

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт  
институт  
Строительные конструкции и управляемые системы  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ С.В. Деордиев  
подпись      инициалы, фамилия  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.  
Основание:  
решение кафедры  
от \_\_\_\_\_ 2016 пр. №\_\_

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Строительная механика  
наименование дисциплины  
08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»  
код и наименование направления подготовки  
Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений  
наименование профиля подготовки  
специалист  
квалификация выпускника

Красноярск 2016 г.

## Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Предмет и задачи строительной механики. Основные понятия: расчетная схема сооружений; нагрузка; опорные устройства, их статистическая и кинематическая характеристики. Классификация расчетных схем сооружений.

2. Кинематический анализ сооружений и его назначение. Основные понятия: диск, простая кинематическая связь, простой цилиндрический шарнир, сложный шарнир, степени свободы системы. Определение степени свободы плоской стержневой системы.

3. Структурный анализ сооружений. Понятие об изменяемой, неизменяемой и мгновенно изменяемой системах. Правила образования геометрически неизменяемых плоских стержневых систем.

4. Метод сечений как общий статический метод определения реакций в связях. Общий порядок определения внутренних усилий плоской стержневой системы методом сечений. Рабочие правила определения  $M$ ,  $Q$ ,  $N$ .

5. Плоские стержневые статические определяемые системы. Различные формы применения метода сечений. Привести примеры.

6. Составные системы, их свойства и общий порядок расчета. Привести пример.

7. Многопролетные статически определимые шарнирные балки. Целесообразность их структуры и общий порядок расчета.

8. Трехшарнирные арки. Общий порядок аналитического расчета. Преимущества арки перед простой балкой.

9. Статически определимые плоские фермы. Расчет способом вырезания узлов. Привести пример.

10. Статически определимые фермы. Определение усилий способом моментных точек. Привести пример.

11. Понятие о шпренгельных фермах. Общий порядок расчета.

12. Понятие о линиях влияния. Линии влияния усилий в однопролетной балке.

13. Линии влияния усилий в многопролетных статически определимых балках. Привести пример.

14. Линии влияния усилий в стержнях простейших ферм. Привести пример.

15. Линии влияния усилий в 3-х шарнирной арке. Способ нулевых точек.

16. Определение усилий с помощью линий влияния. Влияние системы сосредоточенных сил.

17. Определение усилий с помощью линий влияния. Влияние сосредоточенного момента.

18. Определение усилий с помощью линий влияния. Влияние распределенной нагрузки.

19. Определение наименее выгоднейшего положения системы связанных сосредоточенных сил в случае полигональной линии влияния.

20. Построение линий влияния усилий при узловой передаче нагрузки.

21. Определение перемещений в упругих системах от температурных воздействий.

22. Расчет статически неопределимых систем Методом сил:

- степень статической неопределимости;
- основная система МС, предъявляемые к ней требования;
- лишние, условно и абсолютно необходимые связи;
- физический смысл канонических уравнений МС;
- физический смысл коэффициентов при неизвестных МС;
- проверка правильности определения единичных и грузовых коэффициентов МС;
- порядок расчета статически неопределимых систем МС;
- построение окончательной эпюры моментов при расчете рам МС;
- построение эпюры  $Q_x$ ;
- построение Эпюры  $N$ ;
- проверки правильности построения окончательных эпюр;
- физический смысл кинематической проверки;
- использование симметрии при расчете рам МС;
- с какой целью используются групповые неизвестные;
- что дает разложение нагрузки на симме. и кососимм. составляющие.

23. Расчет неразрезной балки с помощью уравнений трех моментов.

24. Метод моментных фокусов.

25. Расчет статически неопределимых систем методом перемещений:

- степень кинематической неопределимости;
- основная система МП;
- физический смысл коэффициентов МП;
- физический смысл уравнений МП;
- порядок расчета статически неопределимых систем МП;
- проверка правильности единичных и грузовых коэффициентов МП;
- построение окончательных эпюр  $M, Q$  и  $N$ ;
- окончательные проверки МП;
- использование симметрии при расчете МП.

26. Расчет статически неопределимых систем смешанным методом:

- порядок расчета СМ;
- физический смысл уравнений СМ.

27. Расчет статически неопределимых систем комбинированным методом:

- основная идея использования КМ;
- как выбирается основная система КМ;
- в чем особенность построения единичных эпюр;

Задача 1. Выполнить расчет рамы рациональным методом:

- обосновать рациональность метода;
- изобразить основную систему;
- записать канонические уравнения;
- построить единичные и грузовую эпюры;
- вычислить любые 2 коэффициента;
- наметить ход дальнейшего расчета.

### Критерии оценки:

- «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал разнообразных литературных источников, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач;

- «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

- «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ;

- «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

**Разработчики**

\_\_\_\_\_

подпись

В.И. Палагушкин  
инициалы, фамилия

\_\_\_\_\_

подпись

Н.И. Марчук  
инициалы, фамилия

\_\_\_\_\_

подпись

В.И. Савченков  
инициалы, фамилия

# Курсовая работа

## Расчет стержневых систем

### Задание №1

#### Расчет статически определимых систем.

#### Построение эпюр внутренних усилий неподвижной нагрузки

**Цель выполнения задания:** научиться обоснованно выбирать рациональную основную систему, применяя метод сечения и рассчитывать (строить эпюры внутренних усилий) различных типов стержневых систем, выполнять проверки полученного решения.

#### Задание состоит из трех задач:

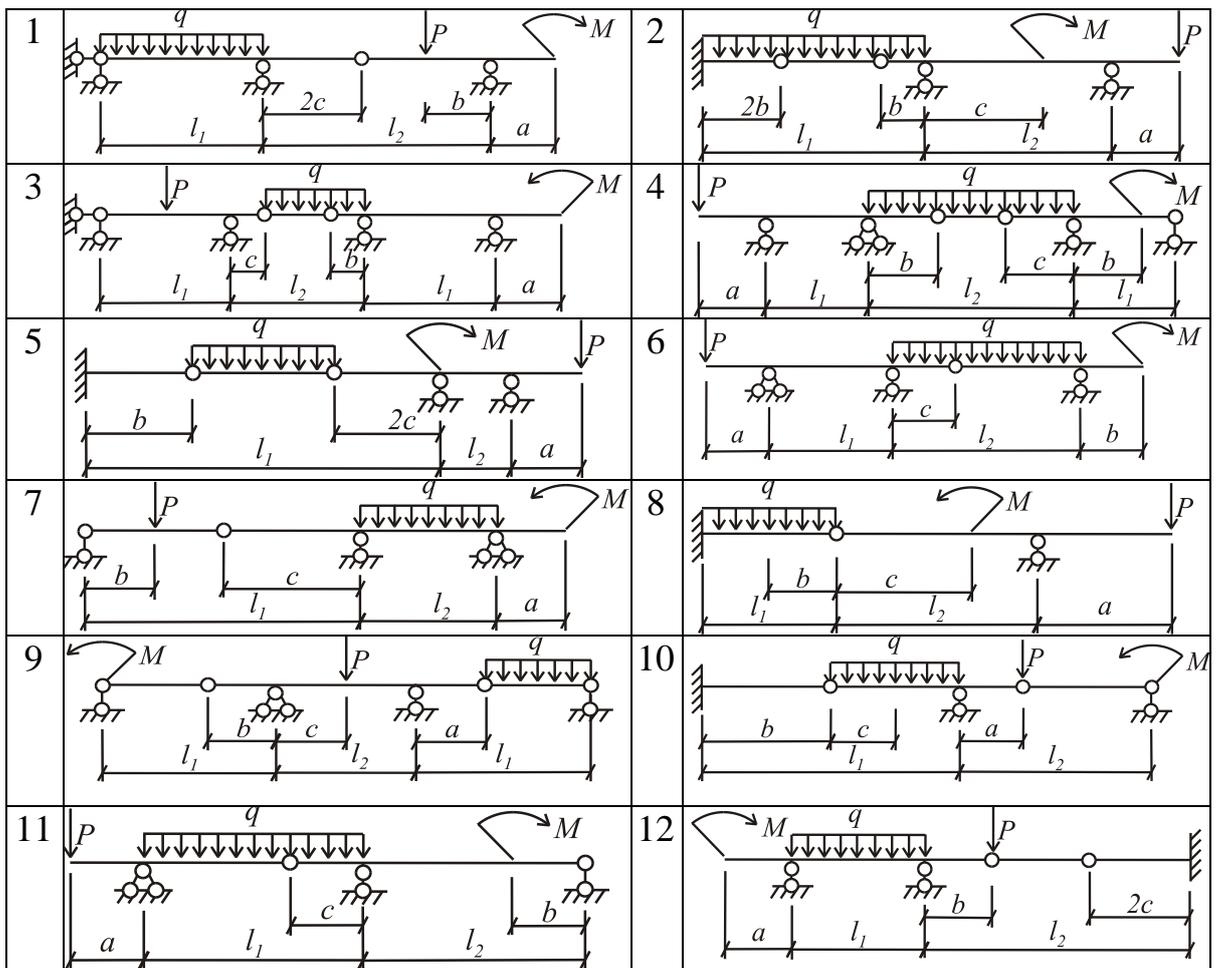
1. Построение эпюр внутренних усилий в многопролетной шарнирной балке.

