

Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ МНОГОПРОЛЕТНЫХ БАЛОК

Методические указания к практическим занятиям

Составители Г. В. Воронкова, В. В. Габова



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2014

Волгоград
ВолгГАСУ
2014

УДК 624.072.23(076.5)
ББК 38.112.5я73
Р248

Р248 **Расчет** статически определимых многопролетных балок [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ; сост. Г. В. Воронкова, В. В. Габова. — Электронные текстовые и графические данные (387 Кбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. — Систем. требования: РС 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Рассматриваются примеры решения многопролетной статически определимой балки: построение эпюр внутренних усилий и линий влияния. Представлены необходимые для расчетов таблицы и формулы.

Для студентов, обучающихся по направлению «Строительство».

УДК 624.072.23(076.5)
ББК 38.112.5я73

ВВЕДЕНИЕ

Перед выполнением работы студент должен изучить по рекомендуемой литературе и конспекту лекций следующие теоретические вопросы:

- принципы образования и особенности многопролетных статически определимых балок;
- алгоритм расчета балок на действие неподвижной нагрузки;
- определение перемещений (прогибов) по формуле Мора;
- построение линий влияния реакций и усилий в простых (однопролетных и консольных) и сложных (многопролетных) балках.

Эти вопросы изложены в работах: [1, глава 2];[3,глава 5,6]; [4, глава 1,2];[5, глава 1].

1. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ

Многопролетная статически определимая балка образуется из простых балок, соединенных между собой концами при помощи идеальных шарниров.

Для облегчения расчета многопролетных статически определимых балок целесообразно заданную расчетную схему преобразовать в статически эквивалентную **поэтажную схему**. С этой целью в заданной схеме мысленно удаляются все сквозные шарниры соединяющие отдельные простые балки. Полученные простые балки могут быть **основными** или **второстепенными**.

Рассмотрим пример (рис.1,а): консольная балка А–ш1 является основной, так как может существовать самостоятельно (независимо от наличия других балок). Две следующие балки ш1–ш2 и ш2–ш3, лишенные необходимых связей, не могут существовать самостоятельно, они являются второстепенными. Балка ш3–D имеет шарнирно подвижные опорные связи С и D, она не будет перемещаться по вертикали, но будет

перемещаться по горизонтали. Однако следует учесть, что в исходной схеме имеется горизонтальная связь в жесткой заделке А, не позволяющая перемещаться балке ш3–D горизонтально. Эта балка является **условно основной** (неизменяемой лишь в отношении вертикальных перемещений).

Основные балки находятся в основании поэтажной схемы. Второстепенные балки помещаются выше одна над другой. Второстепенная балка, не имеющая опорных связей с землей, находится на самом веру поэтажной схемы. Отброшенные шарниры заменяем шарнирно-неподвижными опорами.

Полученная таким образом «поэтажная схема» наглядно выявляет структуру исходной системы и помогает понять взаимодействие составляющих ее балок.

