



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
имени Жангир хана

Кафедра «Строительство и строительные материалы»

Практикум

по дисциплине «Строительная механика» для студентов

специальности 5В072900 «Строительство»

Уральск 2011 г.

Составитель: Таскалиев А.Т., ст. преп.,
Султанова А.У., преп.

Рецензент: Сахаров Н.К., заместитель директора АО «Гидромаш - Орион»

Практикум

по дисциплине «Строительная механика» для студентов

специальности 5В072900 «Строительство»

Обсуждено на заседании кафедры 7 февраля 2011г., протокол №7.
Рекомендовано учебно-методическим бюро машиностроительного
факультета 23 февраля 2011г., протокол №6.
Одобрено УМС университета 2011г., протокол №.

Цель практикума – изучение задач по курсу строительной механики статически определимых стержневых систем. Сборник включает задачи по построению эпюр и линий влияния внутренних усилий в разных по типу конструкциях (балки, рамы, фермы, распорные системы). Сборник содержит задачи на определение перемещений в стержневых системах от различных внешних воздействий. В сборнике к каждому типу задач приводятся пример решения, необходимые пояснения и требуемые для самостоятельного изучения темы учебники и учебные пособия.

РГКП «Западно-Казахстанский аграрно-технический
университет имени Жангир хана»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Эпюры и линии влияния внутренних силовых факторов в стержневых системах	4
1.1. Расчет однопролетных балок. Формулировка задачи	4
1.2. Расчет многопролетных балок. Формулировка задачи	9
2. Расчет плоских рам. Формулировка задачи	15
3. Расчет балочных ферм. Формулировка задачи	23
4. Расчет распорных и комбинированных систем. Формулировка задачи	28
Литература	30

Введение

Основная цель сборника - помочь студенту усвоить законы статики кинематически неизменяемых плоских стержневых систем. От обычных учебников по строительной механике сборник отличается значительным многообразием расчетных схем конструкций, в которых требуется построить эпюры и линии влияния внутренних силовых факторов, либо определить линейные и угловые перемещения заданных сечений. Задачи в сборнике расположены по возрастающей сложности, при этом к каждому типу задач приводится пример расчета, необходимые для решения задач пояснения и требуемые для самостоятельного изучения темы учебники и учебные пособия.

Сборник посвящен статике стержневых систем, не имеющих «избыточных» (лишних) связей. Для определения внутренних сил в них достаточно знать (и уметь примечать) только законы равновесия. В этой части приведены задачи, которые позволят студенту освоить методы и технику построения эпюр внутренних силовых факторов и линий влияния в различных по сложности стержневых системах.

Сборник задач может быть использован на практических занятиях по строительной механике, при промежуточном контроле знаний студентов, а также на зачетах и экзаменах.

1. Эпюры и линии влияния внутренних силовых факторов в стержневых системах

1.1. Расчет однопролетных балок. Формулировка задачи

Для одной из однопролетных балок, изображенных на рис. 1.1.1 - 1.1.25 требуется:

построить эпюры внутренних силовых факторов и линии влияния внутренних усилий в сечениях n и k .

определить усилия в сечениях n и k по линиям влияния от заданной нагрузки и сравнить их с усилиями на эпюрах.

Таблица 1.1

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
a , м	2	3	4	2	2	4	3
b , м	3	4	2	4	3	2	3
c , м	4	3	2	2	4	3	2
d , м	2	4	3	2	3	2	4
M , кНм	6	5	4	6	8	10	7
F , кН	4	5	3	6	7	2	8
q , кН/м	2	1	3	4	2	1	3

Исходные данные для расчета принять из табл. 1.1.

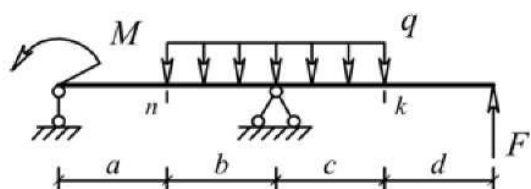


Рис. 1.1.1

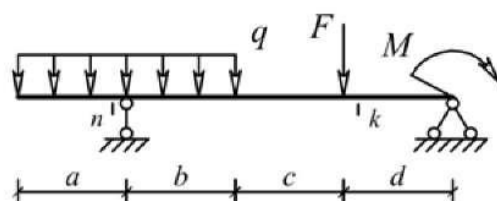


Рис. 1.1.2

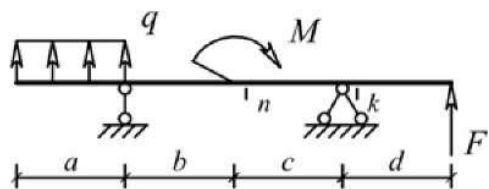


Рис. 1.1.3

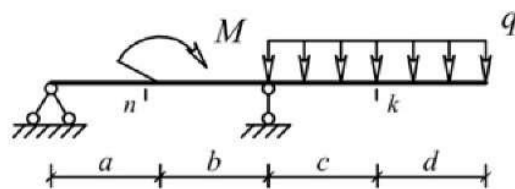


Рис. 1.1.4

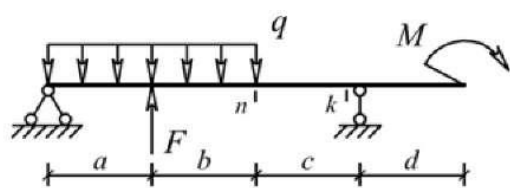


Рис. 1.1.5

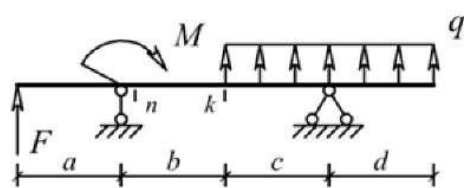


Рис. 1.1.6

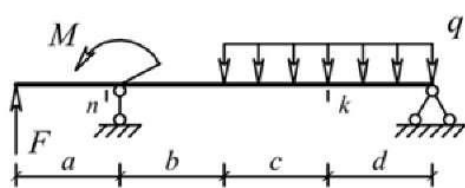


Рис. 1.1.7

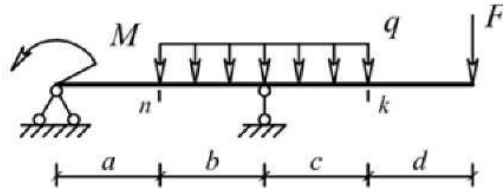


Рис. 1.1.8

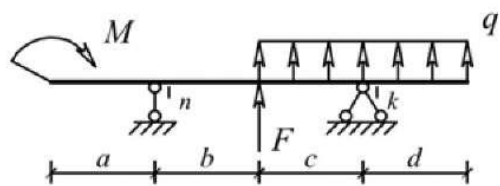


Рис. 1.1.9

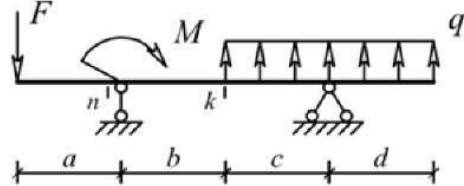


Рис. 1.1.10

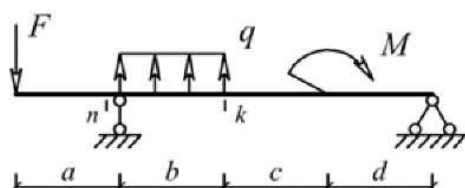


Рис. 1.1.11

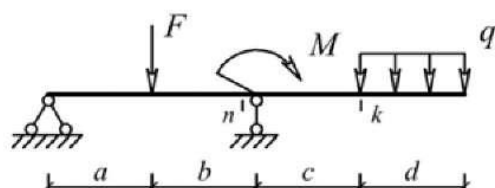


Рис. 1.1.12

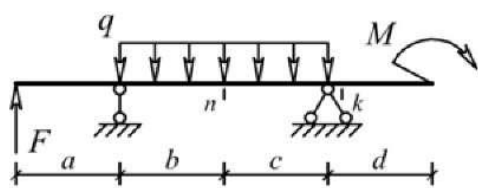


Рис. 1.1.13

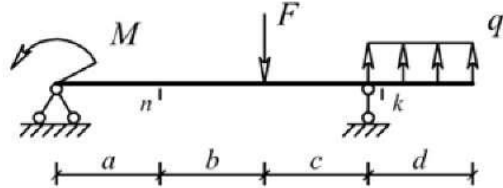


Рис. 1.1.14

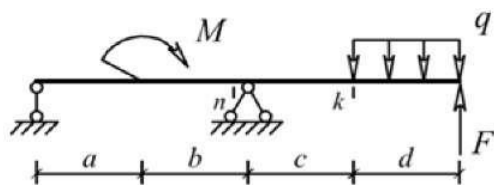


Рис. 1.1.15

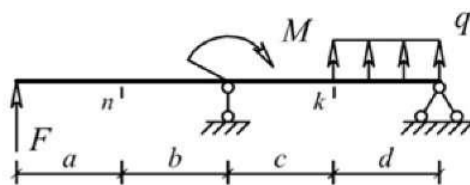


Рис. 1.1.16

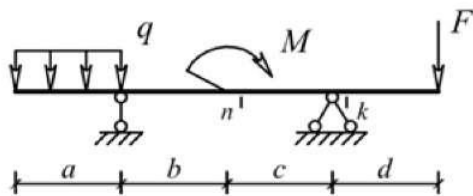


Рис. 1.1.17

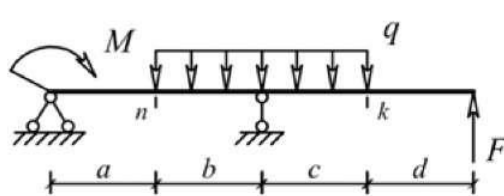


Рис. 1.1.18

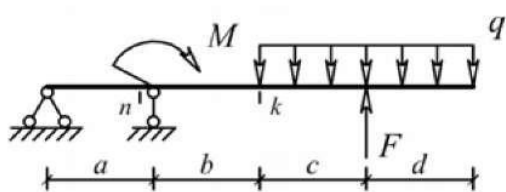


Рис. 1.1.19

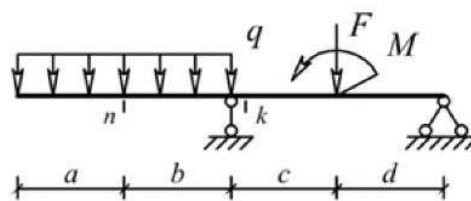


Рис. 1.1.20

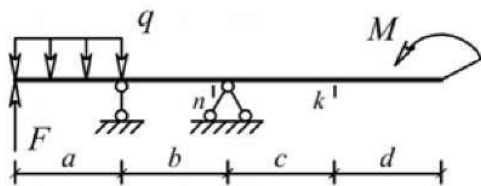


Рис. 1.1.21

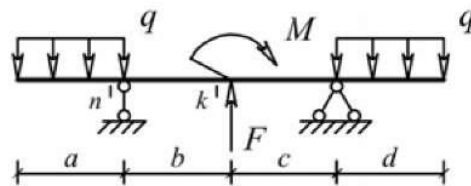


Рис. 1.1.22

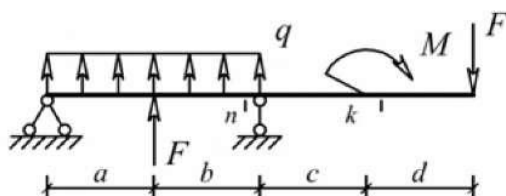


Рис. 1.1.23

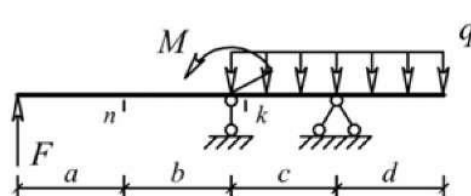


Рис. 1.1.24

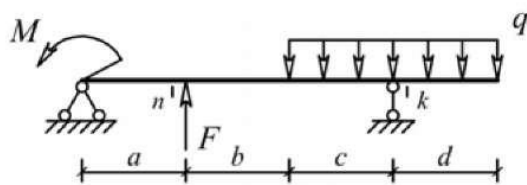


Рис. 1.1.25

Пример решения задачи

Исходные данные: схема балки на рис. 1.1.25; $a=2$ м; $b=2$ м; $c=2$ м; $d=2$ м; $M=8$ кНм; $F=2$ кН; $q=1$ кН/м.