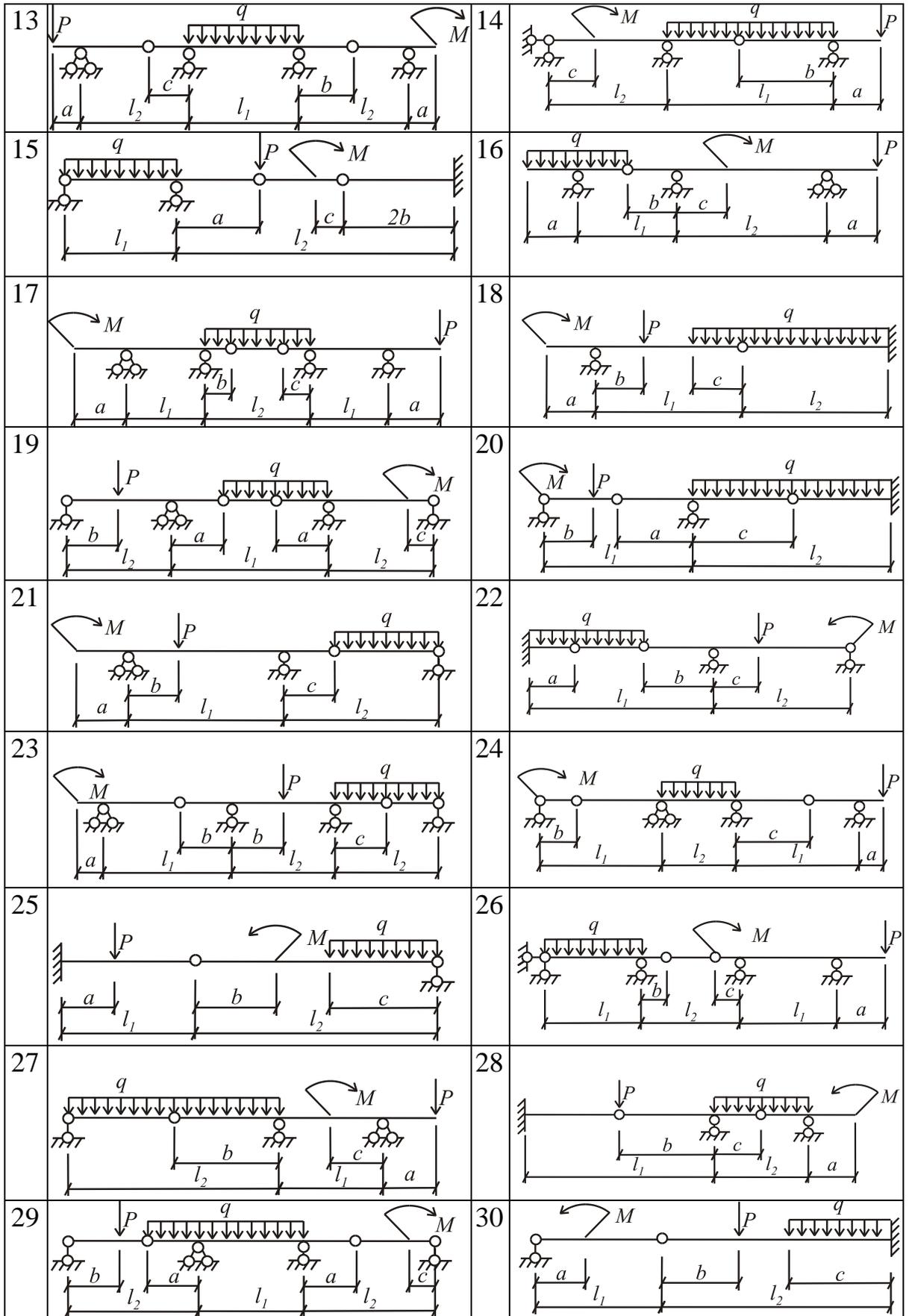
2. Построение эпюр внутренних усилий в рамах.

3. Построение эпюр внутренних усилий в арочных системах.