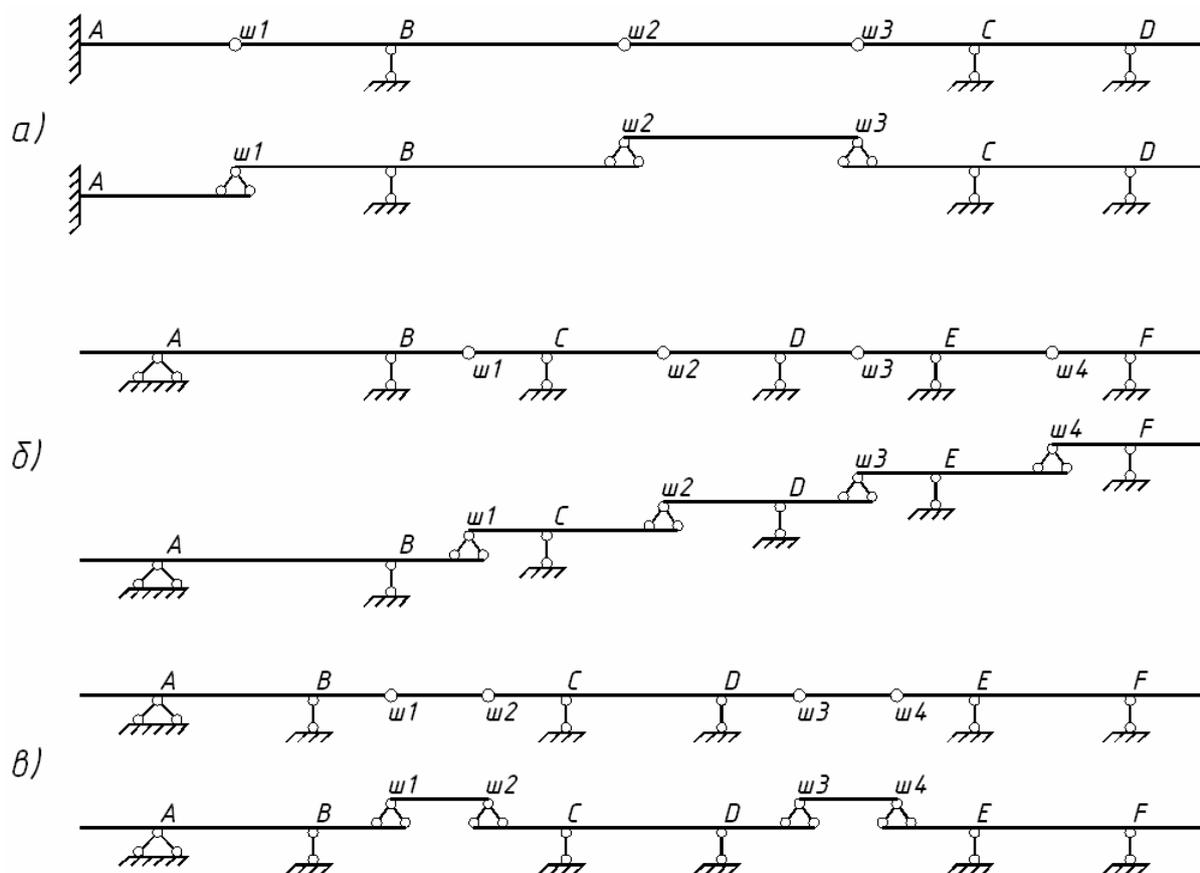


Рис.1

Нагрузки, приложенные к верхним балкам, передаются на нижние через реакции в введенных опорных связях. Нагрузки, действующие на нижних балках, не будут вызывать усилия в верхних балках, поэтому расчет многопролетной балки начинают с самой верхней.

Другие виды многопролетных балок, часто применяемых на практике, с соответствующими поэтажными схемами, изображены на рис. 1б,в.

2. РАСЧЕТ НА НЕПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ

2.1. Общий порядок расчета

Теория расчета многопролетных статически определимых балок была разработана русским инженером Семиколеновым Г.С. и опубликована в Петербурге еще в 1872 году. Общая последовательность расчета определяется структурой поэтажной схемы:

1. Сначала выделяются (вычерчиваются отдельно) балки самого верхнего яруса. Расчет их (определение реакций опорных связей, построение эпюр M и Q , подбор поперечных сечений) на заданные внешние нагрузки выполняется по правилам, изученным студентами в курсе сопротивления материалов. При этом ординаты эпюры M откладываются со стороны растянутых волокон. Знаки на эпюре моментов не ставятся, но обязательно следует поставить численные значения всех характерных ординат. В эпюре поперечных сил Q положительные ординаты откладываются вверх, отрицательные – вниз и на участках эпюры обязательно ставятся знаки. Эпюра Q также должна иметь значения характерных ординат.
2. Затем последовательно проводится аналогичный расчет балок, расположенных ниже. При этом, наряду с внешними нагрузками, следует учитывать опорные давления со стороны введенных опор, расположенных выше балок. Эти опорные давления равны

вычисленным ранее опорным реакциям, соответствующих балок, направленных в противоположную сторону.

3. Все полученные эпюры M и Q объединяются в расчетные эпюры изгибающих моментов и поперечных сил исходной схемы.

2.2. Расчет составляющих балок

Приведенный выше порядок расчета проиллюстрируем на примере расчета балки, изображенной на рис.2,а. Преобразование расчетной схемы балки в поэтажную схему показано на рис.2,б.