а) Эпюры внутренних силовых факторов (рис. 1.1.26)

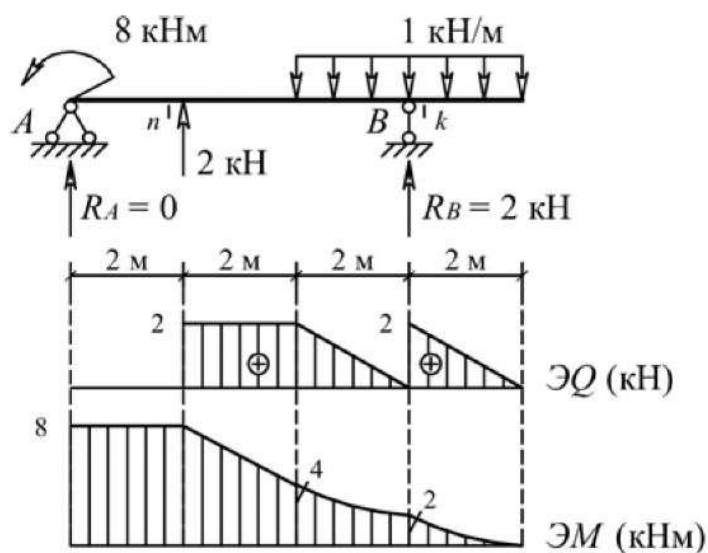


Рис. 1.1.26

б) Линии влияния внутренних силовых факторов в сечениях n и k (рис. 1.1.27)

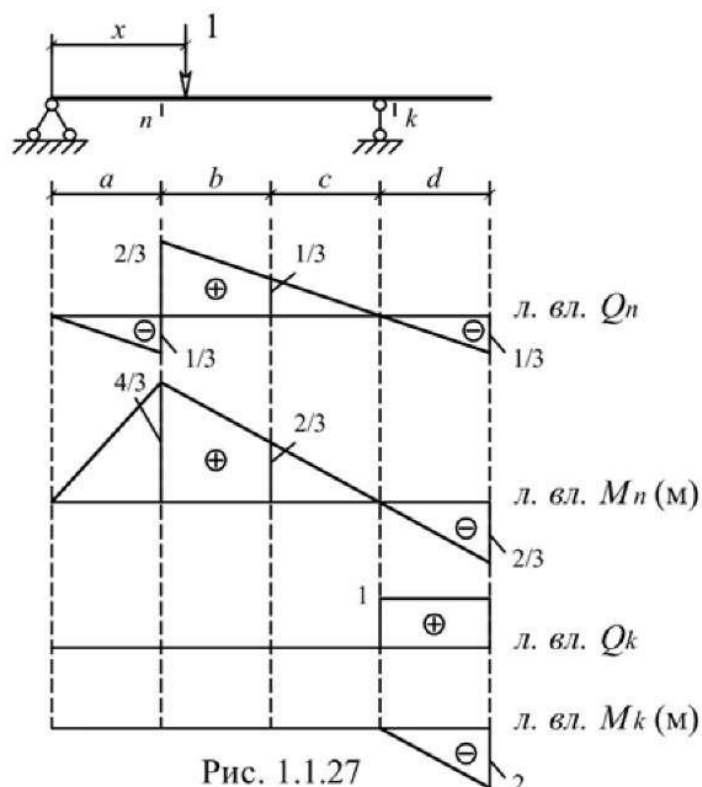


Рис. 1.1.27

в) Определение внутренних усилий S (изгибающего момента или поперечной силы) в сечениях n и k по формуле влияния:

$$S = M \cdot tga + F \cdot y + q \cdot \omega,$$

где M - сосредоточенный момент («+» - направлен по часовой стрелке, «-» - направлен против часовой стрелки);

α - наклон линии влияния в месте приложения M ; F - сосредоточенная сила («+» - направлена вниз, «-» - направлена вверх);

y - ордината линии влияния под силой; q - интенсивность распределенной нагрузки («+» - направлена вниз, «-» - направлена вверх);

ω - площадь линии влияния под нагрузкой.

$$M_n = (-8) \cdot (4/6) + (-2) \cdot (4/3) + 1 \cdot 0 = -8 \text{ кНм},$$

$$Q_n = (-8) \cdot (-1/6) + (-2) \cdot (2/3) + 1 \cdot 0 = 0,$$

$$M_k = (-8) \cdot 0 + (-2) \cdot 0 + 1 \cdot (-2) = -2 \text{ кНм},$$

$$Q_k = (-8) \cdot 0 + (-2) \cdot 0 + 1 \cdot 2 = 2 \text{ кН}.$$

Значение усилий совпали с соответствующими усилиями на эпюрах.

Пояснение к решению задачи

1) Для построения линий влияния в балках целесообразно воспользоваться статико-кинематическим методом. Суть метода заключается в том, что вначале определяется вид линии влияния. Для этого из балки удаляется связь, линию влияния усилия в которой требуется построить. В полученном таким образом механизме с одной степенью свободы строится эпюра возможных перемещений (рис. 1.1.28). В теории линий влияния на основе принципа возможных работ доказано, что вид линии влияния совпадает с очертанием этой эпюры. При известном очертании линии влияния любую ее ординату несложно вычислить из законов статики. Для этого достаточно установить единичный груз над ординатой, отделить часть балки, содержащей искомое усилие, и рассмотреть равновесие этой части.

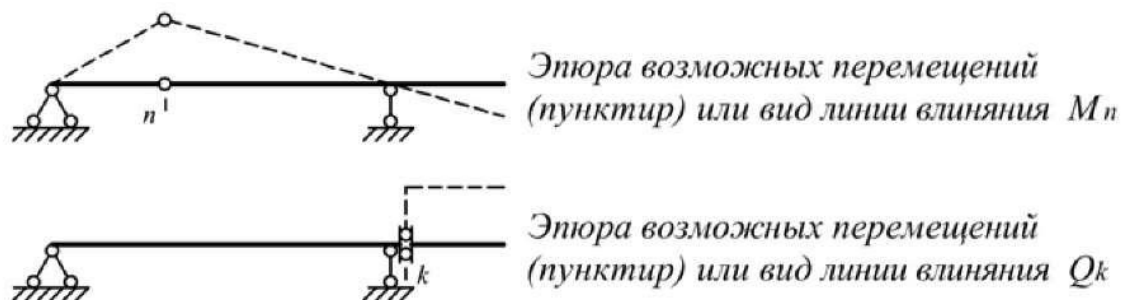


Рис. 1.1.28

Примечание. Знак линии влияния определяется автоматически, если возможное перемещение механизму задать в направлении, совпадающем с положительным направлением искомого усилия.

2) При определении усилий по линиям влияния следует помнить, что внешний сосредоточенный момент вносится в формулу влияния со знаком «+», если направлен по часовой стрелке, внешняя сосредоточенная сила и распределенная нагрузка со знаком «+», если направлены вниз. Такие правила приняты при выводе формулы влияния. Знак же тангенса определяется обычным образом, т.е. в первой и третьей четвертях он положительный (если линия влияния не перевернута).

1.2. Расчет многопролетных балок. Формулировка задачи

Для одной из многопролетных балок, изображенных на рис. 1.2.1 - 1.2.25 требуется:

построить эпюры внутренних силовых факторов и линии влияния внутренних усилий в сечении

определить усилия в сечении k по линиям влияния от заданной нагрузки и сравнить их с усилиями на эпюрах;

найти максимальное и минимальное значение изгибающего момента в сечении k от подвижной системы связанных грузов, показанной на рис. 1.2.26.

Таблица 1.2

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
l , м	2	3	4	2	2	4	3
M , кНм	6	5	4	6	8	10	7
F , кН	4	5	3	6	7	2	8
q , кН/м	2	1	3	4	2	1	3

Исходные данные для расчета принять из табл. 1.2.