#### Исходные данные к расчетно-графическому заданию №1

Расчет многопролетных статически определимых балок

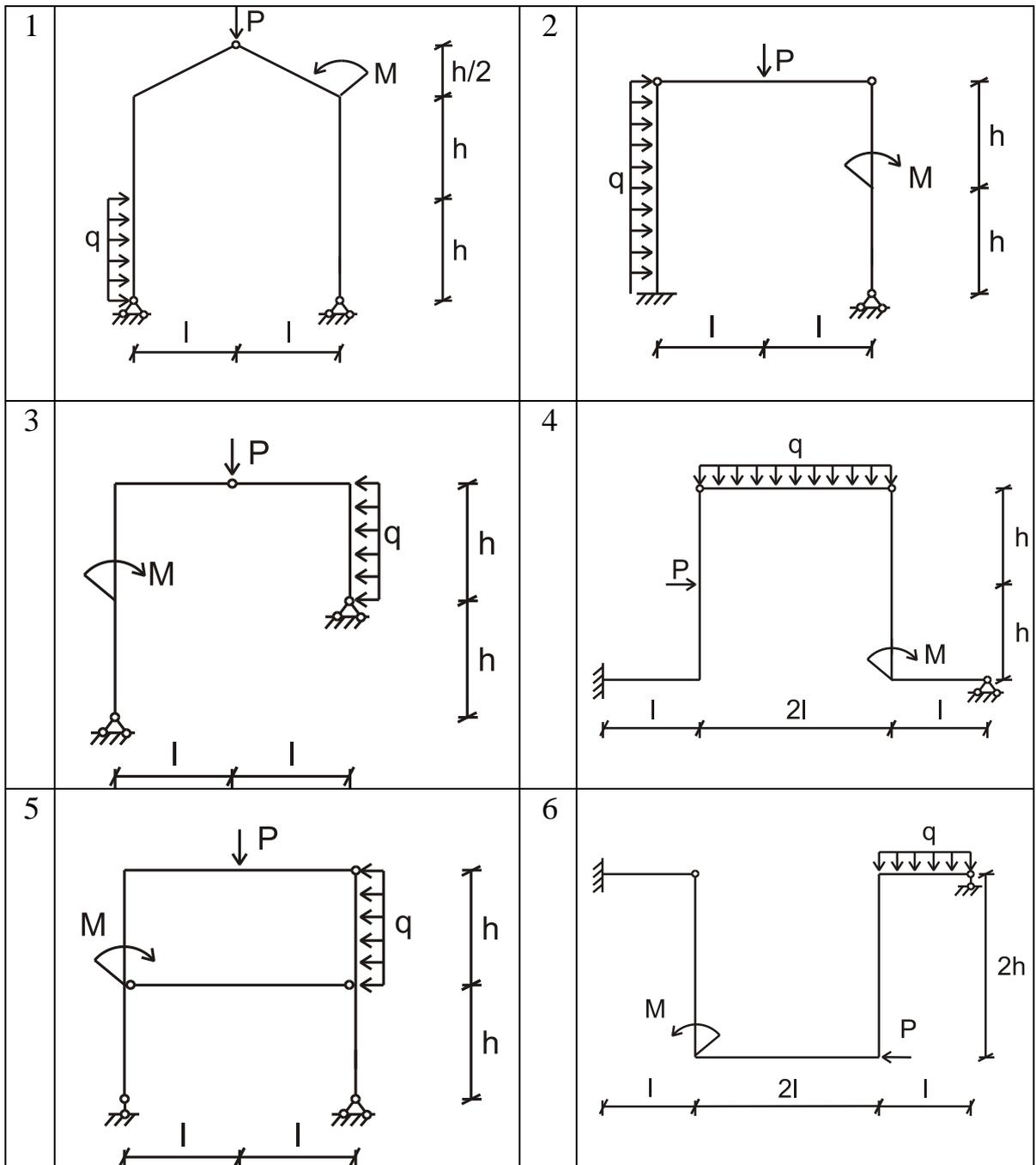


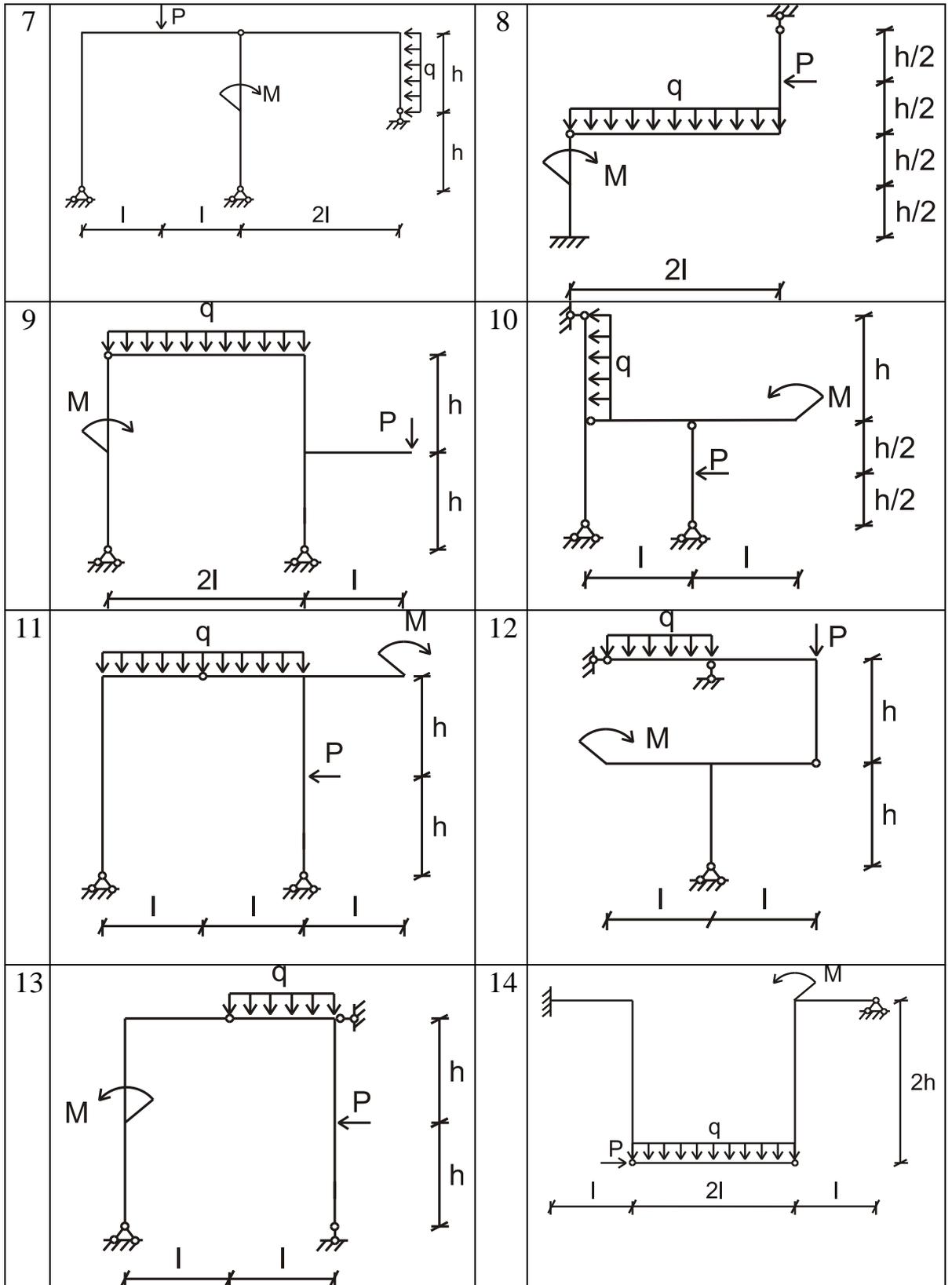


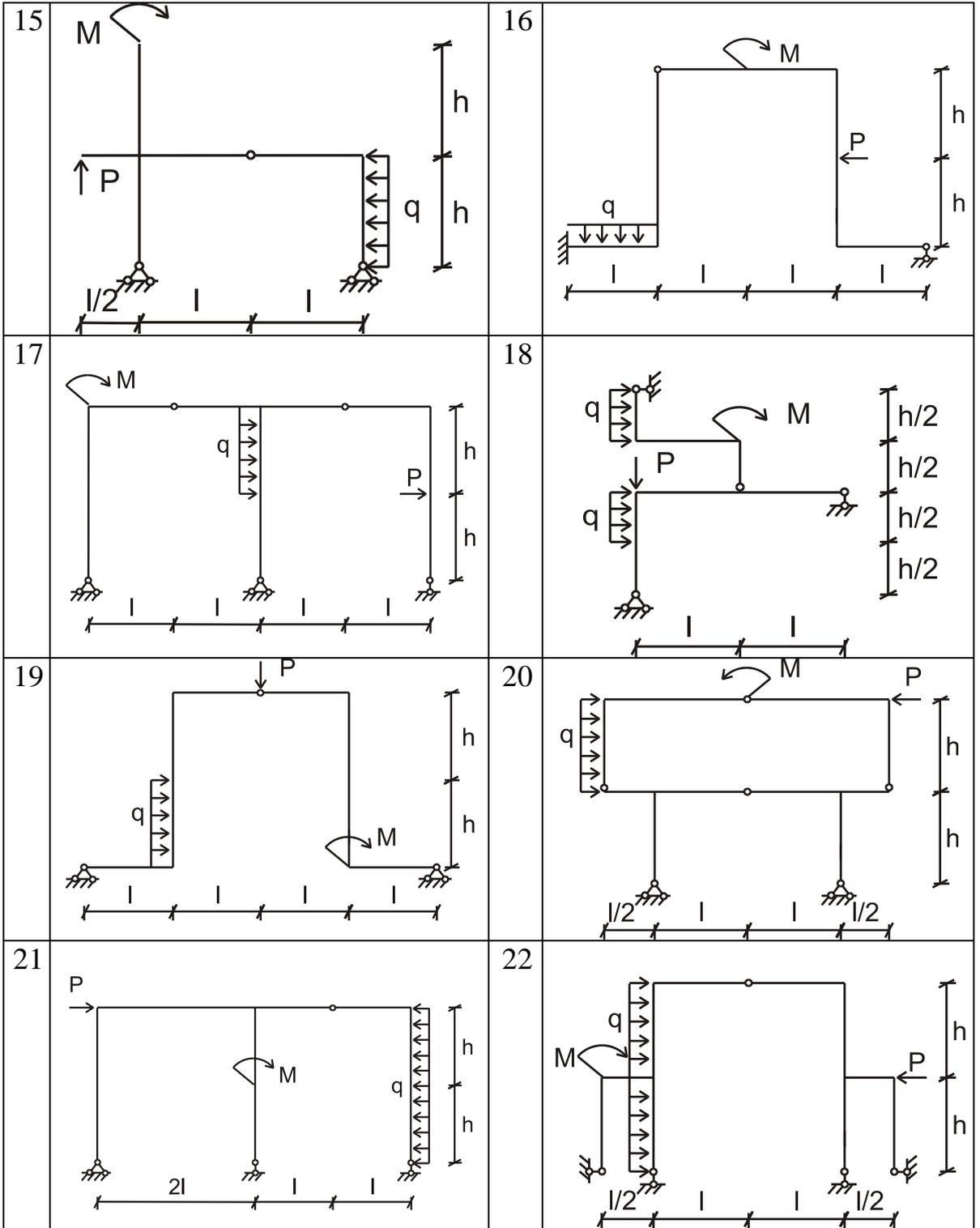
## Исходные данные к задачам

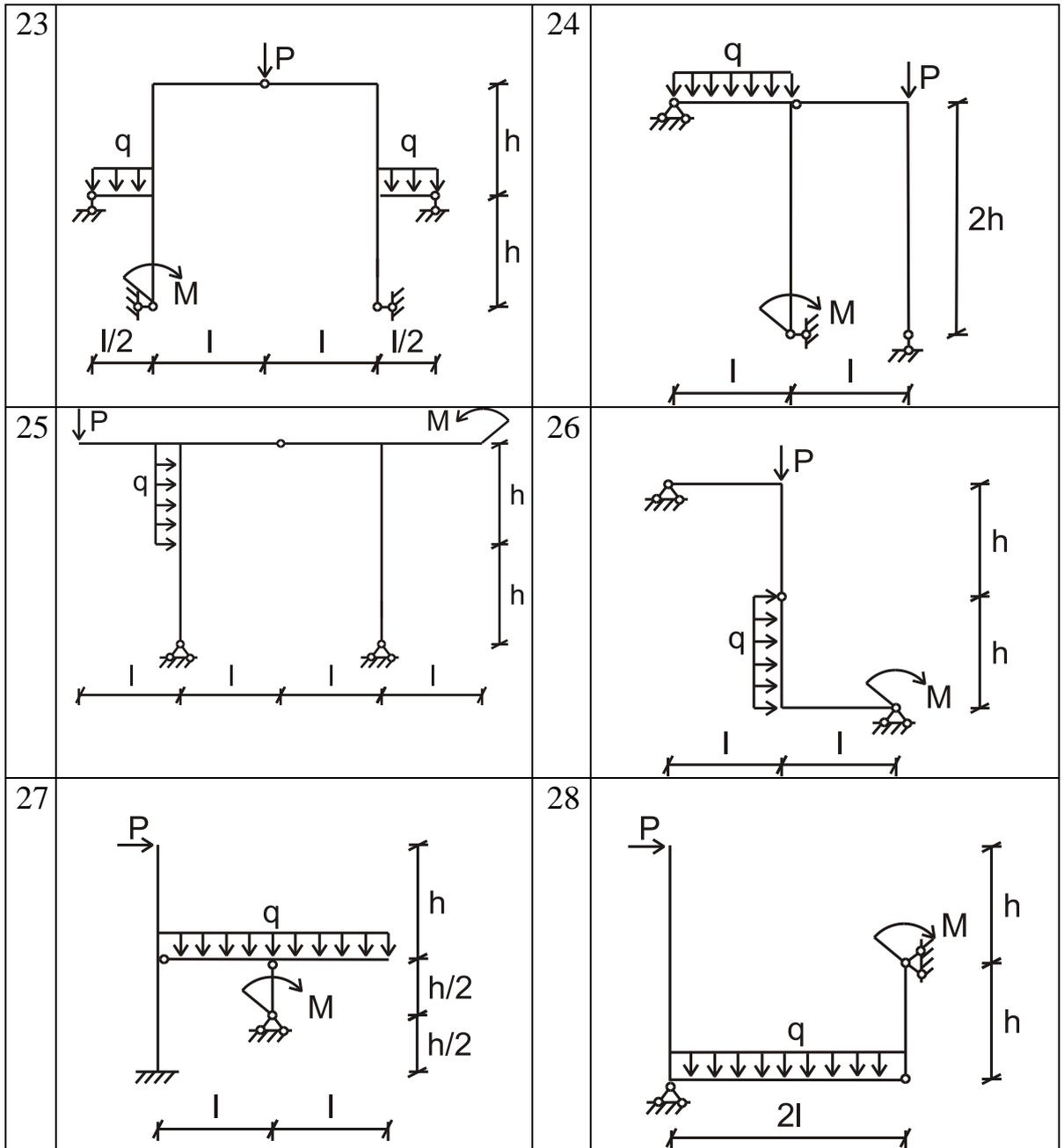
№ группы	$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$a, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$c, \text{ м}$	$q, \text{ кН/м}$	$P, \text{ кН}$	$M, \text{ кН}\cdot\text{м}$
1	10	8	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	2,0
2	14	7	1,5	0,8	2,5	2,0	2,5	2,5
3	8	8	2,0	2,0	1,5	1,5	6,0	2,5
4	12	6	2,5	1,5	2,0	3,0	2,5	2,0

## Расчет трехшарнирных и составных рам









Исходные данные к задачам

№ группы	$l$ (м)	$h$ (м)	$M$ (кН·м)	$q$ (кН/м)	$P$ (кН)
1	2	4	3	1	2
2	3	6	2	2	3
3	4	2	4	3	4
4	5	10	1	1	1

### Контрольные вопросы к расчетно-графическому заданию №1

1. Понятие диска, кинематической связи?
2. Какие системы называются геометрически неизменяемыми?
3. Каков порядок кинематического анализа систем? Количественная и качественная оценки.
4. Покажите на примерах простейшие способы образования геометрически неизменяемых плоских систем (без лишних связей)?
5. Какие системы называются мгновенно изменяемыми? Способы исследования на мгновенную изменяемость? Статический признак мгновенно изменяемых систем?
6. Приведите пример системы близкой к мгновенно изменяемой. Целесообразно ли использование таких систем для реальных строительных конструкций?
7. Назовите основные типы опорных устройств, их статические и кинематические характеристики.
8. Как проверить правильность определения опорных реакций?
9. Какие общие методы определения усилий в статически определимых системах вы знаете? Укажите на рациональные приемы, позволяющие упростить расчет.
10. Сформулируйте правило РОЗУ. В чем методический смысл выделения отсеченной части замкнутым сечением? Какие характерные ошибки здесь могут быть допущены? Приведите примеры.
11. Как определяются численно значение изгибающего момента, поперечной и продольной силы в поперечном сечении балки или рамы?
12. Дайте рабочие формулировки определения изгибающего момента, поперечной и продольной силы в заданном поперечном сечении плоской стержневой системы.
13. Правило знаков для  $M$  и  $Q$  в поперечном сечении плоского бруса?
14. Какова связь между изгибающими моментами и усилиями в сечениях, примыкающих к жесткому узлу плоской рамы?
15. Приведите дифференциальные зависимости при изгибе бруса. Как их использовать для проверки правильности построения эпюр  $M$  и  $Q$  (прямая и обратная задачи).
16. Что называется эпюрой изгибающих моментов, поперечных и продольных сил?
17. Можно ли определить  $Q$  по изменяющейся эпюре  $M$  и наоборот?
