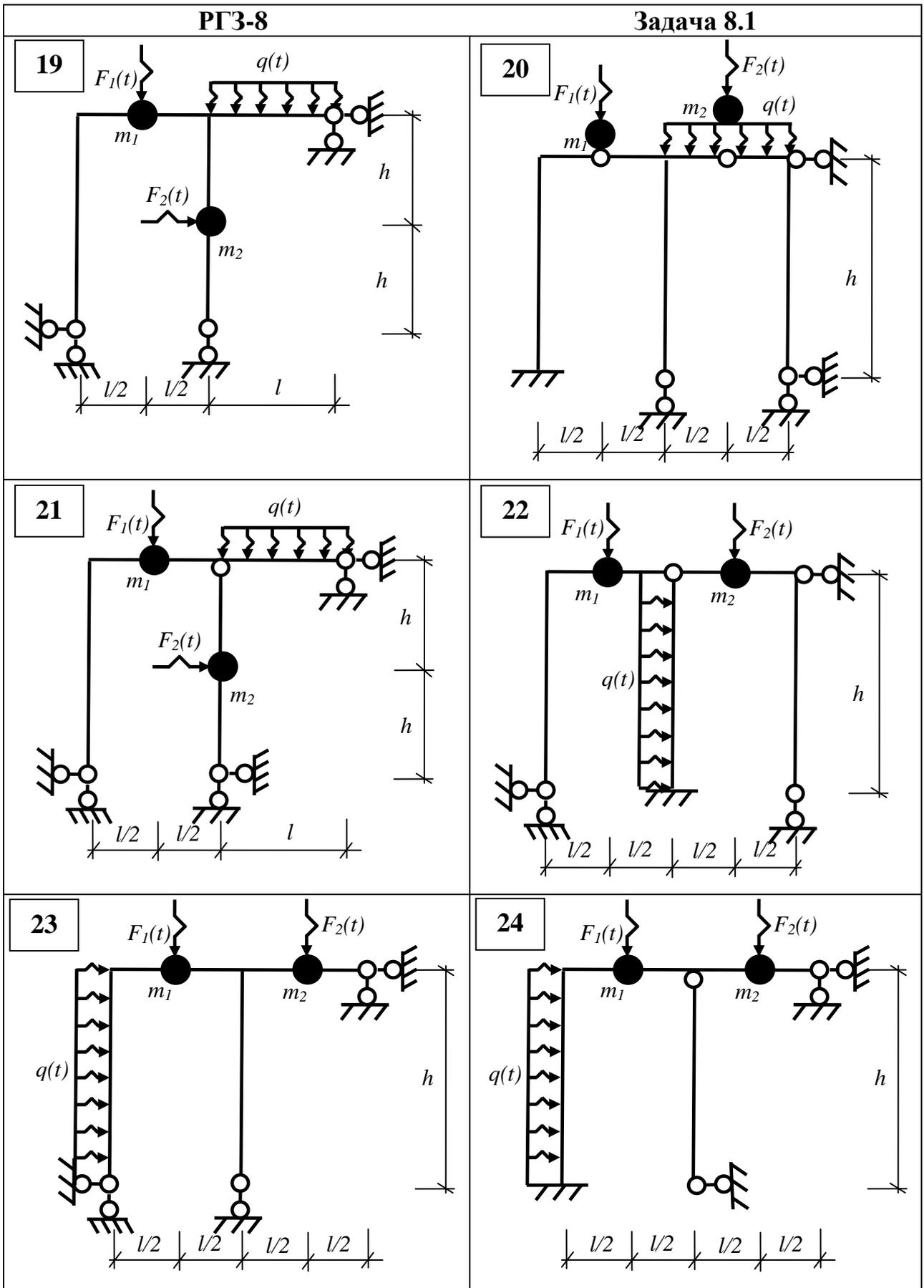


Рисунок 8.4 – Схемы 19-24 для задачи 8.1

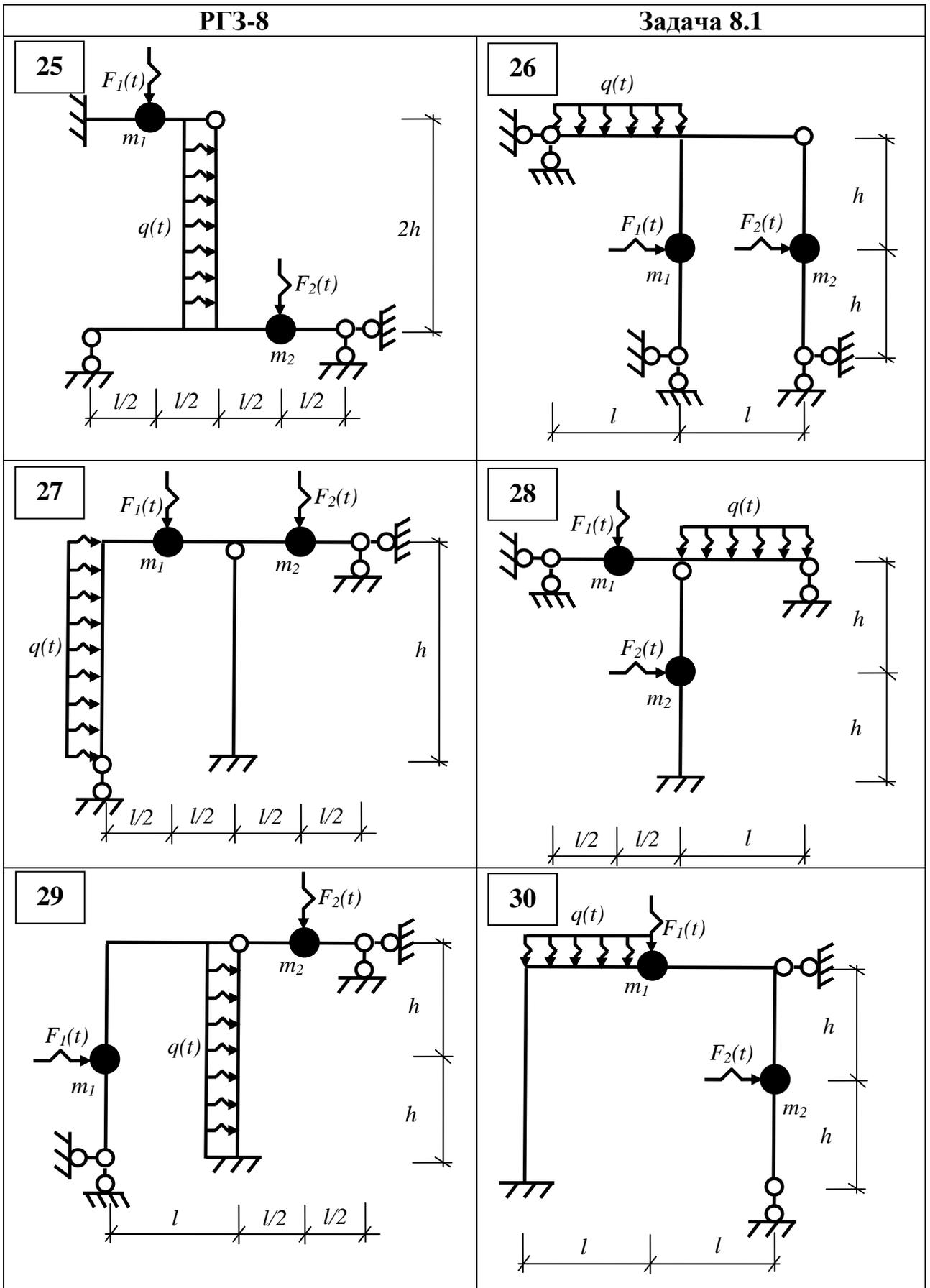


Рисунок 8.5 – Схемы 25-30 для задачи 8.1

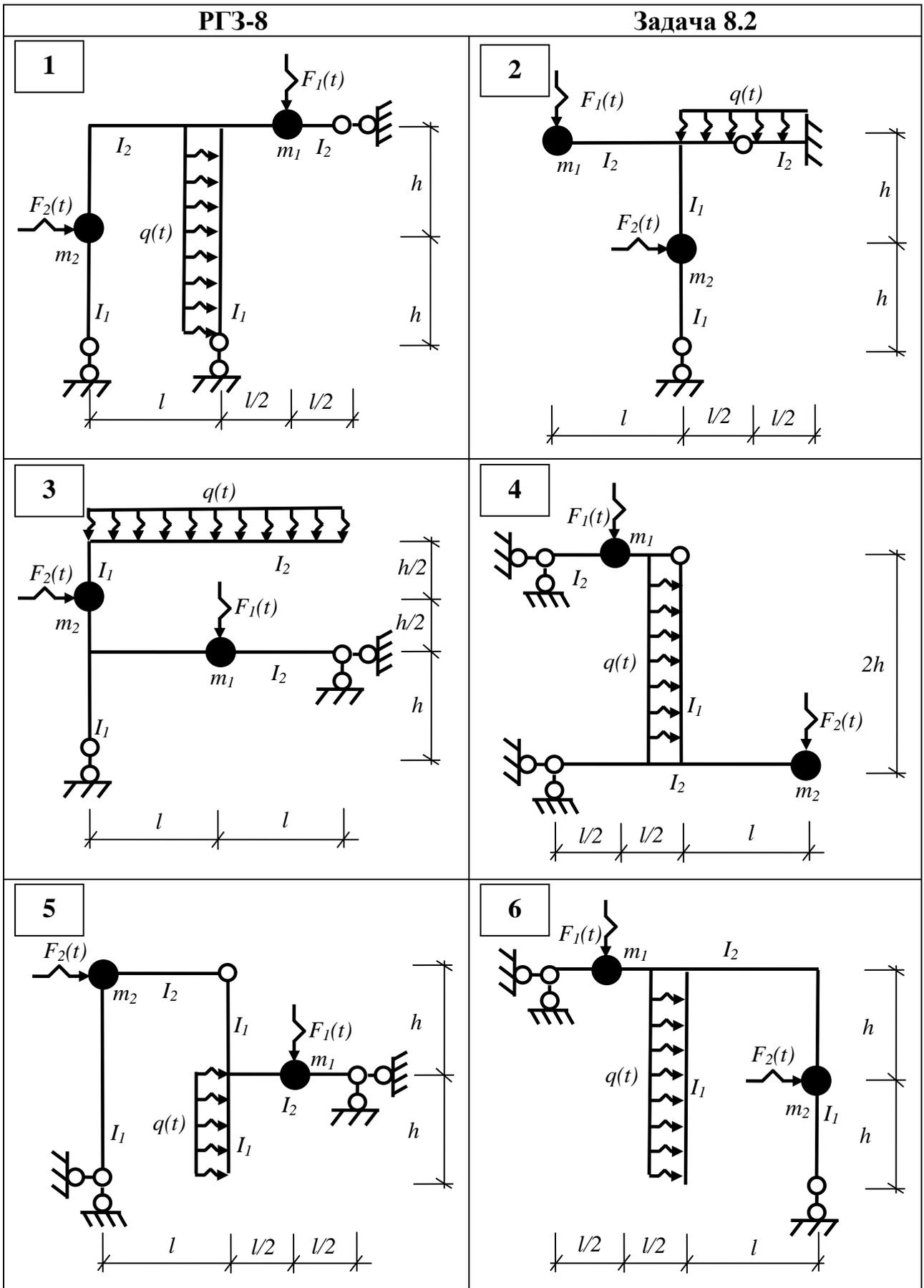


Рисунок 8.6 – Схемы 1-6 для задачи 8.2

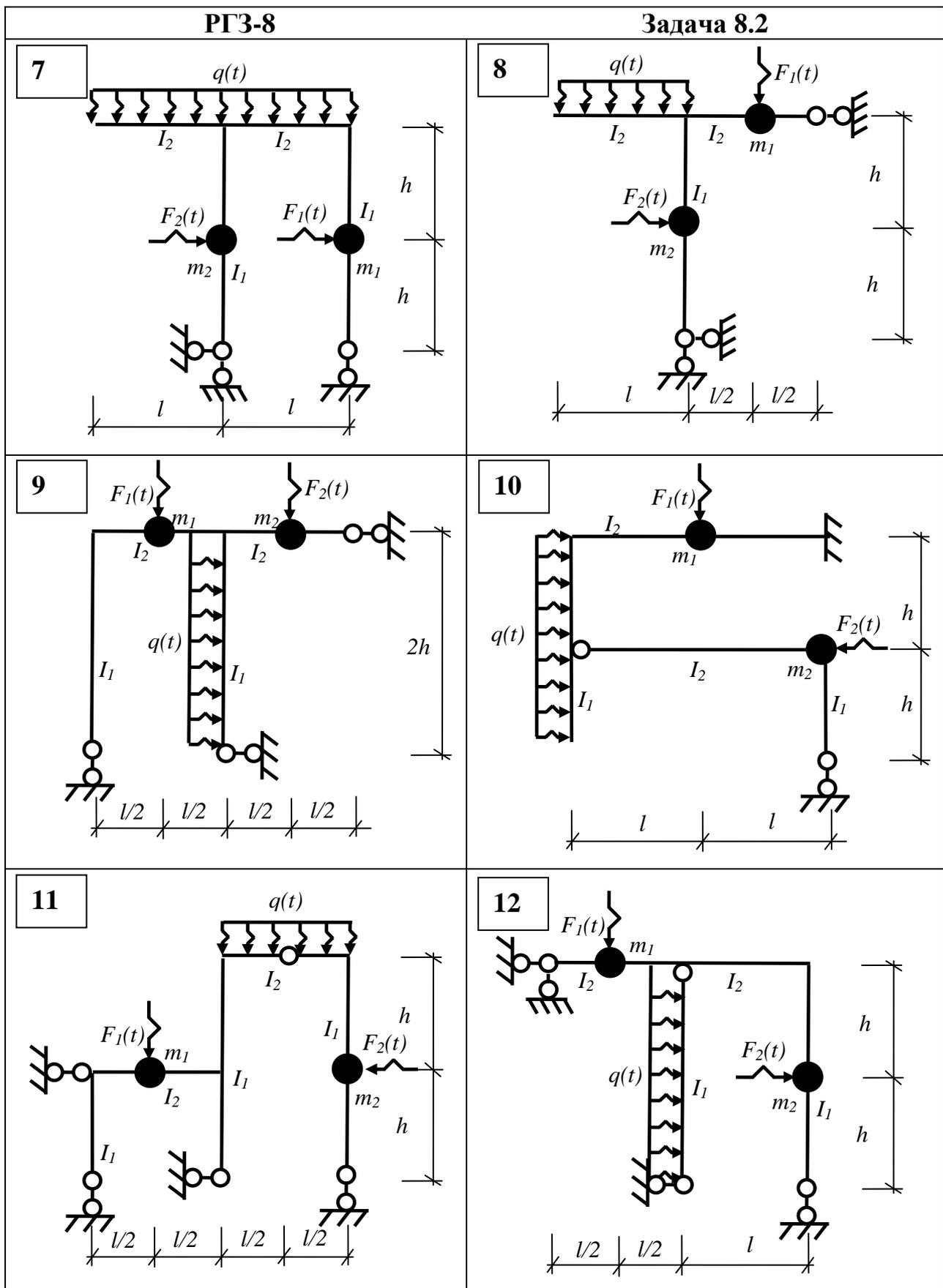


Рисунок 8.7 – Схемы 7-12 для задачи 8.2