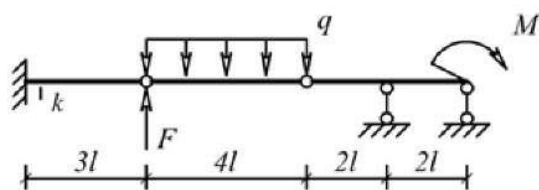


Рис. 1.2.1

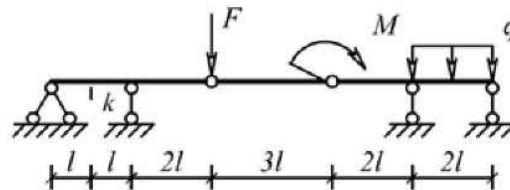


Рис. 1.2.2

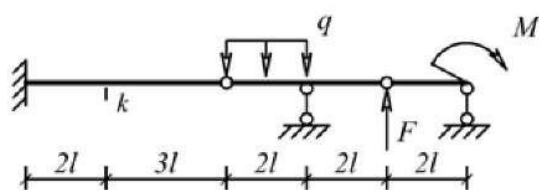


Рис. 1.2.3

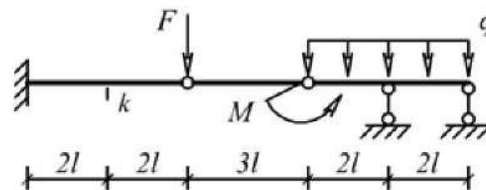


Рис. 1.2.4

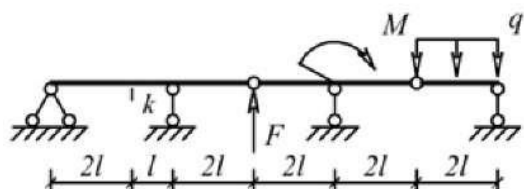


Рис. 1.2.5

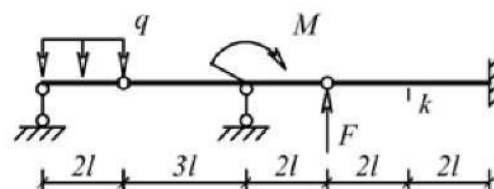


Рис. 1.2.6

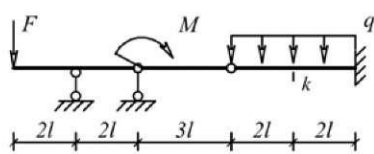


Рис. 1.2.19

Рис. 1.2.7

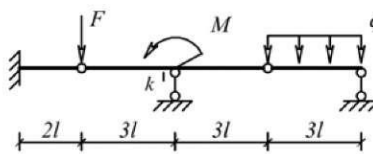


Рис. 1.2.20

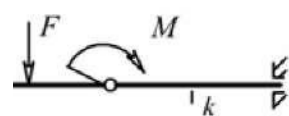


Рис. 1.2.8

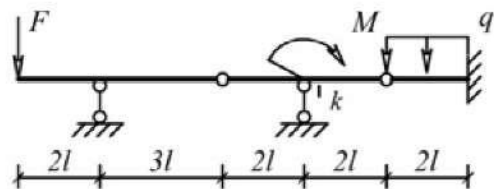


Рис. 1.2.9

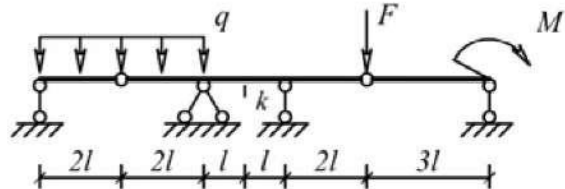


Рис. 1.2.10

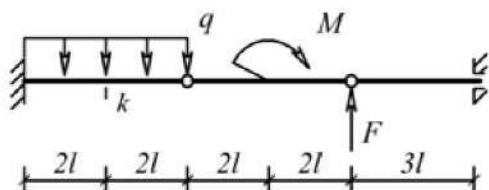


Рис. 1.2.11

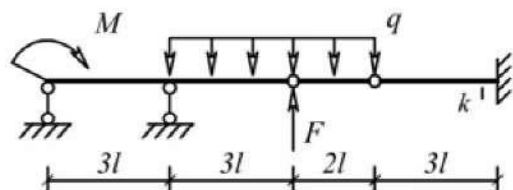


Рис. 1.2.12

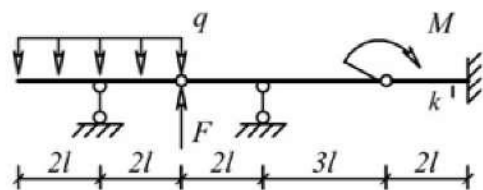


Рис. 1.2.13

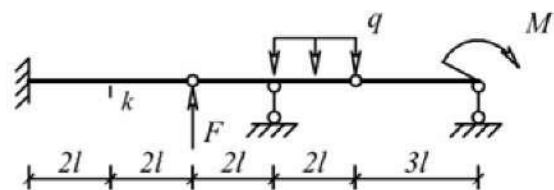


Рис. 1.2.14

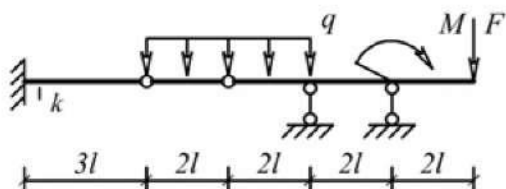


Рис. 1.2.15

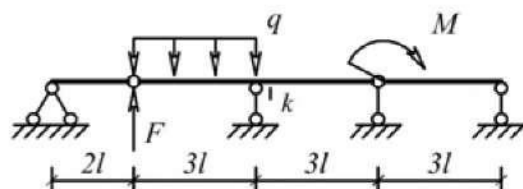


Рис. 1.2.16

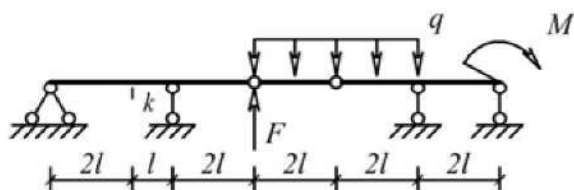


Рис. 1.2.17

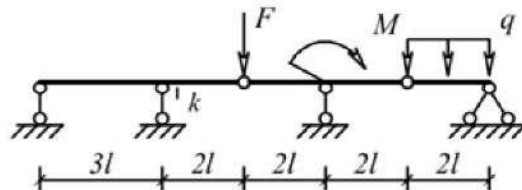


Рис. 1.2.18

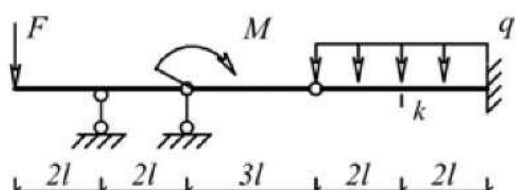


Рис. 1.2.19

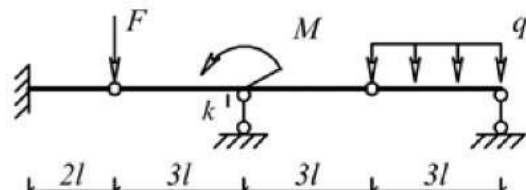


Рис. 1.2.20

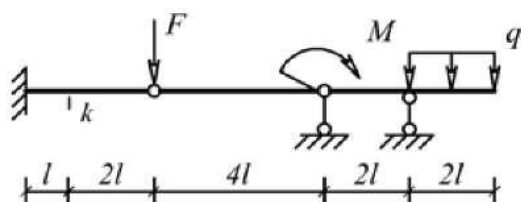


Рис. 1.2.21

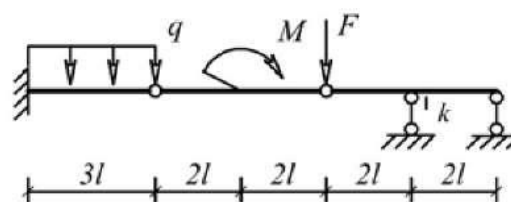


Рис. 1.2.22

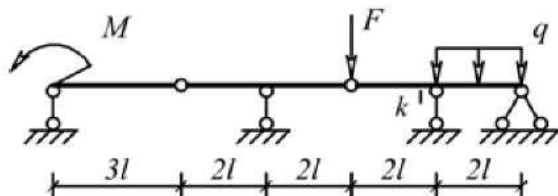


Рис. 1.2.23

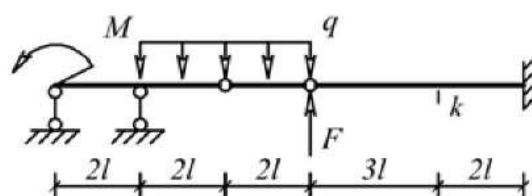


Рис. 1.2.24

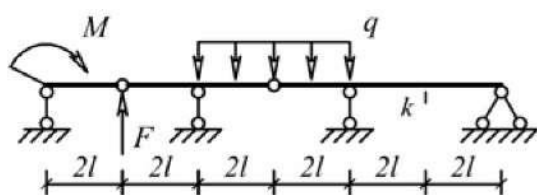


Рис. 1.2.25

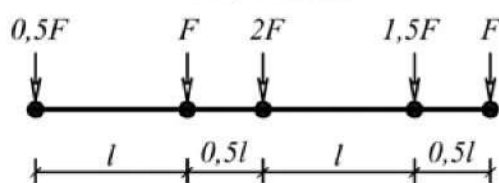


Рис. 1.2.26

Пример решения задачи

Исходные данные: схема балки на рис. 1.2.25; $l=2$ м;
 $M=4$ кНм; $F=2$ кН; $q=2$ кН/м.

а) Кинематический анализ системы

Степень свободы системы

$$W = 3D - (2Ш + С) = 3 \cdot 3 - (2 \cdot 2 + 5) = 0.$$

Геометрическая неизменяемость многопролетной балки следует из анализа ее «монтажно-поэтажной» схемы, показанной на рис. 1.2.27. Все диски на этой схеме имеют необходимое число правильно установленных связей. Следовательно, многопролетная балка является статически определимой системой.

б) Реакции в связях

Силы, обеспечивающие равновесие дисков балки, показаны на рис.1.2.28.

Из уравнений равновесия для диска А-1 находятся реакции:

$$x_1 = 0; y_A = -1 \text{ кН};$$

$$y_1 = 1 \text{ кН}.$$

Из уравнений равновесия для диска 1-2 находятся реакции:

$$x_2 = 0; y_B = 2 \text{ кН};$$

$$y_2 = 5 \text{ кН}.$$

Из уравнений равновесия для диска 2-Д находятся реакции:

$$x_D = 0; y_C = 17,5 \text{ кН};$$

$$y_D = -4,5 \text{ кН}.$$

Правильное направление и величины найденных реакций показаны на рис.1.2.29.

в) Эпюры внутренних силовых факторов

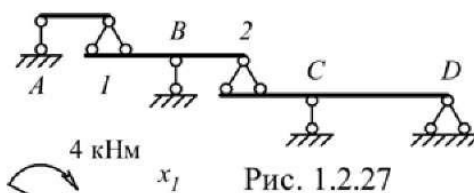


Рис. 1.2.27

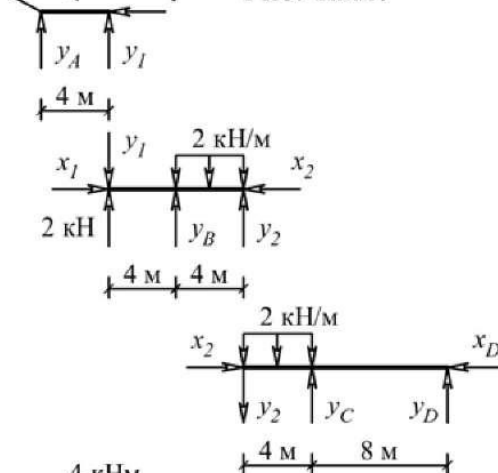


Рис. 1.2.28

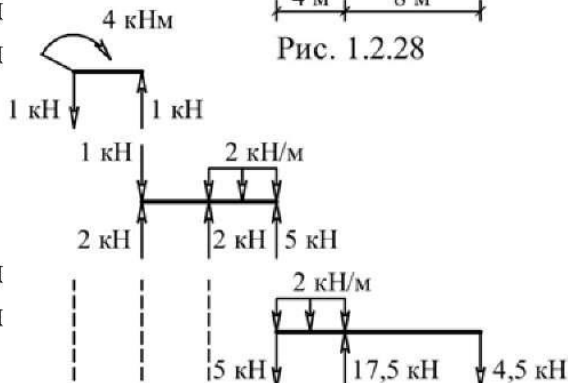


Рис. 1.2.29

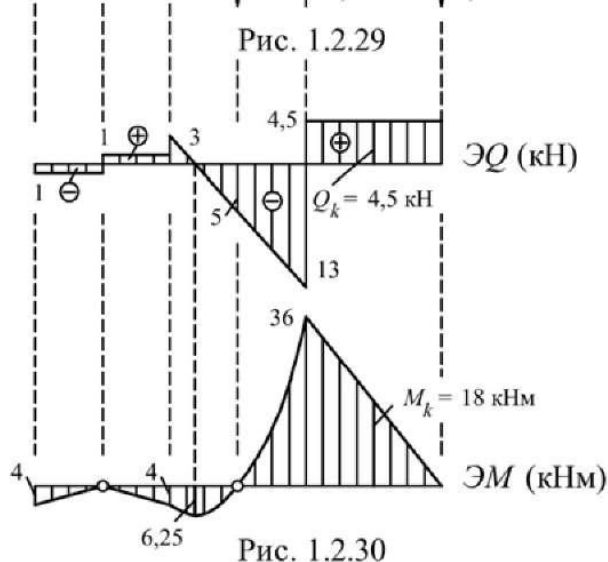


Рис. 1.2.30

г) Линии влияния внутренних силовых факторов в сечении k

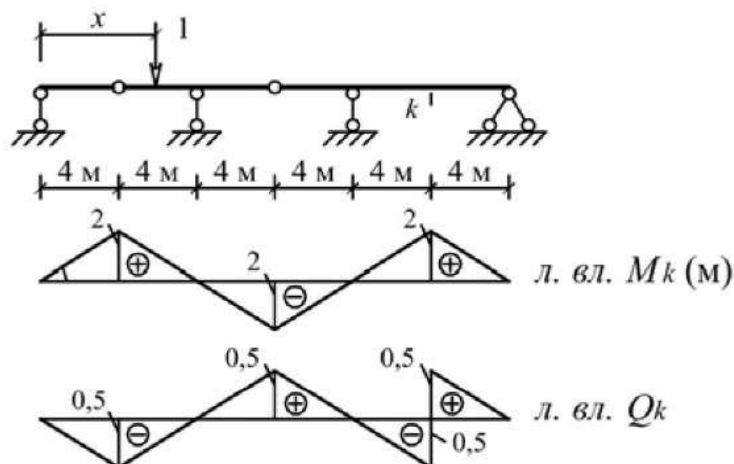


Рис. 1.2.31

д) Определение внутренних силовых факторов в сечении k по линиям влияния

$$M_k = 4 \cdot 0,5 + (-2) \cdot 2 + 2 \cdot (-8) = -18 \text{ кНм},$$

$$O_k = 4 \cdot (-0,5/4) + (-2) \cdot (-0,5) + 2 \cdot 2 = 4,5 \text{ кН}.$$

Знаки и значения усилий совпали со знаками и значениями усилий на эпюрах.