18. Как построить эпюры  $Q$  для заданного вырезанного участка балки с нагрузкой  $q$  по известной на этом участке криволинейной эпюре изгибающих моментов  $M$ ?
19. Изменяются ли усилия (напряжения) в простейших системах (балке, арке, ферме, раме) если их все геометрические размеры (включая поперечные сечения) и величину внешней нагрузки увеличить в два раза?

20. Какой инженерный смысл вложен в создание многопролетной статически определимой балки?
21. Как взаимодействуют между собой отдельные элементы в многопролетных статически определимых балках? Показать на примере. Рационально ли расставлены промежуточные шарниры в заданной вам многопролетной балке?
22. Что вам известно о разгружающем эффекте консольных элементов в балке? Приведите примеры.
23. Как расчленить составную систему на главные и второстепенные элементы? Каков порядок определения опорных реакций? Каков порядок построения эпюр внутренних усилий в составных системах?
24. Рациональный порядок определения опорных реакций в трехшарнирной арке? Показать на примере.
25. Как изменяется величина распора трехшарнирной арки в зависимости от изменения стрелы подъема и пролета арки?
26. Как проходит линия действия реакции на ненагруженную часть трехшарнирной арки?
27. Можно ли изменить эпюру изгибающих моментов (поперечных и продольных сил) в арке путем подбора очертания ее оси?
28. Какое сочетание оси арки называют рациональным? Аналитические и графические способы поиска (построения) рациональной оси арки. Показать на примерах.
29. Что называют ядром поперечного сечения?
30. Возникают ли в трехшарнирной арке усилия от температурного воздействия и смещения опор?
31. Какие преимущества и недостатки имеет арка по сравнению с балкой?
32. Какие упрощения используются при выборе расчетной схемы шарнирной фермы?
33. Назовите аналитические способы определения усилий в стержнях фермы?
34. Приведите простейшие признаки «нулевых» стержней (привести примеры).
35. Будут ли усилия в «нулевых» стержнях равны нулю, если расчет фермы вести по ее деформированной под нагрузкой схеме?
36. Каким условиям должен удовлетворять удачный разрез фермы, чтобы усилие в каждом стержне определялось из уравнения с одним неизвестным? Показать на примере.
37. Когда удобно обратиться к способу вырезания узлов? Показать на примере.
38. Показать на примере определение усилий в стержнях фермы способом совместных сечений.
39. Как определяются расчетные усилия в заданном сечении при действии постоянной и временных нагрузок? Приведите пример.

## Задание №2

### Определение усилий в статически определимых системах с помощью линий влияния

**Цель выполнения задания:** научиться строить линии влияния и определять с их помощью внутренние усилия в сечениях различных стержневых систем от действия постоянной и подвижной нагрузок.