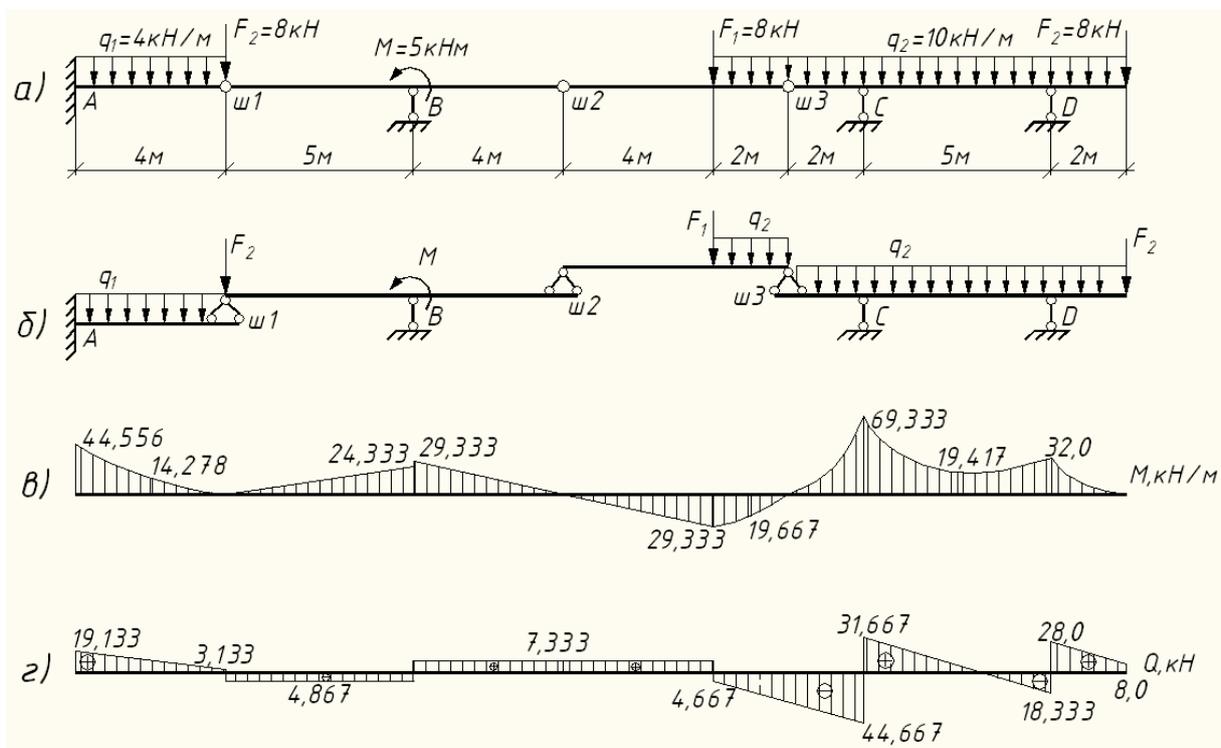


Рис.2

Расчет начинаем с самой верхней балки ш2–ш3 (рис.3а).

Опорные реакции $V_{ш2}$ и $V_{ш3}$ определяем из уравнений равновесия:

$$\sum M_{ш3} = 0; \quad -V_{ш2} \cdot 6 + 12 \cdot 2 + 10 \cdot 2 \cdot 1 = 0; \quad V_{ш2} = 7,333 \text{ кН.}$$

$$\sum M_{ш2} = 0; \quad V_{ш3} \cdot 6 - 12 \cdot 4 - 10 \cdot 2 \cdot 5 = 0; \quad V_{ш3} = 24,667 \text{ кН.}$$

Контроль вычисления реакций:

$$\sum Y = 0; \quad 7,333 - 12 - 2 \cdot 10 + 24,667 = 0.$$

Вычисление ординат эпюры M :

Участок 1: $0 \leq x_1 \leq 4\text{м}$ и $M_1(x_1) = 7,333 \cdot x_1$;

при $x_1 = 0$, $M = 0$;

при $x_1 = 4\text{м}$, $M = 29,333 \text{ кНм}$.