е) Определение невыгодного нагружения линии влияния изгибающего момента в сечении k подвижной системой связанных грузов, показанной на рис. 1.2.26

1) На рис. 1.2.32 показано положение системы грузов, при котором в сечении k возникает максимальный (наибольший со знаком плюс) изгибающий момент. Критическим грузом является сила 4 кН, так как при переходе этого груза через вершину знак производной M_k меняется с «+» на «-»:

$$\leq dM_k/dx = (1 + 2 + 4) \cdot 0,5 + (3 + 2) \cdot (-0,5) > 0,$$

$$\Rightarrow dM_k/dx = (1 + 2) \cdot 0,5 + (3 + 2 + 4) \cdot (-0,5) < 0.$$

$$\max M_k = 1 \cdot 0,5 + 2 \cdot 1,5 + 4 \cdot 2 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 0,5 = 15,5 \text{ кНм}.$$

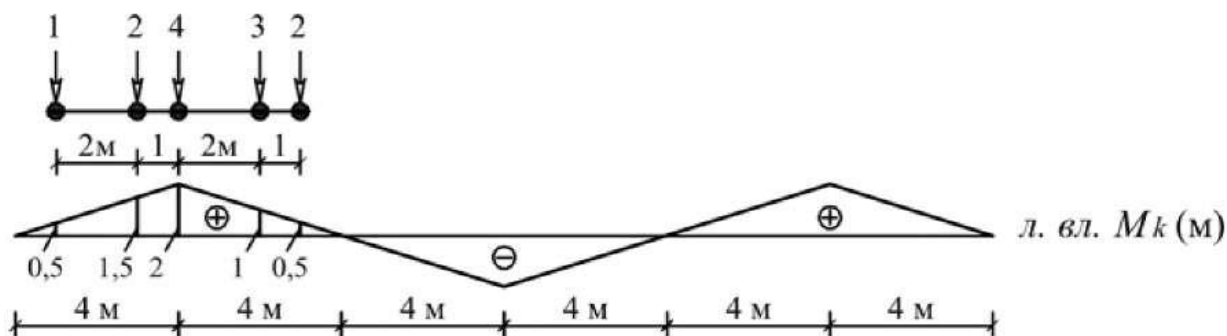


Рис. 1.2.32

2) На рис. 1.2.33 показано положение системы грузов, при котором в сечении k возникает минимальный (наибольший со знаком минус) изгибающий момент. Критическим грузом является сила 4 кН, так как при переходе этого груза через вершину знак производной M_k меняется с «-» на «+»:

$$\leq dM_k/dx = (1 + 2) \cdot (-0,5) + (3 + 2 + 4) \cdot 0,5 > 0$$

$$\Rightarrow dM_k/dx = (1 + 2) \cdot (-0,5) + (3 + 2 + 4) \cdot 0,5 > 0.$$

$$\min M_k = 1 \cdot (-0,5) + 2 \cdot (-1,5) + 4 \cdot (-2) + 3 \cdot (-1) + 2 \cdot (-0,5) = -15,5 \text{ кНм}.$$

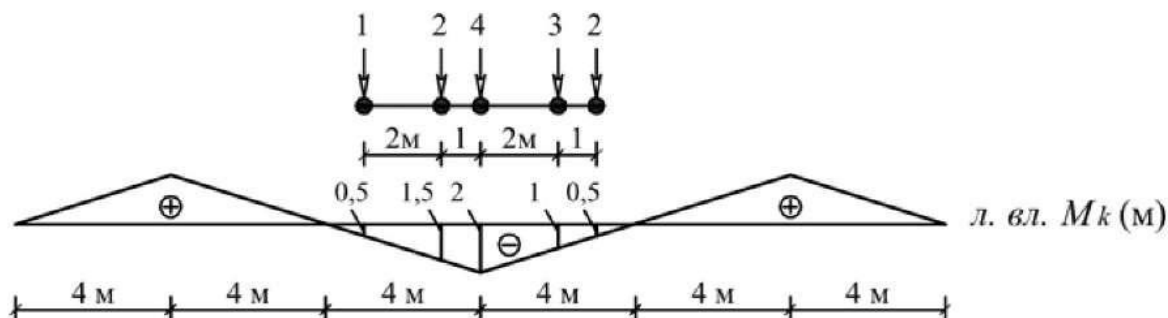


Рис. 1.2.33

Пояснения к решению задачи

1) Стержневая система является статически определимой, если степень ее свободы W равна нулю и она геометрически неизменяемая. В геометрически неизменяемых системах перемещения от нагрузок являются следствием только деформаций ее элементов. Для многопролетных статически определимых балок анализ геометрической неизменяемости проще выполнять через построение т.н. «монтажно-поэтажной» схемы, показывающей последовательность монтажа отдельных балок. На каждом «этаже» такой схемы должно присутствовать три связи (см. рис. 1.2.27).

2) При определении реакций в связях многопролетной статически определимой балки целесообразно воспользоваться наиболее общим подходом, заключающимся в том, что любая многодисковая статически определимая система может быть представлена в виде набора отдельных дисков с действующими на них внешними нагрузками и реакциями связей, обеспечивающих им равновесие в составе системы. В теории статически определимых систем доказано, что число независимых уравнений статики в точности равно числу реакций в связях, включая и силы взаимодействия в шарнирах, которые на смежные диски прикладываются в соответствии с законом Ньютона «действие равно противодействию», т.е. равными и противоположно направленными.

Примечание. Сосредоточенные внешние силы, действующие на шарниры, можно приложить к любому из смежных дисков.

После построения эпюр внутренних силовых факторов в отдельных дисках они объединяются и образуют эпюры для многопролетной балки в целом (см. рис. 1.2.30).

3) При построении линий влияния усилий в многопролетных балках проще всего воспользоваться статико-кинематическим методом, описание которого приведено в пояснениях к разделу 1.1. Поскольку линии влияния усилий в статически определимых системах имеют полигональный вид, то достаточно найти всего одну наиболее просто определяемую из условий равновесия ординату этой линии влияния. В примере определена ордината, когда единичный груз установлен над сечением k . При таком положении груза второстепенные балки (см. рис. 1.2.27) не работают, их можно отбросить и из законов равнове-

сия определить изгибающий момент и поперечную силу в сечении k основной балки.

4) Правила определения усилий по линиям влияния и формула влияния приведены в разделе 1.1.

5) Определение максимального и минимального значений усилия S от подвижной системы связанных между собой сосредоточенных грузов требует нахождения невыгодного загрузки линии влияния этой системой грузов. В теории линий влияния доказано, что в при невыгодном загрузении один из грузов (критический) должен находиться над одной из вершин (критической) линии влияния: над выпуклой, если отыскивается $maxS$, и вогнутой, если отыскивается $minS$ (линия влияния при этом не должна быть перевернута). Условием, что груз и вершина действительно критические, является смена знака производной усилия при переходе грузом вершины: с «+» на «-», если отыскивается $maxS$, и с «-» на «+», если $minS$. Производная усилия определяется по формуле:

$$dS/dx = \sum (F_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i)$$

где F_i - сосредоточенный груз;

α_i - угол наклона линии влияния в месте приложения сосредоточенного груза F_i .

Задача нахождения критического груза и критической вершины решается перебором возможных вариантов. Определение $maxS$ и $minS$ осуществляется по формуле влияния

$$S = \sum (F_i \cdot y_i),$$

где F_i - сосредоточенный груз;

y_i - ординаты линии влияния усилия S под сосредоточенными грузами, установленными в положение невыгодного загрузки.

2. Расчет плоских рам. Формулировка задачи

Для одной из рам, изображенных на рис. 1.3.1 - 1.3.25, требуется:

выполнить кинематический анализ;

определить реакции в связях, включая силы взаимодействия в шарнирах;

построить эпюры внутренних силовых факторов. Исходные данные для расчета принять из табл. 1.3

Таблица 1.3

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
l , м	3	3	2	3	4	4	2
h , м	2	3	3	4	3	4	4
F , кН	3	4	5	5	4	5	6
M , кНм	5	4	6	4	6	5	8