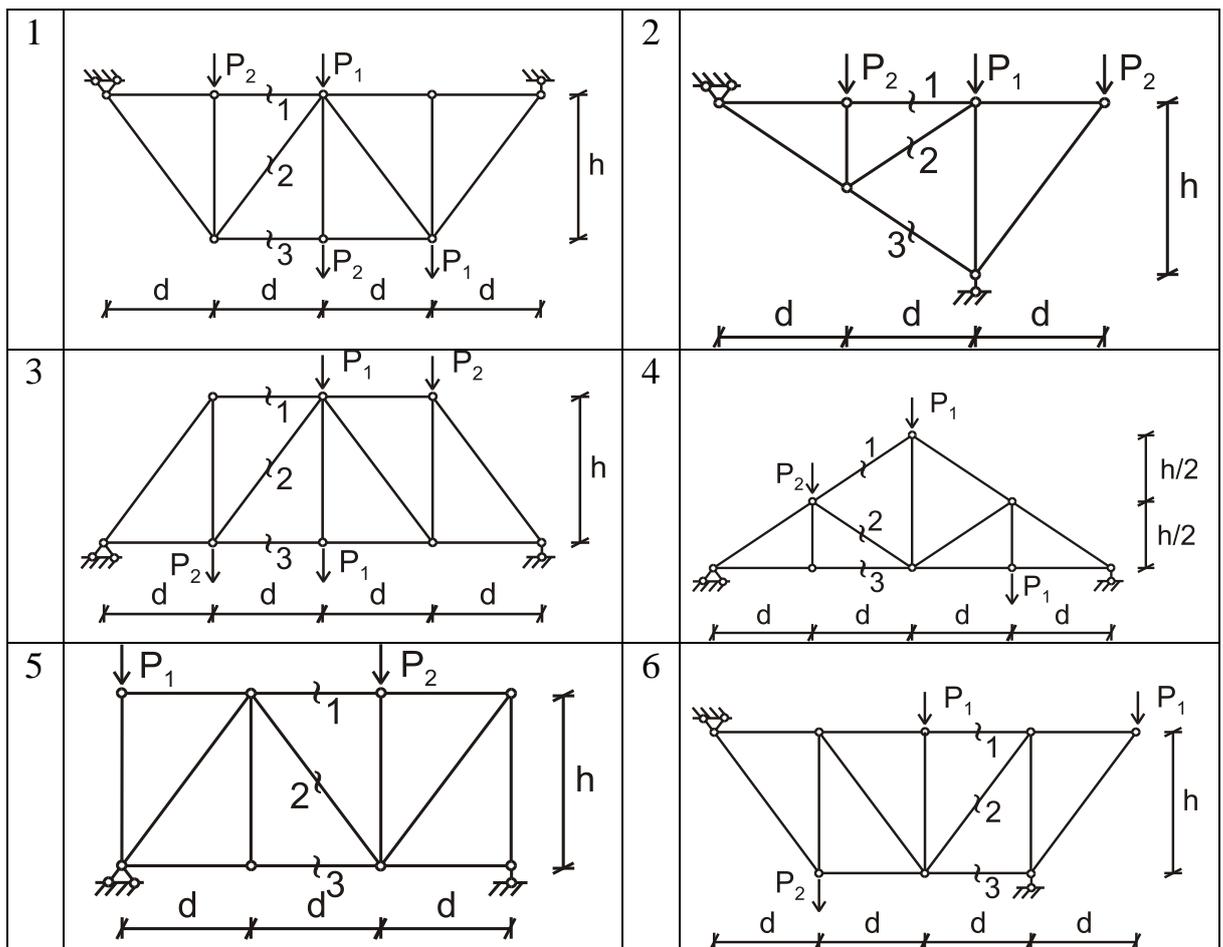
**Задание состоит из двух задач:**

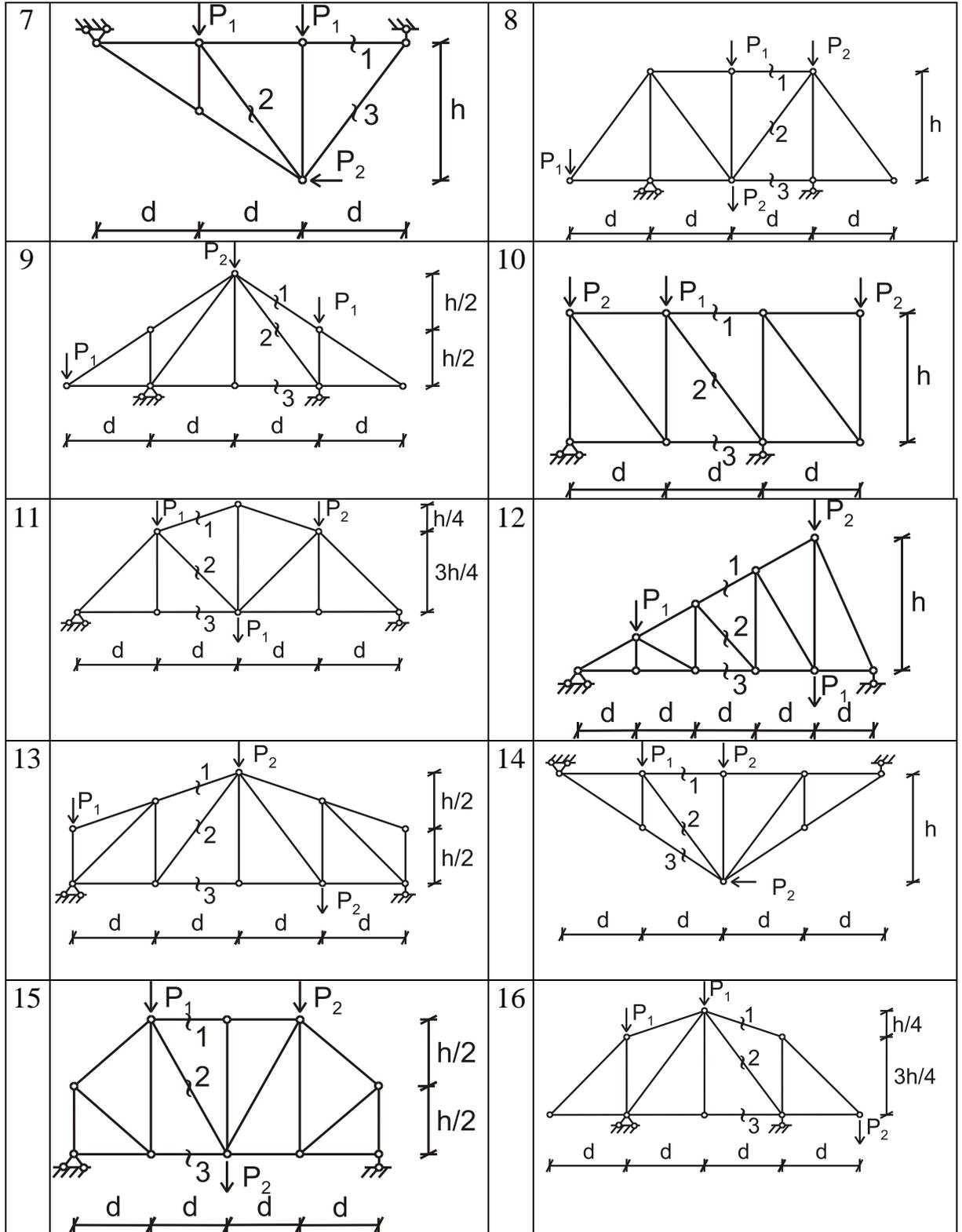
1. Построение линий влияния и определение внутренних усилий в многопролетных шарнирных балках от постоянной и подвижной нагрузок.