Участок 2: $0 \leq x_2 \leq 2\text{м}$ и $M_2(x_2) = 7,333 \cdot (4 + x_2) - 12 \cdot x_2 - 10 \cdot x_2^2/2$;

при $x_2 = 0$, $M = 29,333 \text{ кНм}$;

при $x_2 = 2\text{м}$, $M = 0,002 \approx 0$.

Вычисление ординат эпюры Q:

Участок 1: $0 \leq x_1 \leq 4\text{м}$ и $Q_1(x_1) = 7,333 \text{ кН}$;

Участок 2: $0 \leq x_2 \leq 2\text{м}$ и $Q_2(x_2) = 7,333 - 12 - 10 \cdot x_2 = -4,667 - 10 \cdot x_2$

при $x_2 = 0$, $Q_2 = -4,667 \text{ кН}$;

при $x_2 = 2\text{м}$, $Q_2 = -24,667 \text{ кН}$.

По результатам вычислений строим эпюру изгибающих моментов M и эпюру поперечных сил Q.

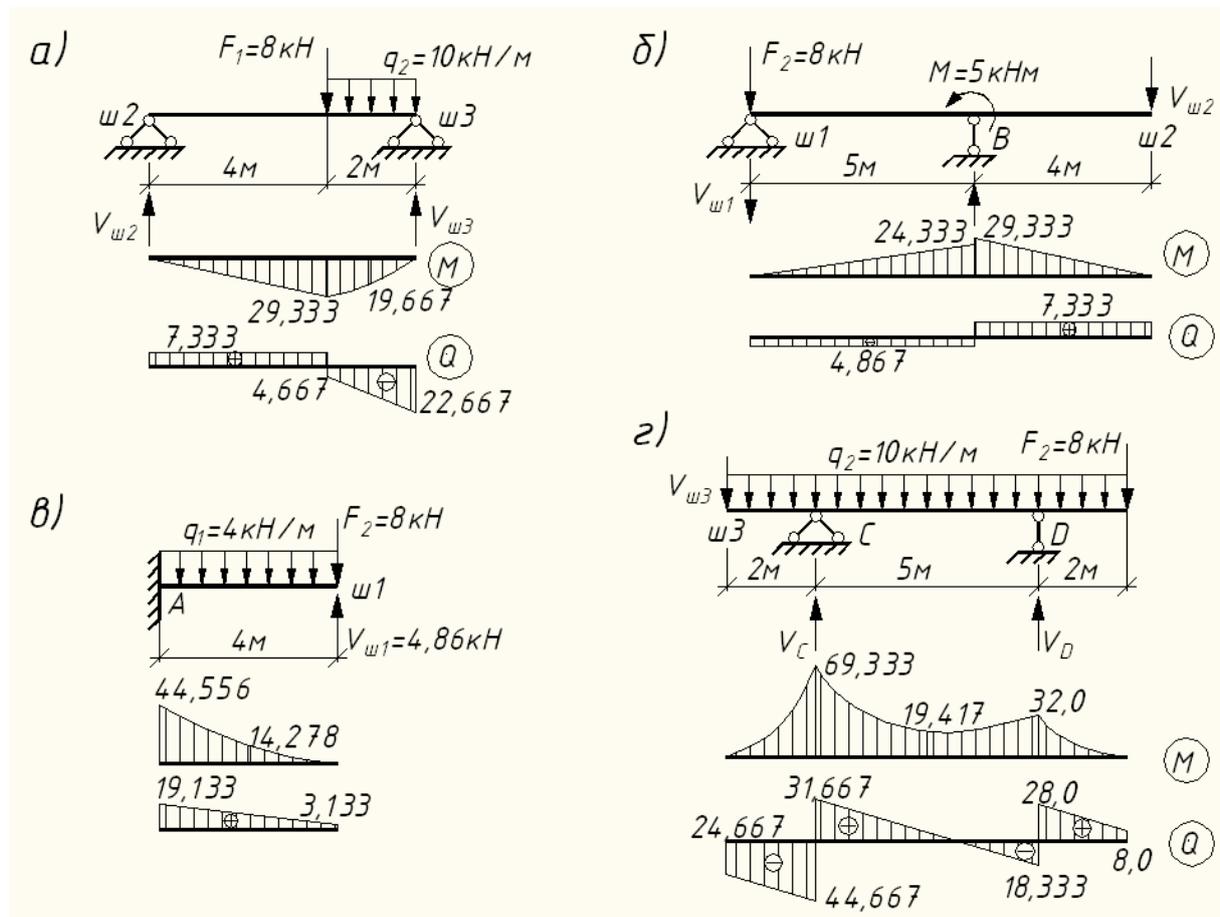


Рис.3

Затем рассматриваем балку ш1-В (рис.3б), расположенную ниже.