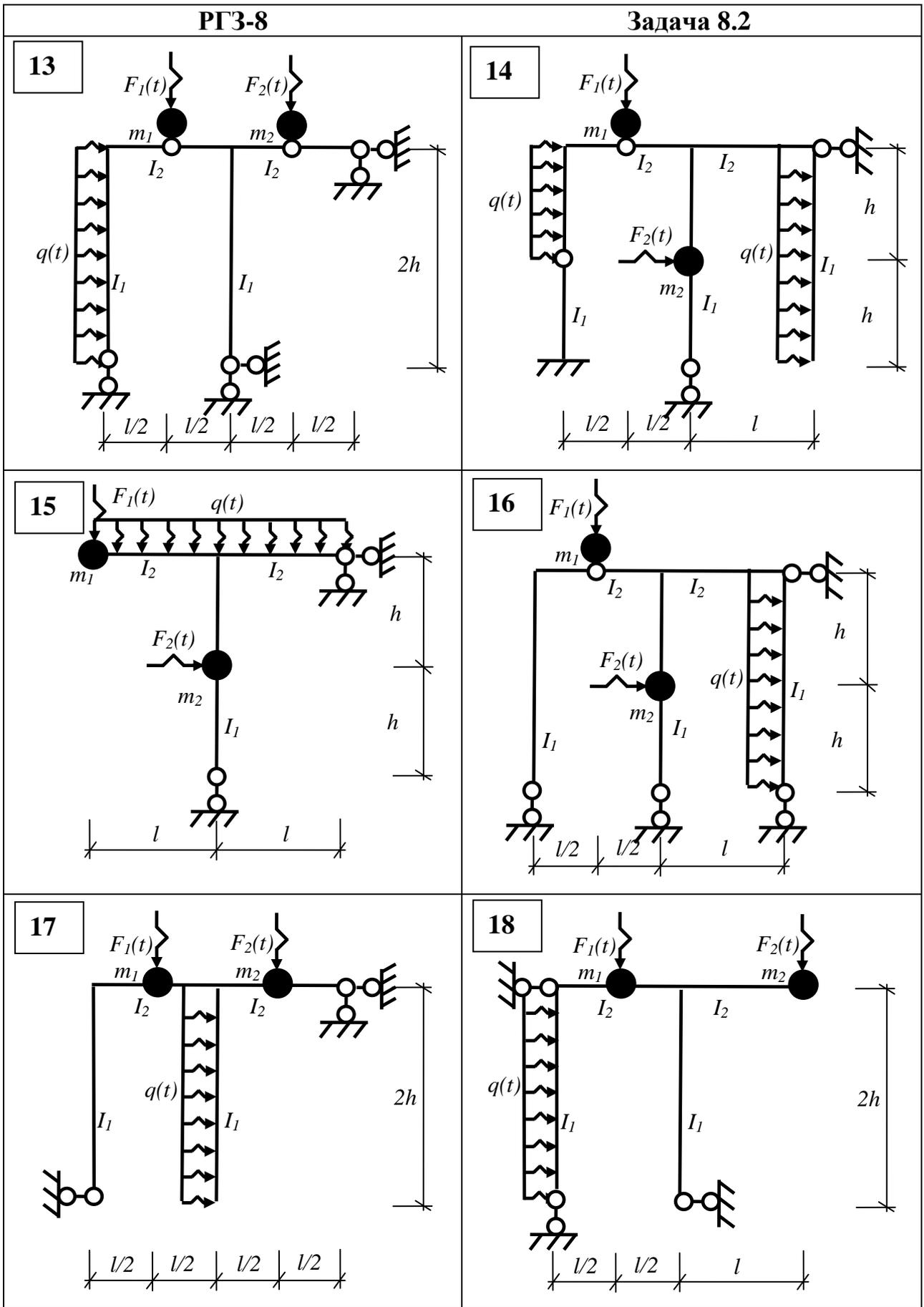


Рисунок 8.8 – Схемы 13-18 для задачи 8.2

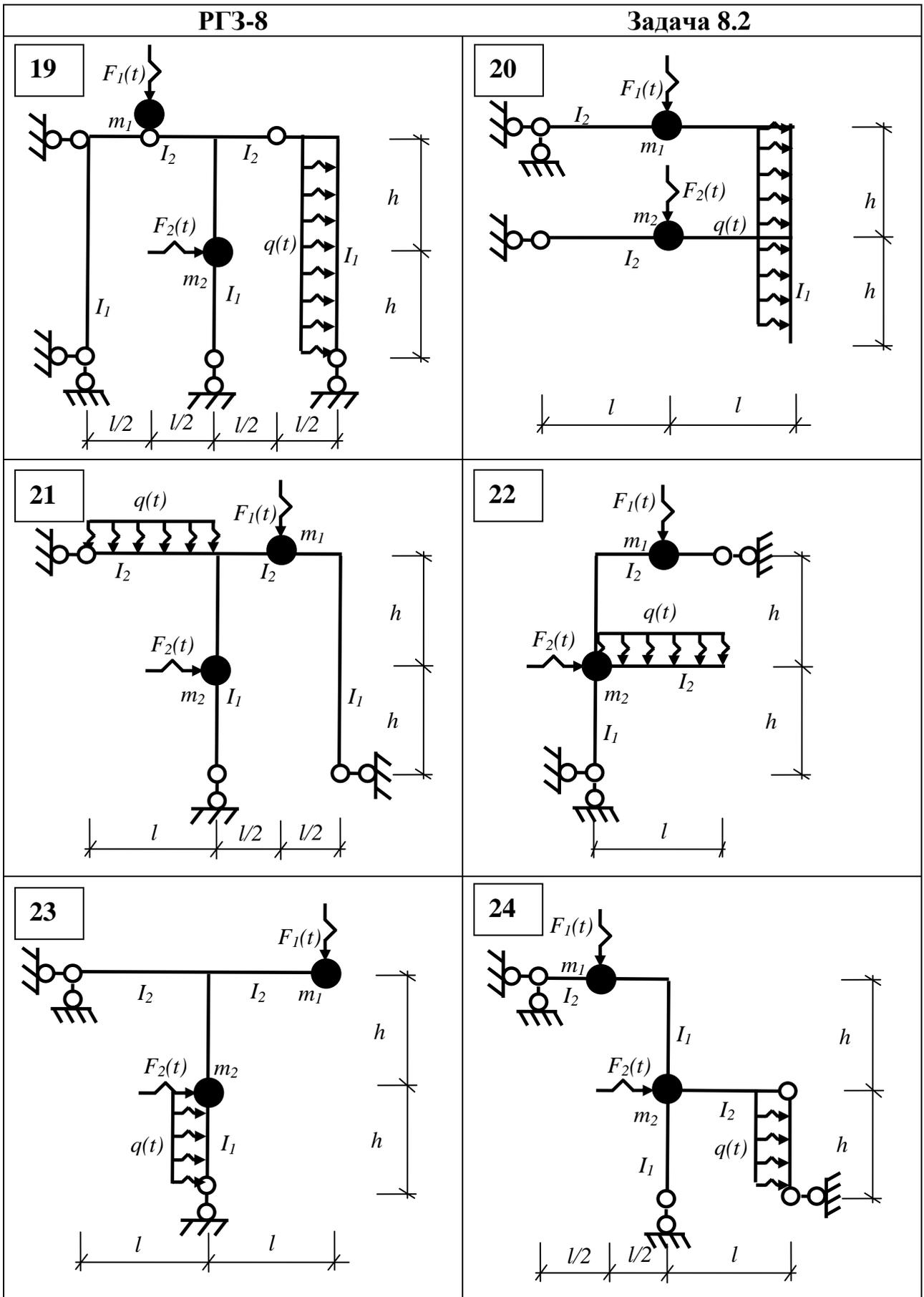


Рисунок 8.9 – Схемы 19-24 для задачи 8.2

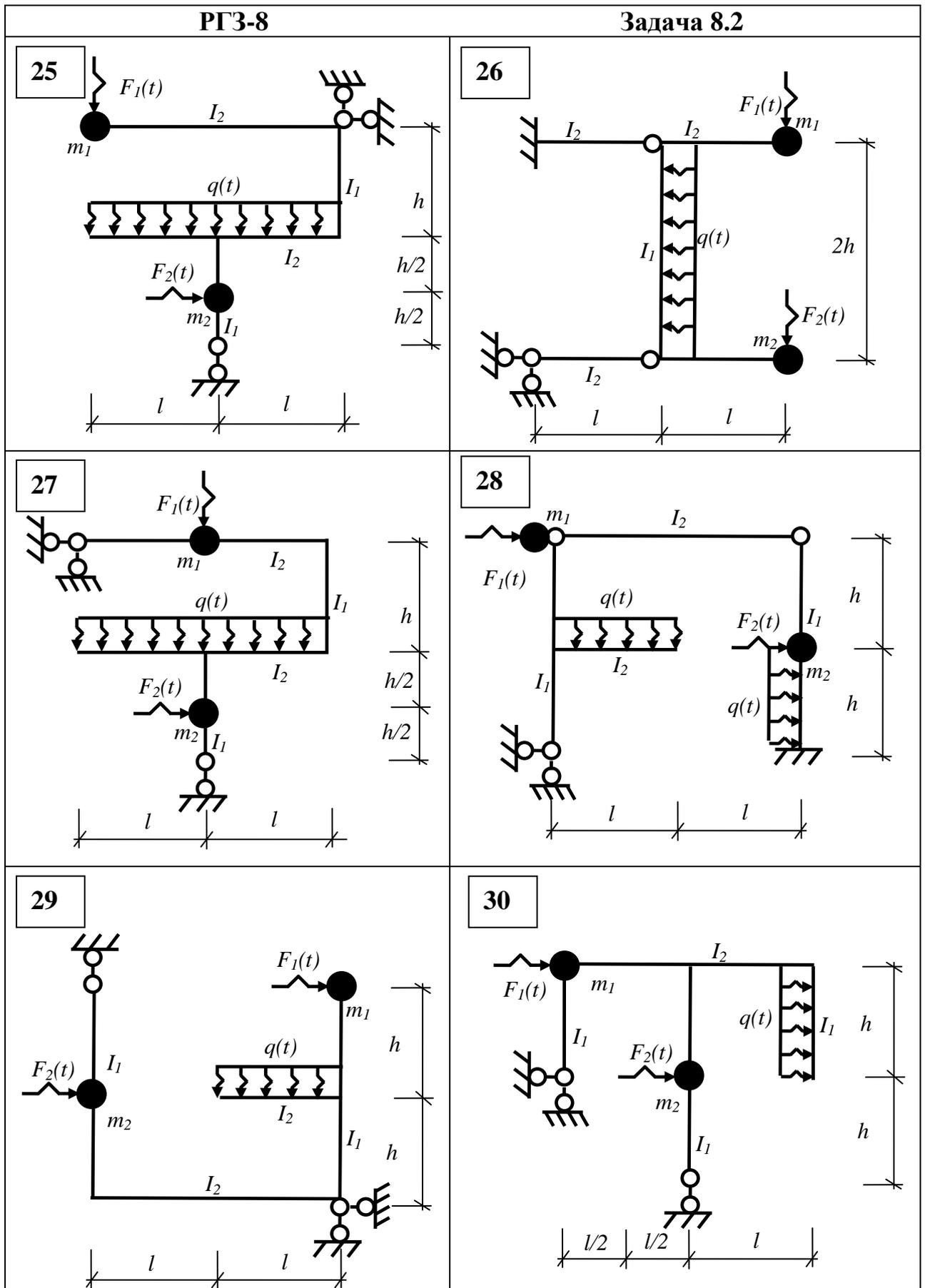


Рисунок 8.10 – Схемы 25-30 для задачи 8.2

Список использованных источников