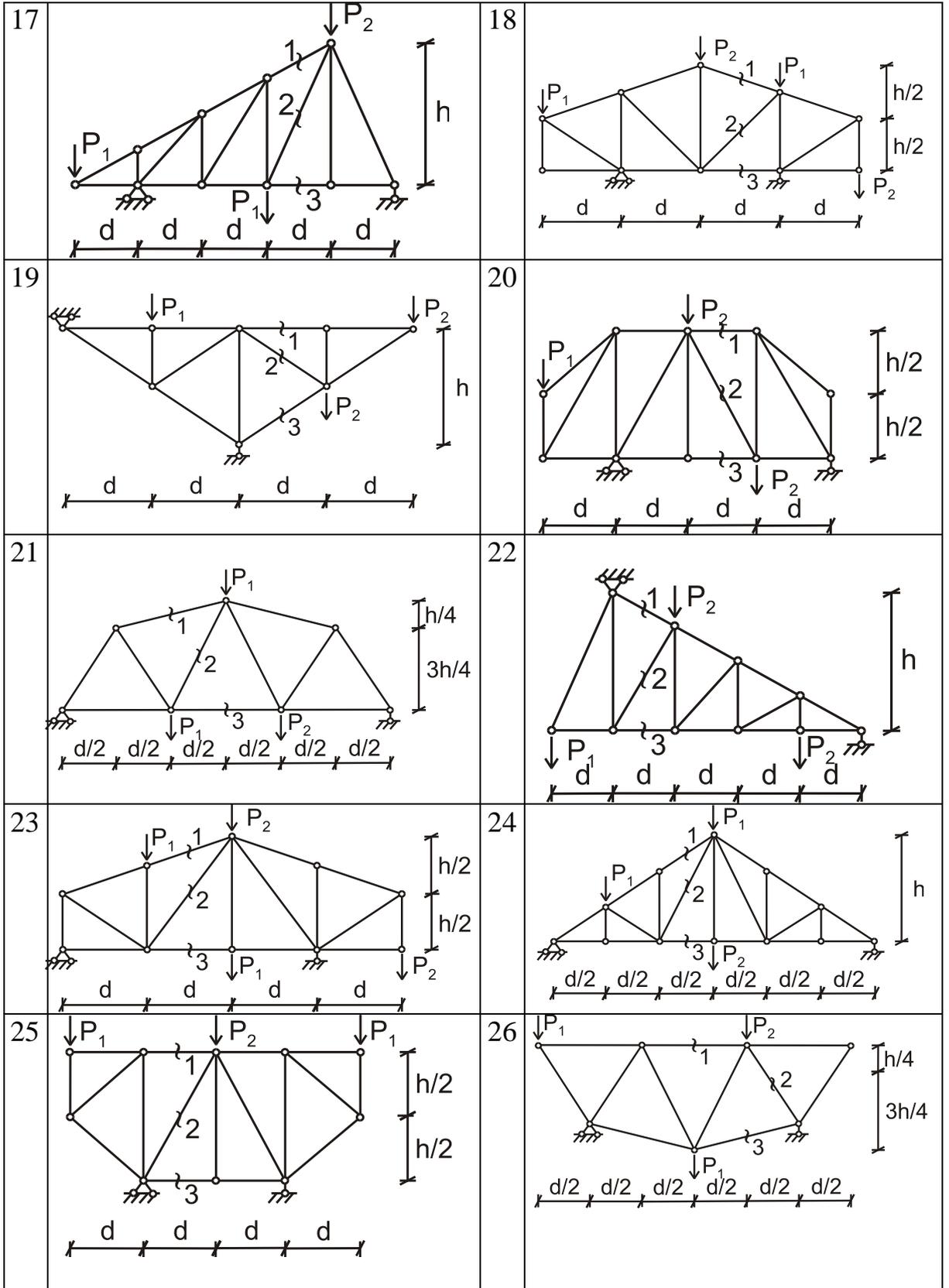
2. Построение линии влияния и определение внутренних усилий в стержнях статически определимых ферм от постоянной и подвижной нагрузок.

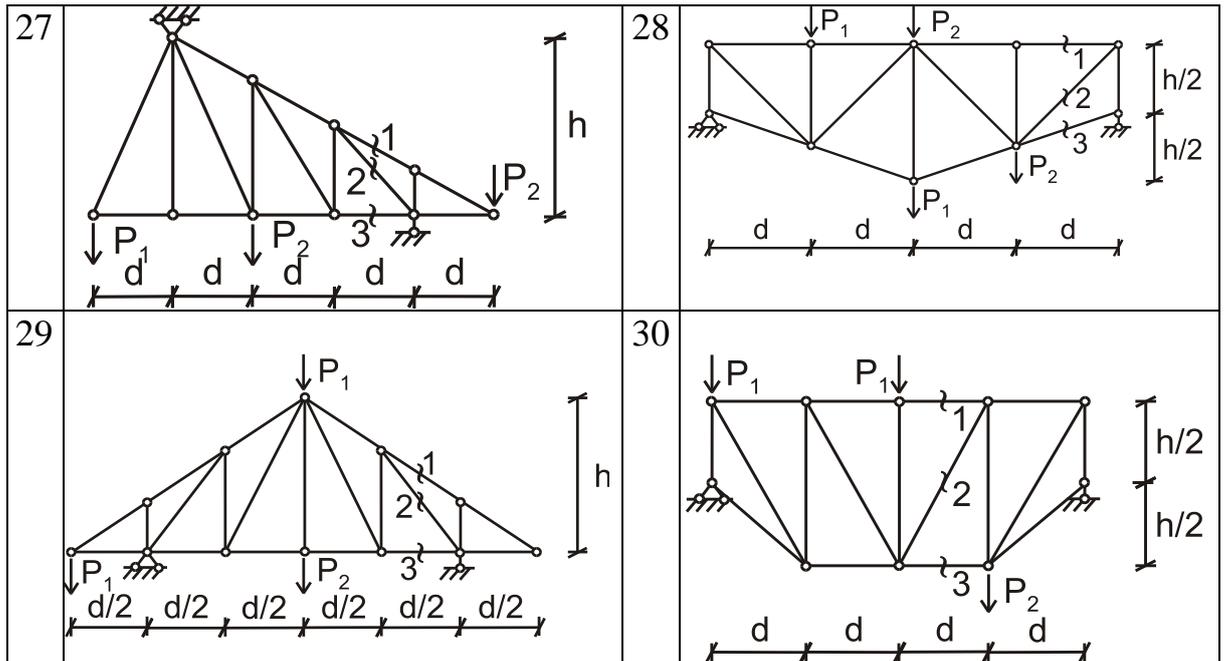
**Исходные данные к расчетно-графическому заданию №2**

Линии влияния в статически определимых фермах









Исходные данные к задачам

№ группы	$d$ (м)	$h$ (м)	$P_1$ (кН)	$P_2$ (кН)
1	2	3	1	2
2	3	2	2	3
3	4	4	3	4
4	5	1	1	1

### Контрольные вопросы к расчетно-графическому заданию №2

1. Цель построения линий влияния?
2. Что называется линией влияния усилий?
3. Какой статический смысл имеют ординаты линии влияния (покажите на примере)? Какова размерность этих ординат?
4. Каково различие между линиями влияния и эпюрами?
5. Методы построения линий влияния.
6. Порядок построения линий влияния усилий статическим методом.
7. На каком принципе основан кинематический метод построения линий влияния? Порядок построения кинематическим методом линий влияния.
8. Особенность построения линий влияния в многопролетных статически определимых балках по сравнению с однопролетными?
9. Порядок построения линий влияния усилий  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  статическим методом в сечении трехшарнирной арки.
10. Как строится линия влияния усилий при узловой передаче нагрузки?

11. Порядок построения линий влияния в стержнях шпренгельных ферм?
12. Где пересекаются левая и правая ветви линий влияния усилий при определении их с помощью моментной точки?
13. Каков целесообразный порядок построения линий влияния усилий в арке?
14. Исходя из каких условий определяются нулевые точки линий влияния усилий  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  при графическом методе их построения в трехшарнирной арке?
15. Как определяется размерность ординат линий влияния усилий?
16. Как определяются усилия с помощью линий влияния при загрузении систем сосредоточенными силами распределенной нагрузкой, моментами?
17. Как определить наиболее невыгодное положение подвижной нагрузки?
18. Как определяются расчетные усилия при действии постоянной и временной подвижной нагрузок?
19. Что называется объемлющей эпюрой?
20. Какие характерные поперечные сечения следует выделить (изучить) в системе, которую вы рассчитываете?
21. Рационально ли расставлен настил и выбраны размеры его пролетов в заданной вам схеме? (для ответа использовать линии влияния).
22. Почему линии влияний усилий в статически определимых системах – это ломанные прямые (а не кривые)?
23. Почему линии влияния прогибов (перемещений) в любых системах (статически определимых и неопределимых) – криволинейные?