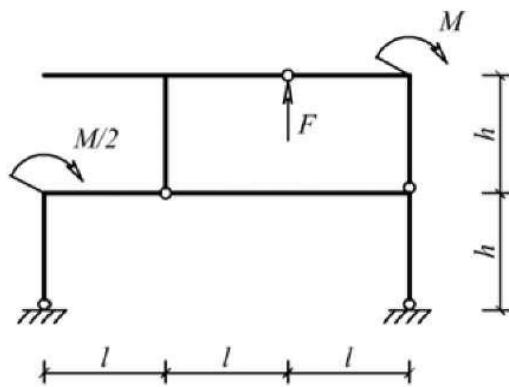


Рис. 1.3.1

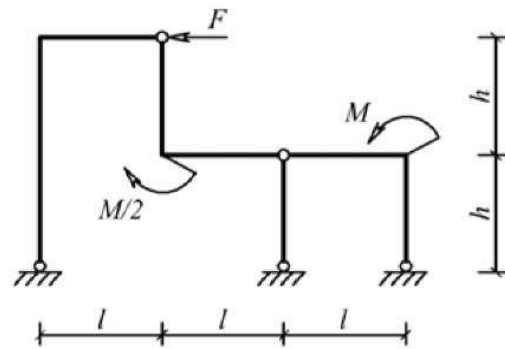


Рис. 1.3.2

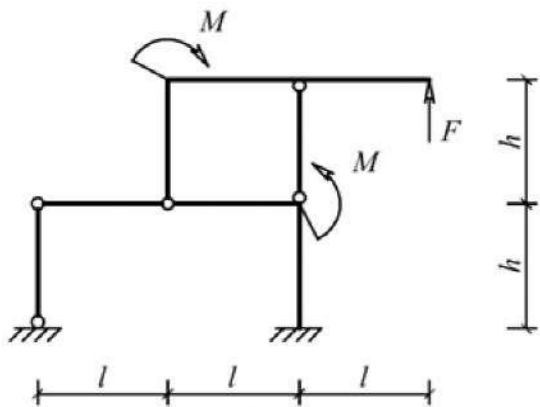


Рис. 1.3.3

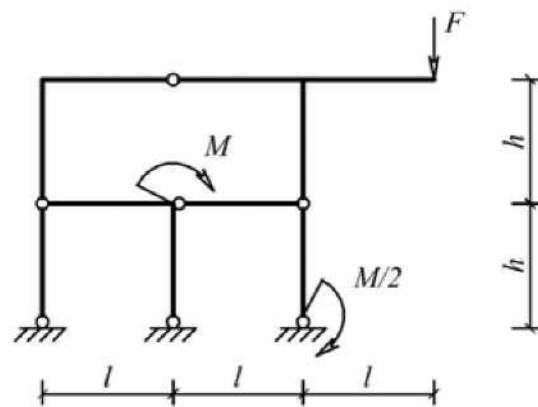


Рис. 1.3.4

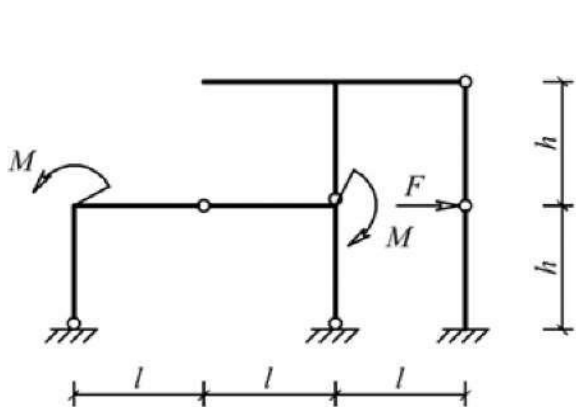


Рис. 1.3.5

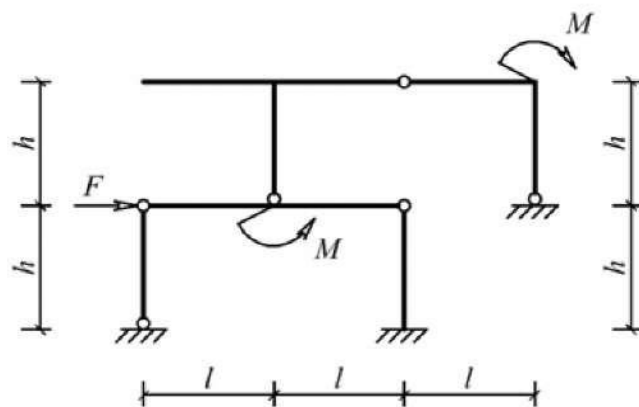
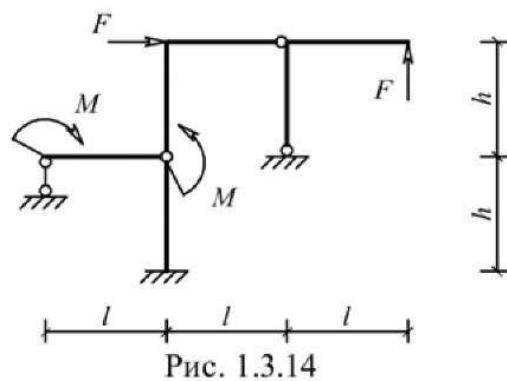
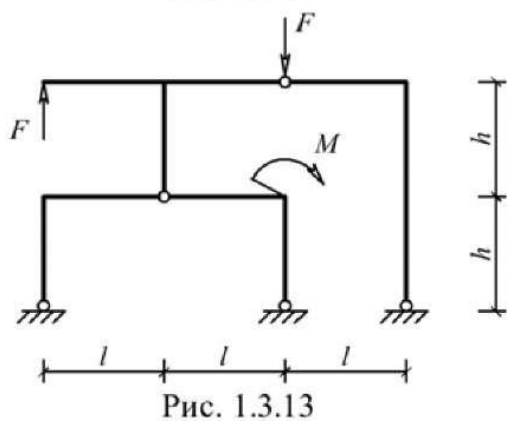
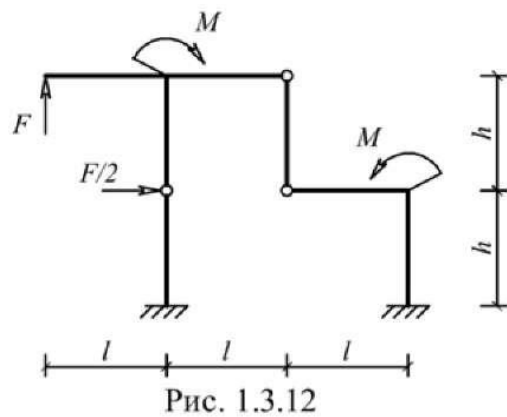
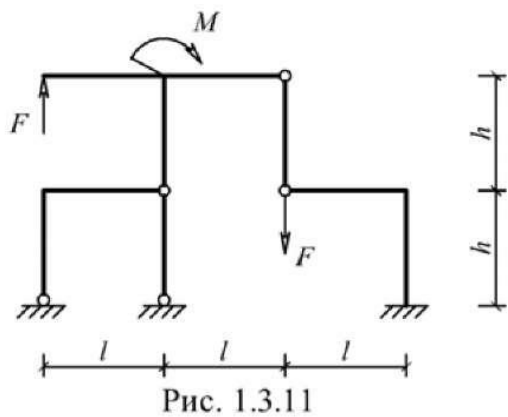
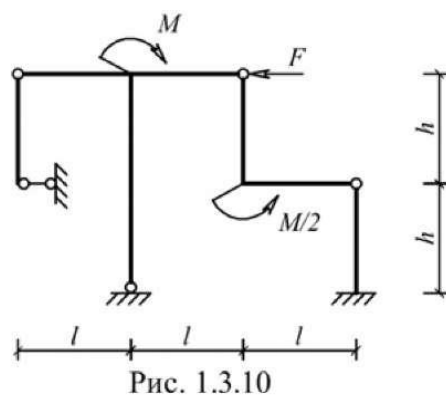
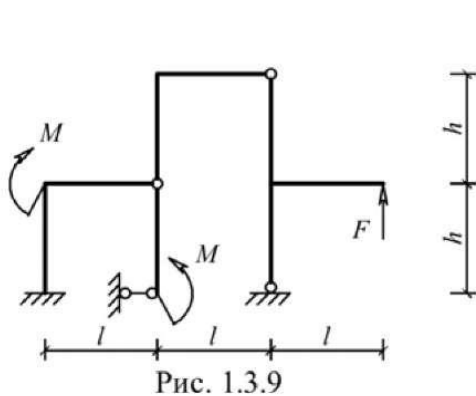
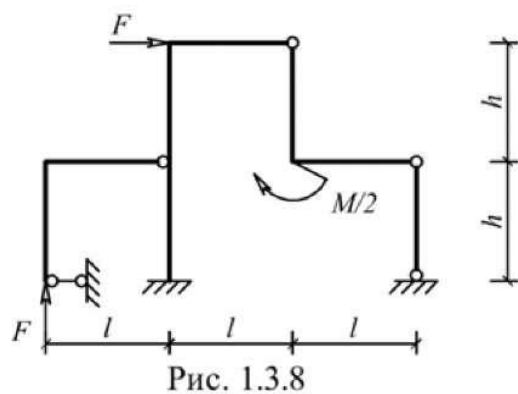
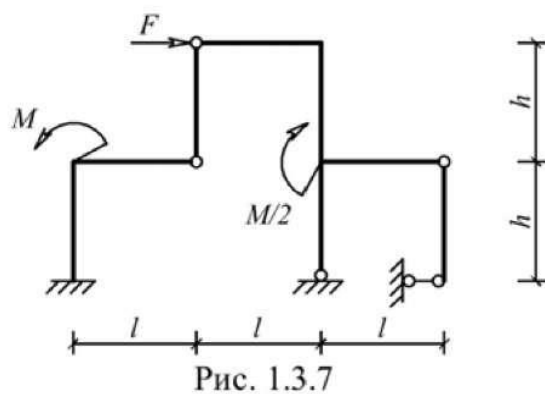


Рис. 1.3.6



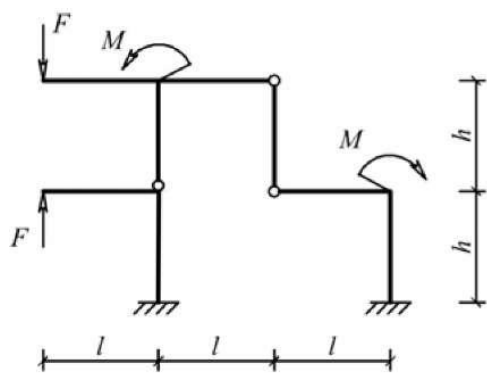


Рис. 1.3.15

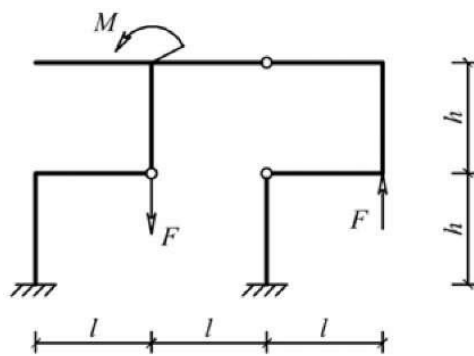


Рис. 1.3.16

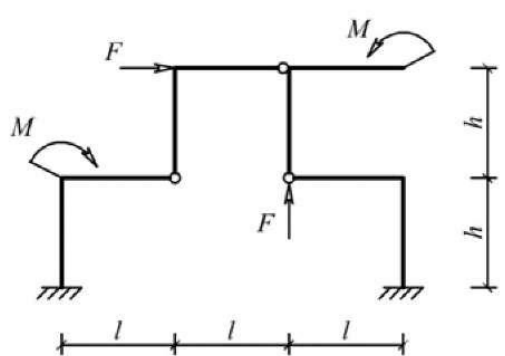


Рис. 1.3.17

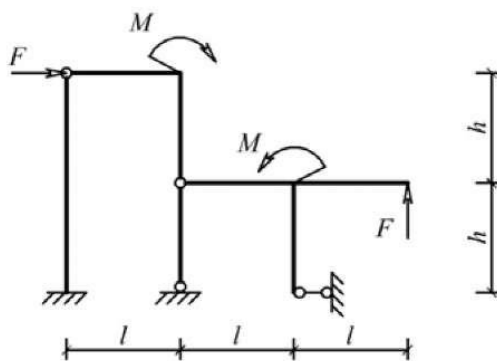


Рис. 1.3.18

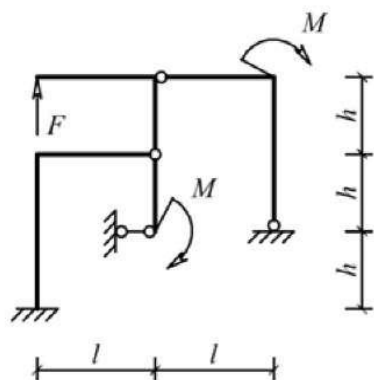


Рис. 1.3.19

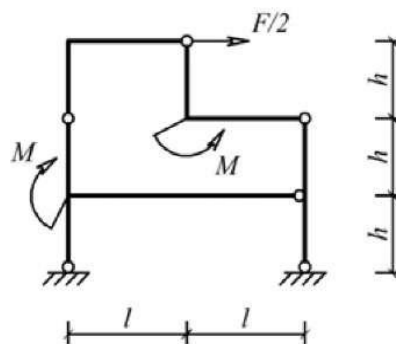


Рис. 1.3.20

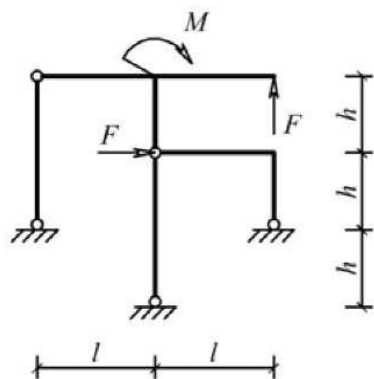


Рис. 1.3.21

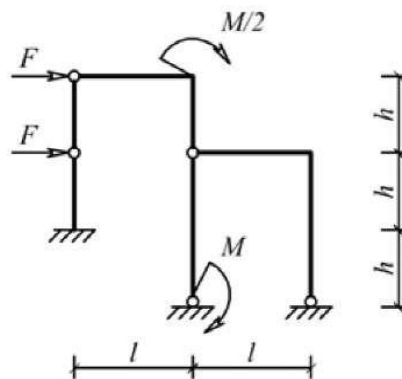
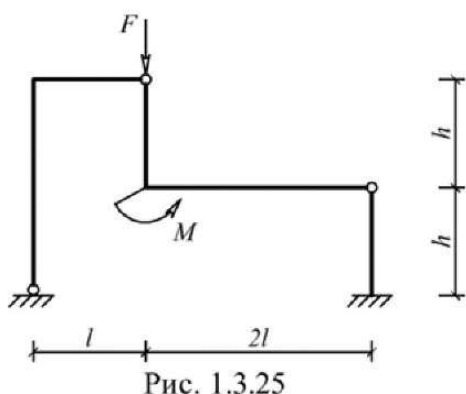
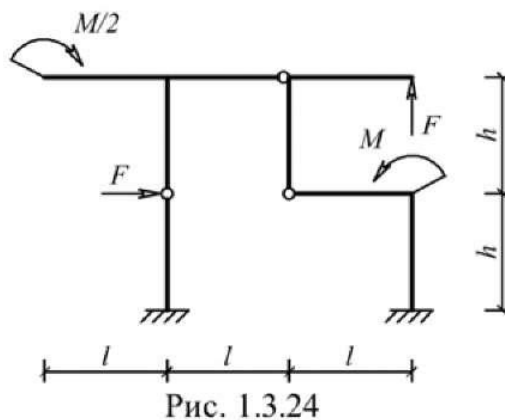
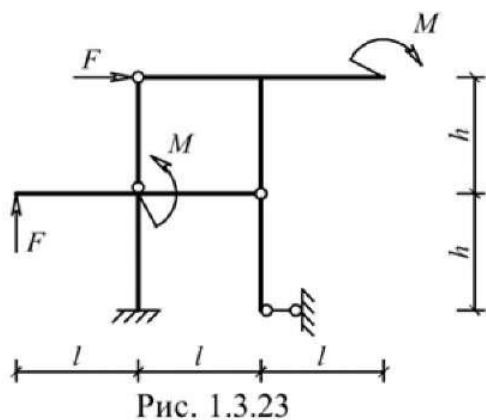


Рис. 1.3.22



Пример решения задачи

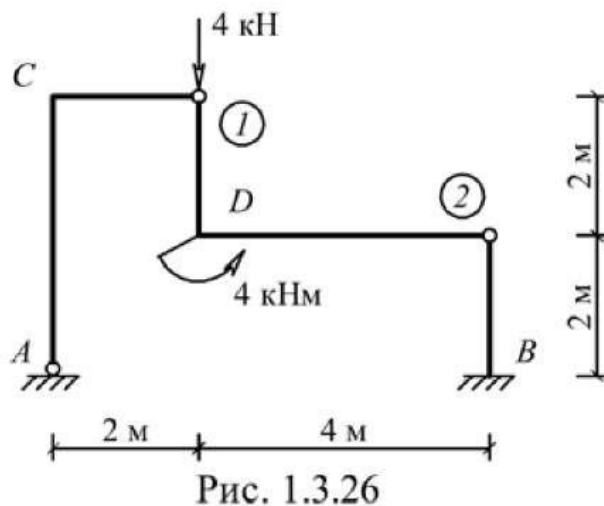
Исходные данные: схема рамы на рис. 1.3.25; $l=2$ м; $h=2$ м; $M=4$ кНм; $F=4$ кН.