- 1 Леонтьев, Н.Н. Основы строительной механики стержневых систем / Н.Н. Леонтьев, Д.Н. Соболев, А.А. Амосов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1996. – 542 с.
- 2 Дарков, А.В. Строительная механика / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. – М.: Высшая школа, 1986. – 512 с.
- 3 Саргсян, А.Е. Строительная механика. Механика инженерных конструкций/ А.Е. Саргсян. – М.: Высшая школа, 2004. – 462 с.
- 4 Анохин, Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах. 2.1. Статически определимые системы / Н.Н. Анохин. – М.: АСВ, 1999. – 335 с.
- 5 Анохин, Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах. 2.2. Статически неопределимые системы / Н.Н. Анохин. – М.: АСВ, 2000. – 464 с.
- 6 Бутенко, Ю.И. Строительная механика стержневых систем и оболочек / Ю.И. Бутенко [и др.]. – Киев: «Вища школа», 1982. – 63 с.
- 7 Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Статически определимые и неопределимые системы) /под общ. ред. Г.К. Клейна. – М.: Высшая школа, 1973. – 358 с.
- 8 Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (Основы теории устойчивости, динамики сооружений) /под общ. ред. Г.К. Клейна. – М.: Высшая школа, 1972. – 318 с.
- 9 Масленников, А.М. Основы динамики стержневых систем: учеб. пособие для студентов заочной формы обучения строительных специальностей вузов/ А.М. Масленников, В.М. Воронина. – Ленинград: Изд-во ЛИСИ, 1981. – 84 с.
- 10 ЛИРА, версия 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций: справочно-теоретическое пособие / под ред. А.С. Городецкого. – Киев-Москва: Изд-во «ФАКТ», 2003. – 464 с.
11. Семенов, А.А. Проектно-вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе/ А.А. Семенов, А.И. Габитов. – М.: АСВ, 2005. – 152 с.