### Задание №3

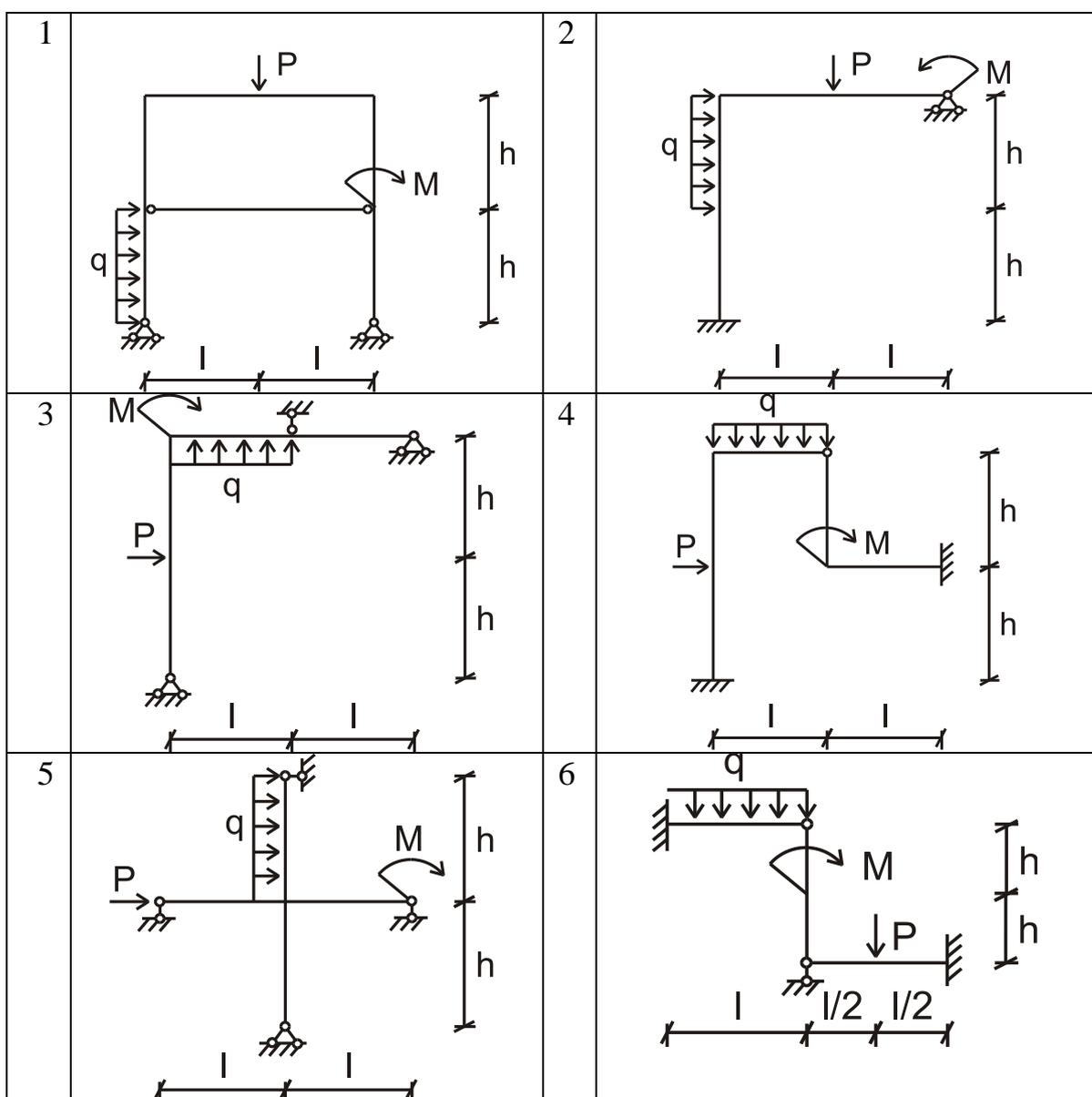
#### Расчет неопределимых систем методом сил

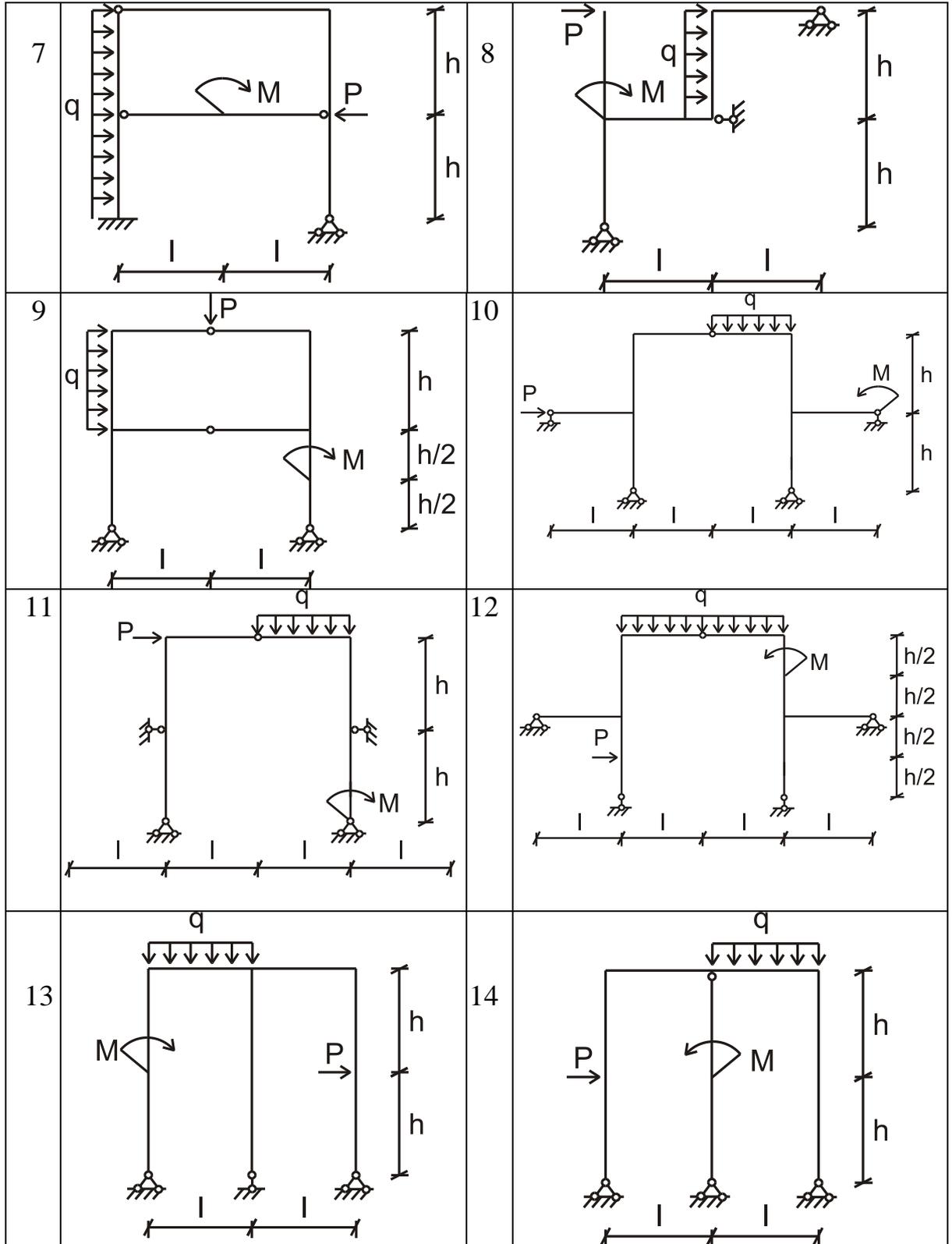
**Цель выполнения задания:** научиться обоснованно выбирать рациональную ... систему, правильно строить единичные и грузовую эпюры, формировать систему разрешающих управлений, строить окончательные эпюры внутренних усилий и выполнять промежуточные и окончательные проверки.

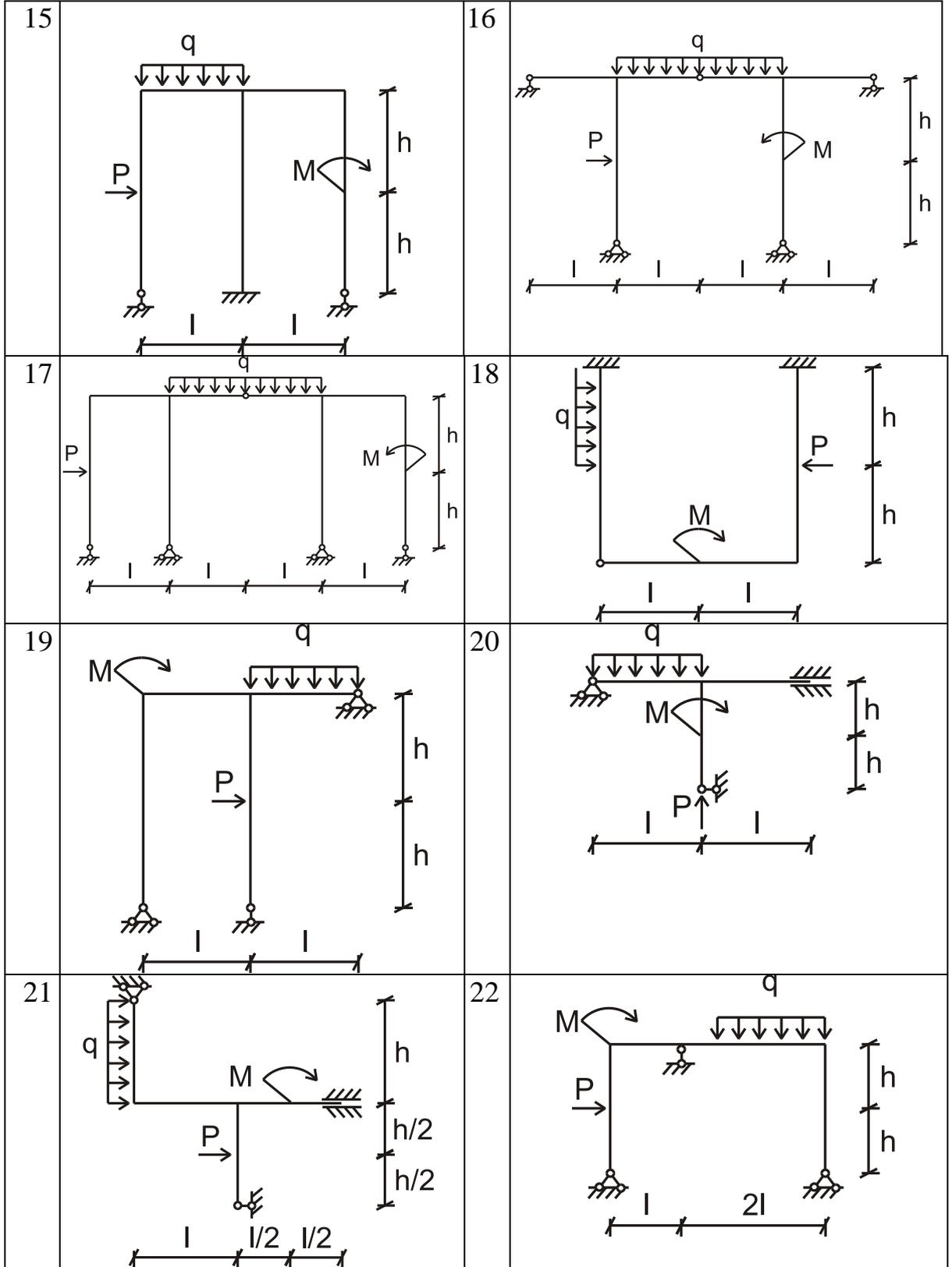
**Задание состоит из одной расчетной схемы.**