а) Кинематический анализ рамы

1) Степень свободы системы

$$W = 3D - (2Ш + C) = 3 \cdot 3 - (2 \cdot 2 + 5) = 0.$$

2) Рама представляет собой неизменяемую фигуру (рис. 1.3.27), состоящую из трех дисков, соединенных между собой шарнирами А, 1 и 2, не лежащими на одной прямой. Следовательно, геометрическая неизменяемость рамной конструкции обеспечена.



б) Реакции в связях

Силы, обеспечивающие равновесие дисков рамы, показаны на рис. 1.3.28.

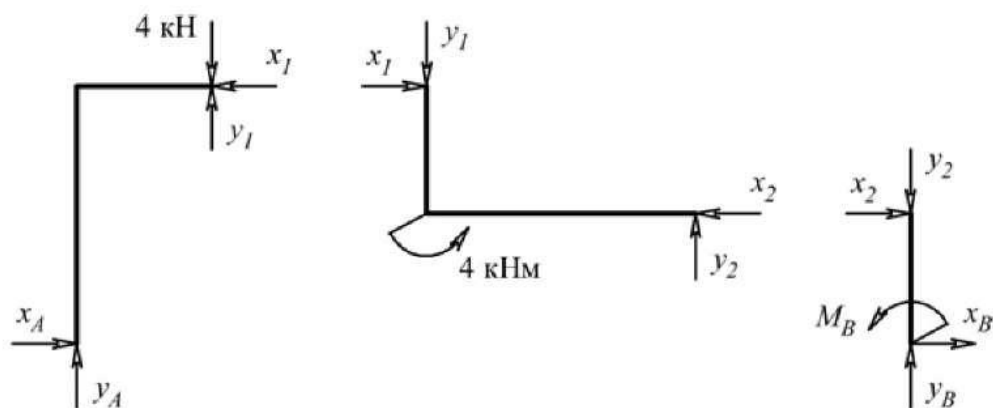


Рис. 1.3.28

Направление и величины реакций x_a , y_a , x_b , y_b , M_b , x_1 , y_1 , x_2 , y_2 , найденных из 9-и уравнений равновесия (по три для каждого диска), показаны на рис. 1.3.29.

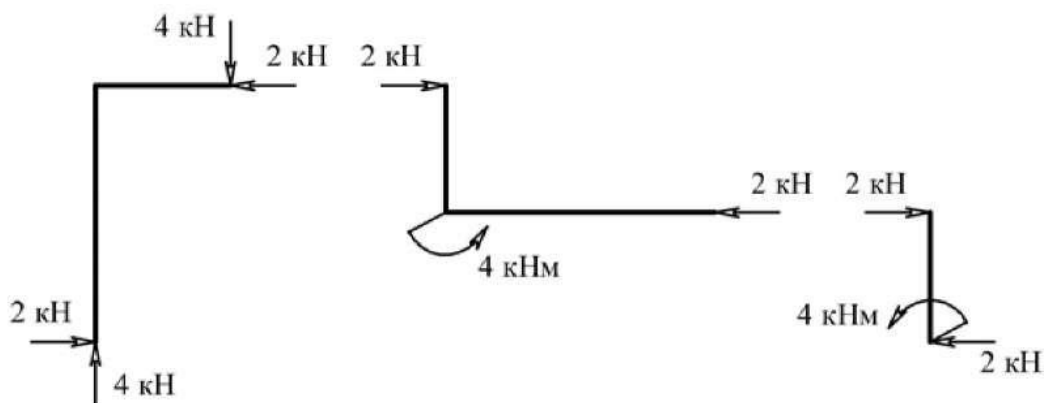


Рис. 1.3.29

в) Эпюры внутренних силовых факторов в дисках рамы

Эпюры продольных сил (кН)

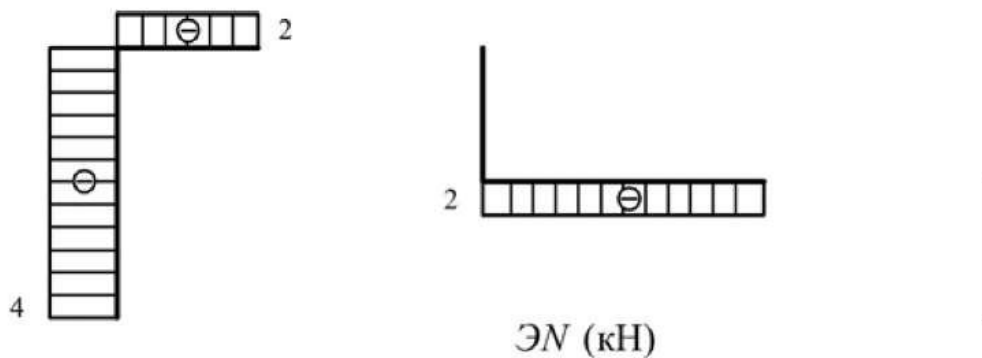


Рис. 1.3.30

Эпюры поперечных сил (кН)

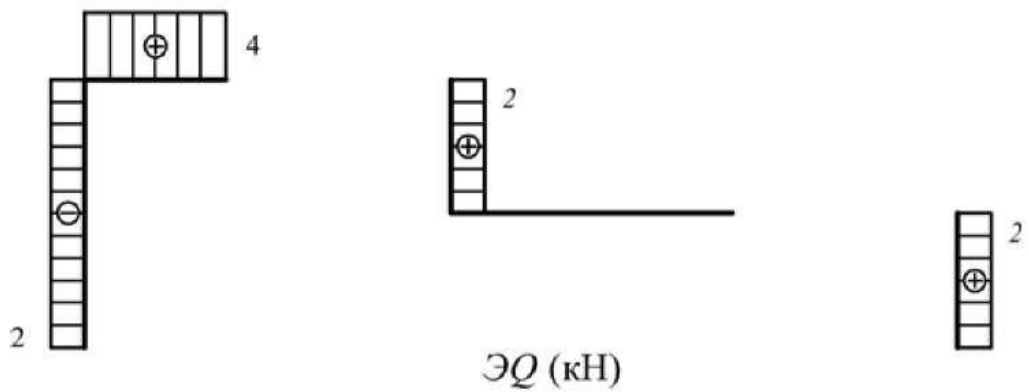


Рис. 1.3.31

Эпюры изгибающих моментов (кНм)

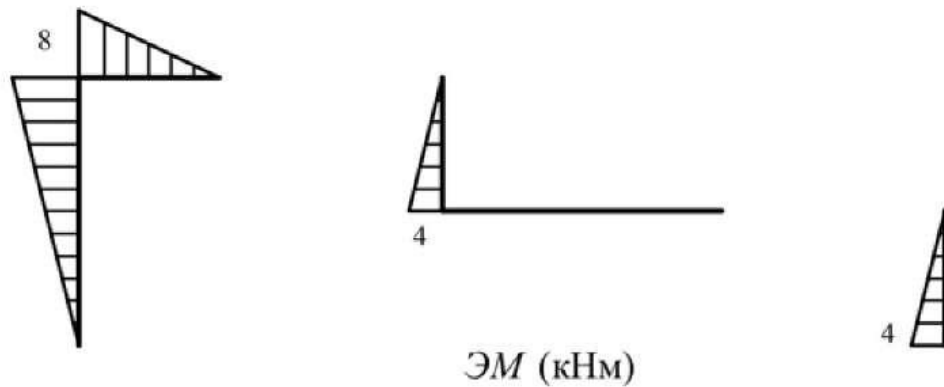


Рис. 1.3.32

г) Проверка равновесия жестких узлов С и D

Узел C

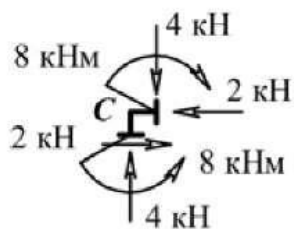


Рис. 1.3.33

$$EX = 0; EY = 0; EM_C = 0.$$

Узел D

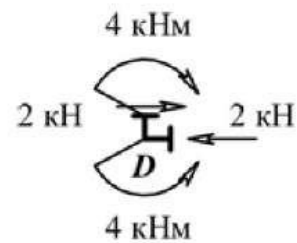


Рис. 1.3.34

$$EX = 0; EY = 0; EM_D = 0.$$

Пояснения к решению задачи

1) Кинематический анализ производится с целью доказательства, что рассматриваемая рамная конструкция является статически определимой, т.е. она не имеет избыточных («лишних») связей и обеспечена ее геометрическая неизменяемость. Процедура анализа геометрической неизменяемости включает отыскание в раме связанных дисков, в совокупности образующих простейшие неизменяемые фигуры, к которым относятся:

а) три диска, соединенных тремя не лежащими на одной прямой простыми шарнирами (см. рис. 1.3.27.);

б) два диска, соединенные тремя простыми не параллельными и не пересекающимися в одной точке связями.

При этом земля рассматривается как неизменяемый и неподвижный диск.

При определении реакций в связях статически определимой рамы целесообразно воспользоваться наиболее общим подходом, заключающимся в том, что любая многодисковая статически определимая система может быть представлена в виде набора отдельных дисков с действующими на них внешними нагрузками и реакциями связей, обеспечивающих им равновесие в составе системы. В теории статически определимых систем доказано, что число независимых уравнений статики в точности равно числу реакций в связях, включая и силы взаимодействия в шарнирах, которые на смежные диски прикладываются в соответствии с законом Ньютона «действие равно противодействию», т.е. равными и противоположно направленными.

Примечание. Сосредоточенные внешние силы, действующие на шарниры, можно приложить к любому из смежных дисков.

Определение внутренних силовых факторов в дисках производится методом сечений, суть которого состоит в следующем:

а) разрезают диск на две части так, чтобы в разрез попало поперечное сечение, в котором отыскиваются внутренние силовые факторы;

б) отбрасывают одну часть диска (любую), а ее действие заменяют усилиями N , Q и M ;

в) для рассматриваемой части диска составляют три независимых уравнений равновесия, из которых определяются величины и направления внутренних силовых факторов.

Для проверки равновесия жестких узлов с построенных эпюр в сечениях, максимально приближенных к узлам, снимаются внутренние силовые факторы и с учетом знака усилия прикладываются к узлам. Проверяется выполнение

условий равновесия, при составлении которых необходимо учесть внешние сосредоточенные силы или моменты, непосредственно приложенных к узлу.