При расчете этой балки следует учесть опорное давление $F_{ш2}$, передаваемое на балку через введенную опору ш2 от нагрузок, приложенных к балке ш2–ш3 верхнего яруса. Опорное давление равно ранее вычисленной опорной реакции $F_{ш2}=V_{ш2} = 7,333$ кН, но направлено в противоположную сторону. Заметим также, что сосредоточенную силу $F_2=8$ кН, приложенную в шарнире ш1 будем считать действующей на нижерасположенную балку А–ш1.

Определение опорных реакций:

$$\sum M_B = 0; \quad V_{ш1} \cdot 5 + 5 - 7,333 \cdot 4 = 0; \quad V_{ш1} = 4,867 \text{ кН.}$$

$$\sum M_{ш1} = 0; \quad V_B \cdot 5 + 5 - 7,333 \cdot 9 = 0; \quad V_B = 12,200 \text{ кН.}$$

Контроль вычисления реакций:

$$\sum Y = 0; \quad -4,867 + 12,200 - 7,333 = 0.$$

Вычисление внутренних усилий:

$$\text{Участок 1: } 0 \leq x_1 \leq 5 \text{ м; } M_1(x_1) = -4,867 \cdot x_1 \text{ кНм; } Q_1(x_1) = -4,867 \text{ кН;}$$

$$\text{при } x_1 = 0, M_1 = 0, Q_1 = -4,867 \text{ кН;}$$

$$\text{при } x_1 = 5 \text{ м, } M_1 = -24,333 \text{ кНм, } Q_1 = -4,867 \text{ кН.}$$

$$\text{Участок 2: } 0 \leq x_2 \leq 4 \text{ м; } M_2(x_2) = -7,333 \cdot x_2 \text{ кНм; } Q_2(x_2) = 7,333 \text{ кН;}$$

$$\text{при } x_2 = 0, M_2 = 0, Q_2 = -7,333 \text{ кН;}$$

$$\text{при } x_2 = 4 \text{ м, } M_2 = -29,333 \text{ кНм, } Q_2 = 7,333 \text{ кН.}$$

Далее рассматриваем нижние балки А–ш1 и С–D. Расчетные схемы и эпюры М и Q приведены на рис.3,в и рис.3,г соответственно. Порядок расчета аналогичен приведенному выше.

2.3. Построение и контроль общих расчетных эпюр

Все полученные эпюры М и Q следует привести к оси стержня балки, то есть объединить их на оси многопролетной балки (рис.2,в,г). При этом нужно подобрать единый масштаб для внутренних усилий.

Полученные таким образом эпюры внутренних усилий должны удовлетворять закономерностям, известным из курса сопротивления материалов:

1. В эпюре изгибающих моментов точкам приложения сосредоточенных сил (как внешних, так и реактивных) соответствуют изломы в направлении действия этих сил. Между сосредоточенными силами (в случае отсутствия между ними распределенных нагрузок) эпюра линейная. В сечениях, где действуют внешние сосредоточенные моменты, наблюдаются скачки эпюры на величину внешнего момента. На участках с распределенной нагрузкой q эпюра M криволинейная (параболическая) с выпуклостью, совпадающей с направлением нагрузки.

2. В эпюре поперечных сил точкам приложения сосредоточенных сил соответствуют скачки эпюр на их величину в направлении действия сил. Между сосредоточенными силами (в случае отсутствия между ними распределенных нагрузок) эпюра сохраняет постоянное значение. На участках с равномерно распределенными нагрузками эпюра Q наклонная. При этом наклон возрастает с увеличением интенсивности нагрузки.