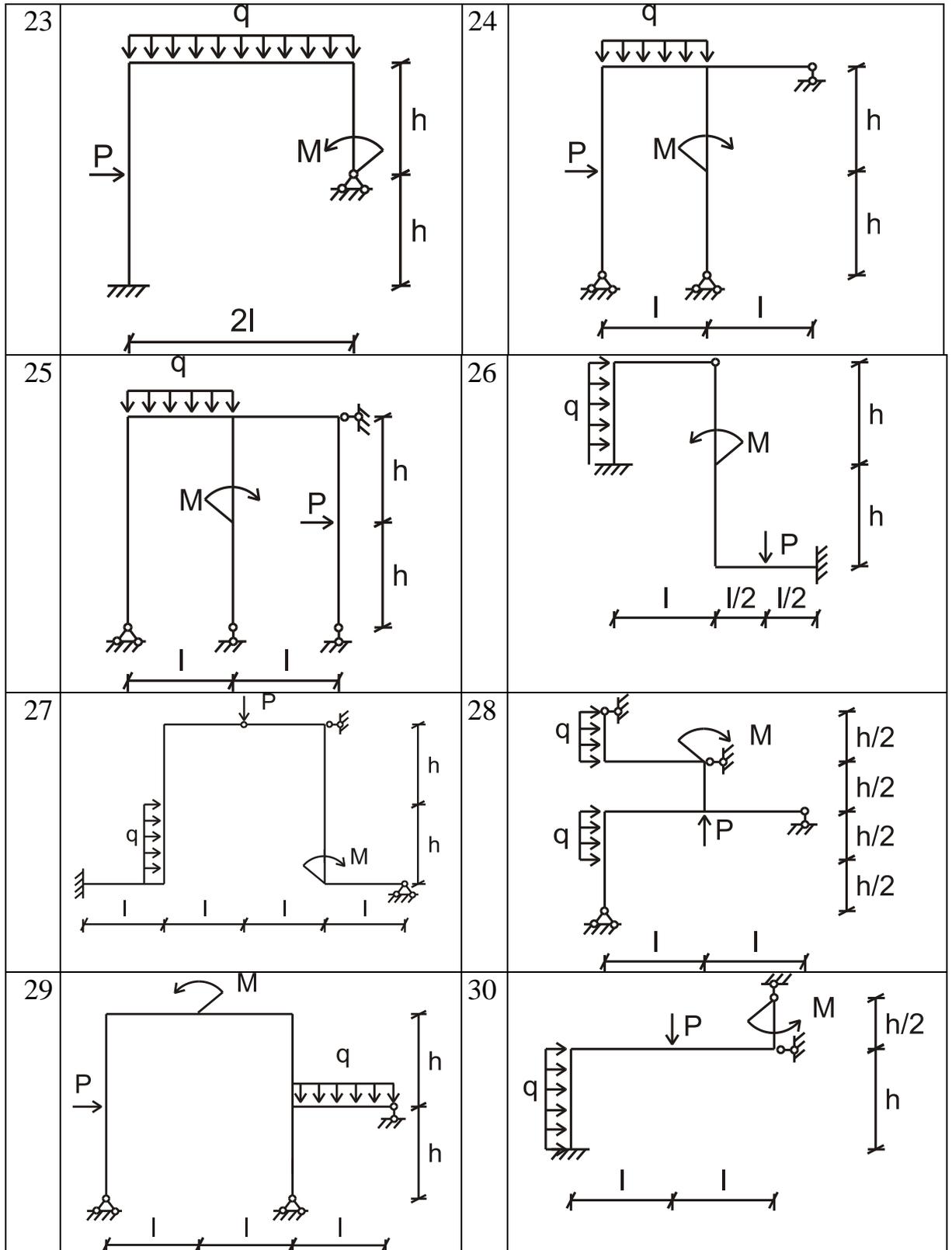
**Исходные данные к расчетно-графическому заданию №3**

Расчет статически неопределимых рам методом сил









## Исходные данные к задачам

№ группы	$l$ (м)	$h$ (м)	$M$ (кН·м)	$q$ (кН/м)	$P$ (кН)
1	2	4	3	1	2
2	3	6	2	2	3
3	4	2	4	3	4
4	5	10	1	1	1

**Контрольные вопросы к расчетно-графическому заданию №3**

1. Понятие об обобщенных силах и им соответствующих обобщенных перемещениях?
2. Особенности определения работы статически прикладываемых сил на действительных перемещениях.
3. Сформулируйте принцип возможных перемещений. Приведите примеры его применения к упругим системам.
4. Сформулируйте теорему Бетти о взаимности работ. Приведите примеры ее выполнения.
5. Как формулируется теорема Максвелла о взаимности перемещений?
6. Записать формулы для подсчета возможной и действительной работы внутренних сил плоской упругой стержневой системы.
7. Как вычисляется потенциальная энергия деформации?
8. Записать общую формулу Максвелла-Мора для подсчета перемещений. Показать ее использование на примере определения перемещений в раме, ферме.
9. Что называется степенью статической неопределимости? Как она определяется?
10. В чем преимущества и недостатки статически неопределимых систем?
11. Что называется основной системой метода сил? Каким необходимым требованиям она должна отвечать?
12. Что принимается за неизвестные в методе сил?
13. Как физический смысл коэффициентов и свободных членов канонических уравнений метода сил?
14. Каков физический смысл канонических уравнений метода сил?
15. Каковы признаки рациональной основной системы?
16. Почему при расчете рам методом сил коэффициенты канонических уравнений подсчитывают по общей формуле с учетом только одного слагаемого, учитывающего деформацию изгиба, и пренебрегают другими? Всегда ли это возможно?
17. Особенности и порядок расчета рамных систем на температурные воздействия.

18. Особенности и порядок расчета рамных систем на заданные смещения опор.
19. С какой целью используются групповые неизвестные?
20. Что дает применение жестких консолей (использование упругого центра) при расчете статически неопределимых арок и рам?
21. Какие существуют промежуточные и окончательные проверки при расчете рам методом сил: сущность постолбцовой, построчной и универсальной проверок?
22. Возможные виды проверок окончательных эпюр?
23. Почему в пределах замкнутого контура рамы не может быть растяжения только внутренних (внешних) волокон?
24. Почему для многопролетной неразрезной балки эпюра моментов не может быть только сверху или только снизу?
25. Могут ли в статически неопределимых арках возникать по всей длине оси моменты одного знака?
26. Как выполняется кинематическая проверка окончательной эпюры моментов, ее физический смысл?
27. Какие исходные матрицы необходимы, как определения перемещений? Как они формируются? Показать на примере.
28. Перемножением каких матриц определяются единичные коэффициенты системы канонических уравнений метода сил? Показать на примере.
29. Каков порядок определения перемещений в матричной форме?
30. Каким образом в матричной форме выполняются построчная и универсальная проверки правильности определения единичных коэффициентов систем канонических уравнений? Показать на примере.
31. Перемножением каких матриц выполняется постолбцовая проверка правильности определения грузовых коэффициентов? Показать на примере.
32. Записать в матричной форме систему канонических уравнений метода сил.
33. Форма записи решения системы алгебраических уравнений через обратную матрицу. Покажите на примере решения системы канонических уравнений метода сил.

**Разработчики**

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

подпись

В.И. Палагушкин

инициалы, фамилия

Н.И. Марчук

инициалы, фамилия

В.И. Савченков

инициалы, фамилия