3. Расчет балочных ферм. Формулировка задачи

Для одной из балочных ферм, изображенных на рис. 1.4.1 - 1.4.25 требуется:

определить аналитически усилия в отмеченных стержнях от неподвижной нагрузки в виде сосредоточенных сил F , приложенных в каждом узле прямолинейного пояса фермы;

построить линии влияния усилий для отмеченных стержней при «езде» по прямолинейному поясу фермы;

вычислить по линиям влияния усилия в отмеченных стержнях от сил F и результаты сравнить со значениями усилий, полученными аналитически.

Исходные данные для расчета принять из табл. 1.4.

Табл. 1.4.

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
l , м	2	1	1,5	1,5	1	2	2,5
h , м	2	1,5	0,75	1,75	2	3	3
F , кН	5	7	9	10	8	6	4

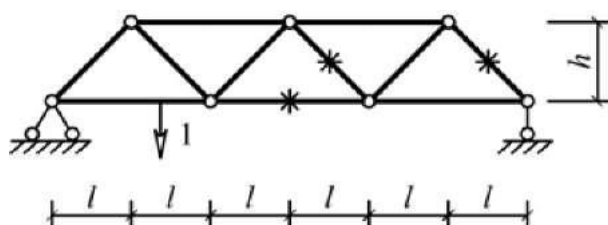


Рис. 1.4.1

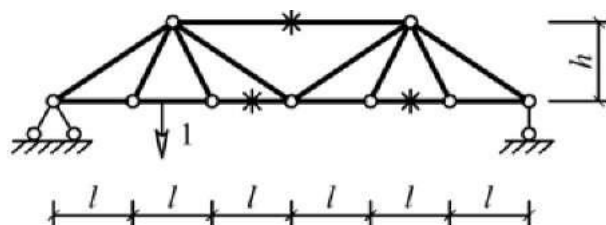


Рис. 1.4.2

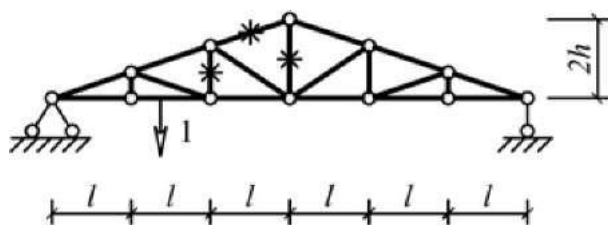


Рис. 1.4.3

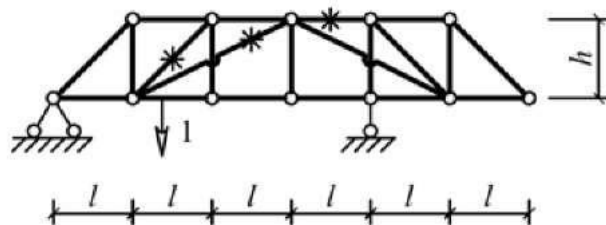


Рис. 1.4.4

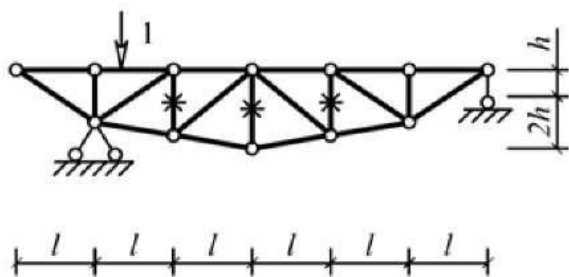


Рис. 1.4.17

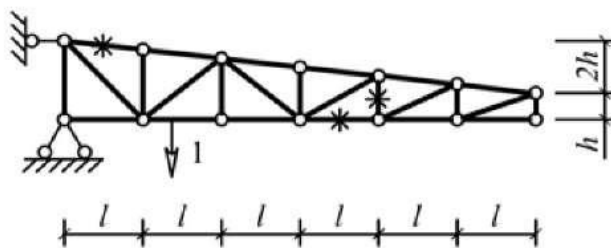


Рис. 1.4.18

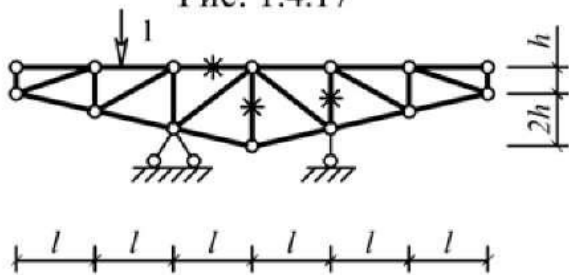


Рис. 1.4.19

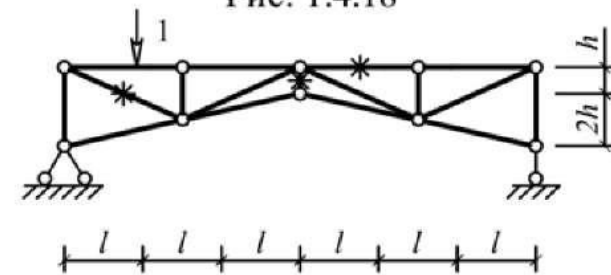


Рис. 1.4.20

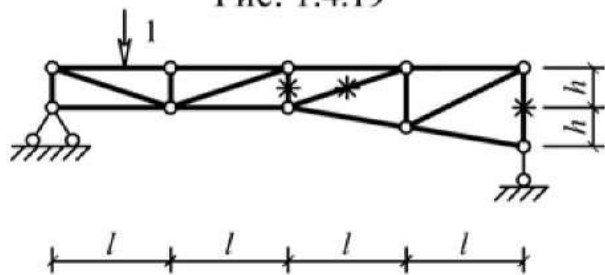


Рис. 1.4.21

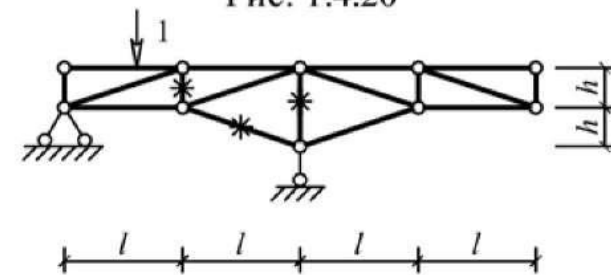


Рис. 1.4.22

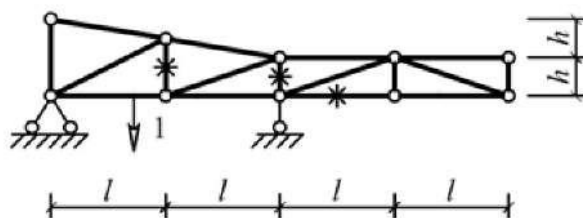


Рис. 1.4.23

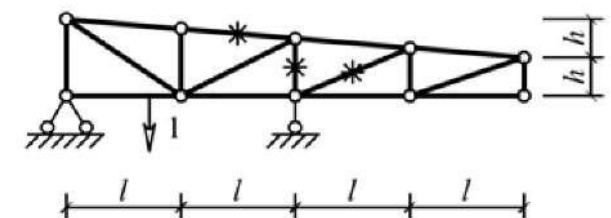


Рис. 1.4.24

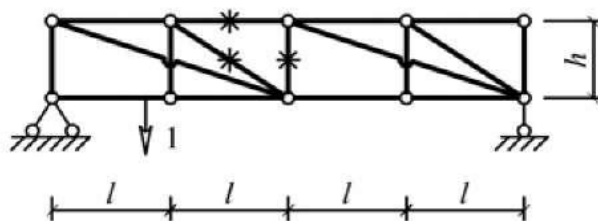


Рис. 1.4.25

Пример решения задачи

Исходные данные: схема фермы на рис. 1.4.25; $l=4$ м; $h=3$ м; $F=3$ кН.

а) Аналитическое определение усилий в отмеченных стержнях от неподвижной нагрузки

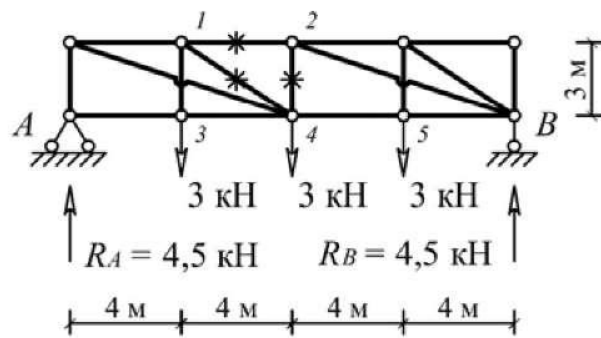
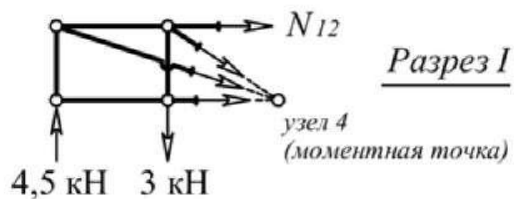


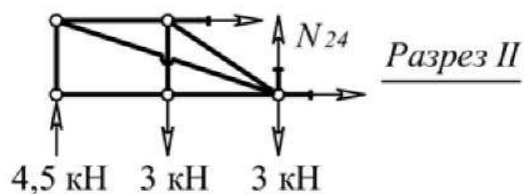
Рис. 1.4.26



$$\Sigma M_4 = 0$$

$$N_{12} \cdot 3 + 4,5 \cdot 8 - 3 \cdot 4 = 0 \Rightarrow$$

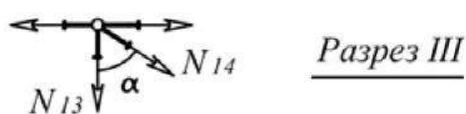
$$N_{12} = -8 \text{ кН}$$



$$\Sigma Y = 0$$

$$N_{24} + 4,5 - 3 - 3 = 0 \Rightarrow$$

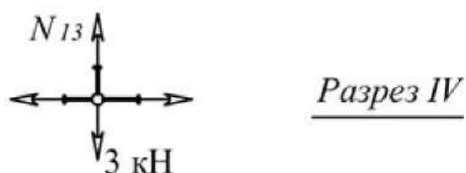
$$N_{24} = 1,5 \text{ кН}$$



$$\Sigma Y = 0$$

$$-N_{14} \cdot \cos \alpha - N_{13} = 0 \Rightarrow$$

$$N_{14} = -N_{13} / \cos \alpha$$



$$\Sigma Y = 0$$

$$N_{13} - 3 = 0 \Rightarrow$$

$$N_{13} = 3 \text{ кН}$$

Рис. 1.4.27

$$N_{14} = -N_{13} / \cos \alpha = -3 / (3/5) = -5 \text{ кН.}$$

б) Линии влияния усилий для отмеченных на схеме стержней

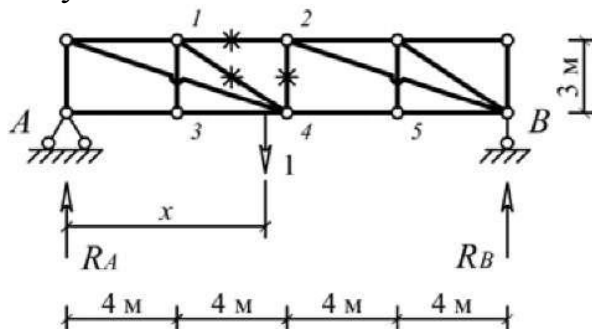
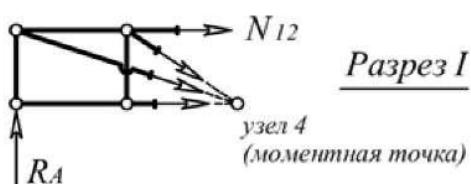


Рис. 1.4.28

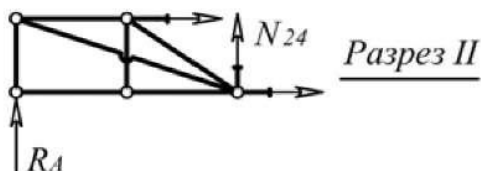


Разрез I

$$\sum M_4 = 0 \Rightarrow$$

$$N_{12} = -R_A \cdot (8/3)$$

(уравнение правой ветви)

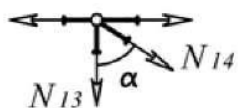


Разрез II

$$\sum Y = 0 \Rightarrow$$

$$N_{24} = -R_A$$

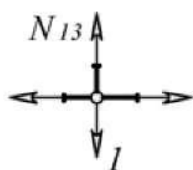
(уравнение правой ветви)



Разрез III

$$\sum Y = 0 \Rightarrow$$

$$N_{14} = -N_{13} \cdot (5/3)$$



Разрез IV

$$\sum Y = 0 \Rightarrow$$

$$N_{13} = 1$$

Рис. 1.4.29

в) Определение усилий в отмеченных стержнях по формуле влияния от сил $F=3$ кН.

$$N_{12} = (3) \cdot (-2/3) + (3) \cdot (-4/3) + (3) \cdot (-2/3) = -8 \text{ кН},$$

$$N_{24} = (3) \cdot (1/4) + (3) \cdot (1/2) + (3) \cdot (-1/4) = 1,5 \text{ кН},$$

$$N_{13} = (3) \cdot (1) = 3 \text{ кН},$$

$$N_{14} = (3) \cdot (-5/3) = -5 \text{ кН}.$$

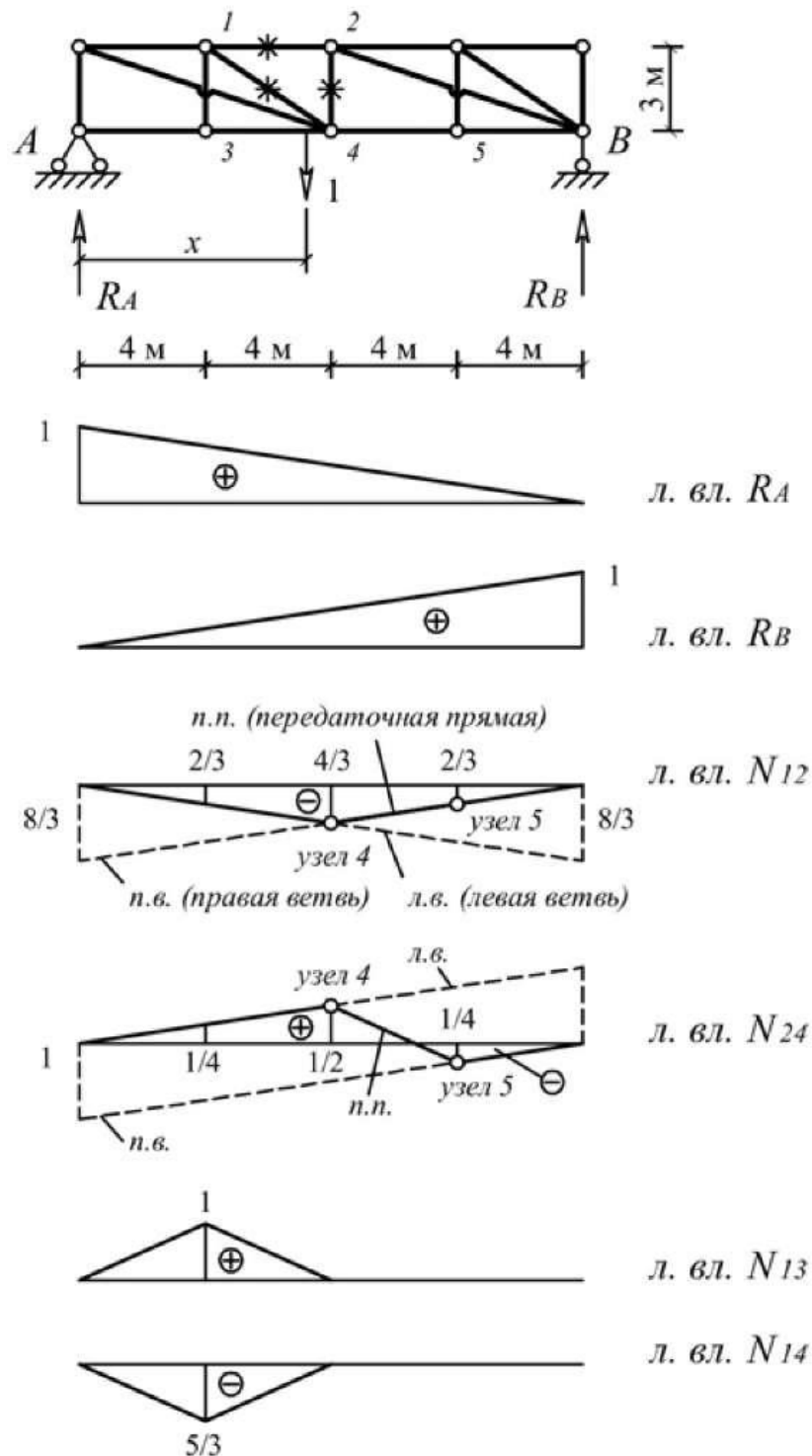


Рис. 1.4.30

Пояснения к решению задачи

Аналитический способ нахождения усилий от неподвижной нагрузки требует рассмотрения равновесия отсеченной части фермы, содержащей определяемое усилие.

Основой для построения линий влияния в стержнях фермы, в большинстве случаев, являются линии влияния опорных реакций, вид и значение ординат которых очевиден. Задача, как правило, сводится к нахождению связи внутрен-

него усилия с реакциями опор через законы равновесия и последующего перемасштабирования линий влияния реакций. В приведенном примере связь усилия в стержне 1-2 с реакцией Д4, когда груз находится справа от разреза I, определена из равенства нулю моментов относительно точки (узла) 4 для левой отсеченной части фермы. В результате получено уравнение правой ветви, а левая ветвь, как известно, пересекается с правой в точке, лежащей на одной вертикали с моментной точкой (узлом) 4. Для усилия в стержне 2-4 ветви линии влияния параллельны, поскольку связь с реакцией определяется уравнением равновесия $Z_7 = 0$. Для построения линии влияния усилия в стержне 1—4 использована связь этого усилия с усилием в стержне 1—3 из равновесия узла 7, а линия влияния усилия в стержне 1—3 легко построить, если рассмотреть равновесие узла 3.

4. Расчет распорных и комбинированных систем. Формулировка задачи

Для одной из стержневых систем, изображенных на рис. 1.5.1 - 1.5.24 требуется:

выполнить кинематический анализ;

определить внутренние силовые факторы в указанных сечениях.

Исходные данные для расчета принять из табл. 1.5.

Таблица 1.5

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
l , м	2	1,5	2	1,75	2	3	3
F , кН	10	6	7	4	9	8	5

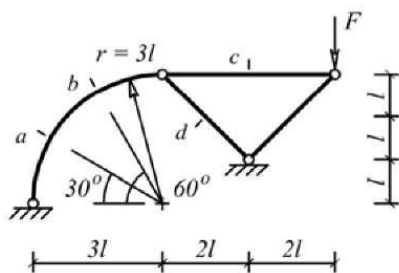


Рис. 1.5.1 (а, с) - Рис. 1.5.2 (b, d)

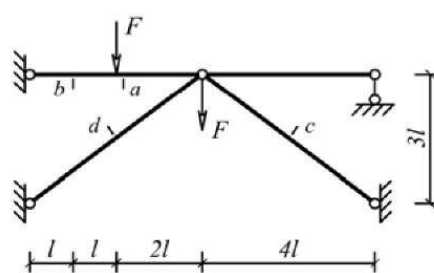


Рис. 1.5.3 (а, с) - Рис. 1.5.4 (b, d)

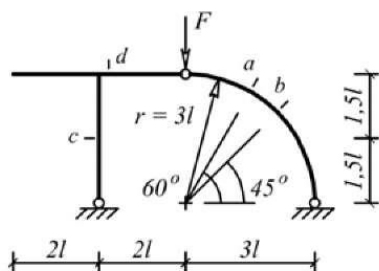


Рис. 1.5.5 (а, с) - Рис. 1.5.6 (b, d)

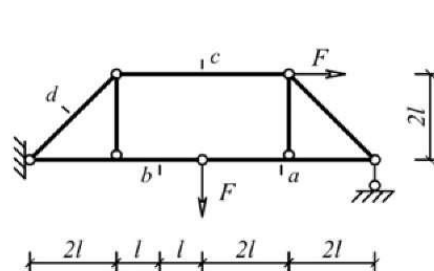


Рис. 1.5.7 (а, с) - Рис. 1.5.8 (b, d)

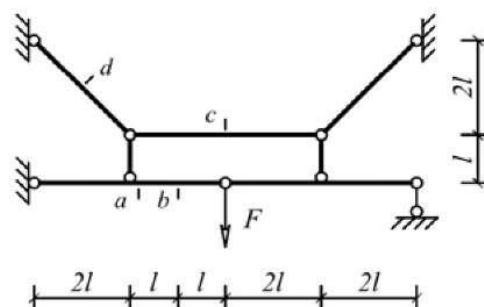


Рис. 1.5.11 (а, с) - Рис. 1.5.12 (b, d)

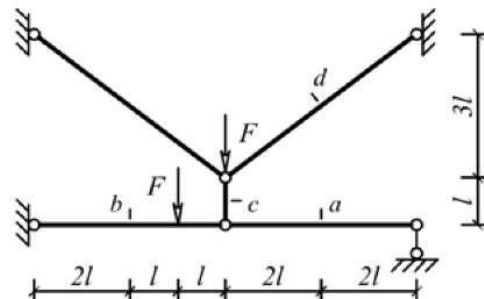


Рис. 1.5.15 (а, с) - Рис. 1.5.16 (b, d)

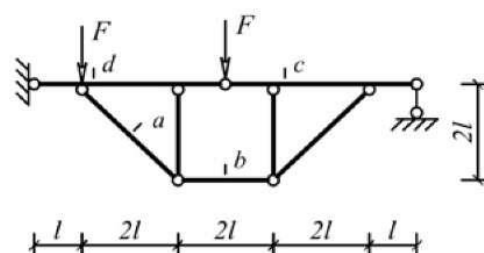


Рис. 1.5.19 (а, с) - Рис. 1.5.20 (b, d)

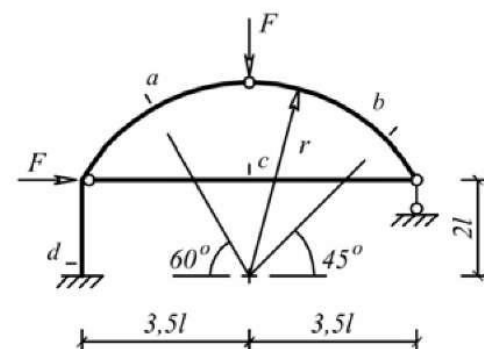


Рис. 1.5.23 (а, с) - Рис. 1.5.24 (b, d)

Пояснения к решению задачи

В распорных системах при вертикальной нагрузке возникают реакции (распор) в горизонтальных связях (затяжках, распорках и др.). Найдите реакции в связях.

Сложности возникают не только при определении реакций в связях, но и при доказательстве, что рассматриваемая конструктивная схема является статически определимой, т.е. кинематически неизменяемой, у которой степень свободы равна нулю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарков А.В., Строительная механика.- СПб.: издательство «Лань», 2005.
2. Мельчаков А.П., Сборник задач по строительной механике.- Челябинск, 2004.
3. Анохин Н.Н., Строительная механика в примерах и задачах. М. Ассоциации строительных вузов. 2007.
4. Кривошапко С.Н., Строительная механика: лекции, семинары. М высшая школа, 2008.
5. Саргсян А.Е., Строительная механика. М. Высшая школа. 2000
6. Александров А.В., Строительная механика. М. Высшая школа. 2007