3. Между эпюрами M и Q существует определенная взаимосвязь. В соответствии с теоремой Д.И. Журавского на участках с восходящими (при движении слева направо) ординатами эпюры M поперечные силы будут отрицательными, а с нисходящими – положительными. В сечениях, где поперечная сила равна нулю, изгибающие моменты имеют экстремальные значения:

$$Q = 0 \quad \sim \quad M = M_{\max, \min}$$

4. Кроме качественной проверки эпюр M и Q можно провести количественную проверку: площадь эпюры Q на любом участке $A_{yч}$, численно равна разности изгибающих моментов $\Delta M_{yч}$ на том же участке балки:

$$A_{yч} = \Delta M_{yч}.$$

При этом отрицательные значения площади соответствуют возрастанию ординат эпюры M (при движении слева направо), а положительные – их уменьшению.

3. РАСЧЕТ НА ПОДВИЖНЫЕ НАГРУЗКИ

3.1. Общий порядок расчета

Сложность расчета балок на подвижные нагрузки обусловлена изменением их положения и качественным изменением вида подвижных нагрузок. Эта задача успешно преодолевается предварительным построением специальных графиков от простейшей подвижной нагрузки $\bar{F}=1$, называемых линиями влияния. По этим графикам легко вычисляются соответствующие усилия от любых подвижных нагрузок.

Линией влияния некоторого фактора Z_k (например, опорной реакции в k -ой опорной связи или внутренних усилий M_k , Q_k в k -ом сечении) называют график изменения Z_k в k -ом сечении или опорной связи при перемещении по балке подвижной силы $F=1$. Методика построения линий влияния для простых балок с необходимыми уравнениями приводится в учебниках [1-6]. В многопролетных балках линии влияния строятся в соответствии с поэтажной схемой (без учета внешних подвижных нагрузок) в следующем порядке:

1. Для элемента, которому принадлежит данная опора или сечение, линии влияния строятся по приложению 2. При этом, если k -ое поперечное сечение расположено между опор, поддерживающих данную балку, используется первая типовая задача; если за пределами – вторая.

2. Для балок, расположенных на нижних ярусах поэтажной схемы обсуждаемые линии влияния будут принимать нулевые значения, так как сила $\bar{F} = 1$ при перемещении по балкам нижних ярусов не вызывает усилий в балках верхних ярусов.

3. Для балок верхних ярусов линии влияния строятся путем последовательного соединения ординат линии влияния балок нижнего яруса, в месте прикрепления к ней введенной опоры (поддерживающее балку верхнего яруса) с нулевой ординатой наземной опоры рассматриваемой балки верхнего яруса. При этом все характерные ординаты легко вычисляются из геометрических соображений (по подобию треугольников).

3.2. Построение линий влияния опорных реакций и внутренних усилий

Технику построения линий влияния покажем на примере расчета балки на подвижные нагрузки (рис.4). Расчетная схема балки и соответствующая поэтажная схема вычерчиваются в масштабе без указания внешних нагрузок, но с указанием сечений (они заданы в приложении 1). Для построения линий влияния опорных реакций V_A , M_A и внутренних усилий M_1 , Q_1 в нижней (основной) балке обращаемся ко второй типовой задаче и переносим требуемые линии влияния на общий график, приняв $l_1 = 4\text{м}$ и $C_1 = 2\text{м}$.

После того, как подвижный груз $\bar{F}=1$ перейдет на балку ш1–ш2, давление от него будет распределяться по закону рычага (по линейному закону) между концом консоли ш1, где находится введенная опора, и наземной опорой B .

При расположении груза $\bar{F}=1$ на опоре ш1 опорное давление будет равно единице, поэтому искомые усилия будут выражаться ординатами линий влияния балки А–ш1. При расположении груза $\bar{F}=1$ над опорой B реакция в ней будет равна $V_B = 1$ и все другие реакции, а также усилия, будут равны нулю. Поэтому под каждой наземной опорой всех балок верхних ярусов на всех линиях влияния (кроме опорной реакции самой наземной опоры) будут нулевые точки. Между двумя обсуждаемыми

ординатами все линии влияния линейны (в пределах соответствующих балок).

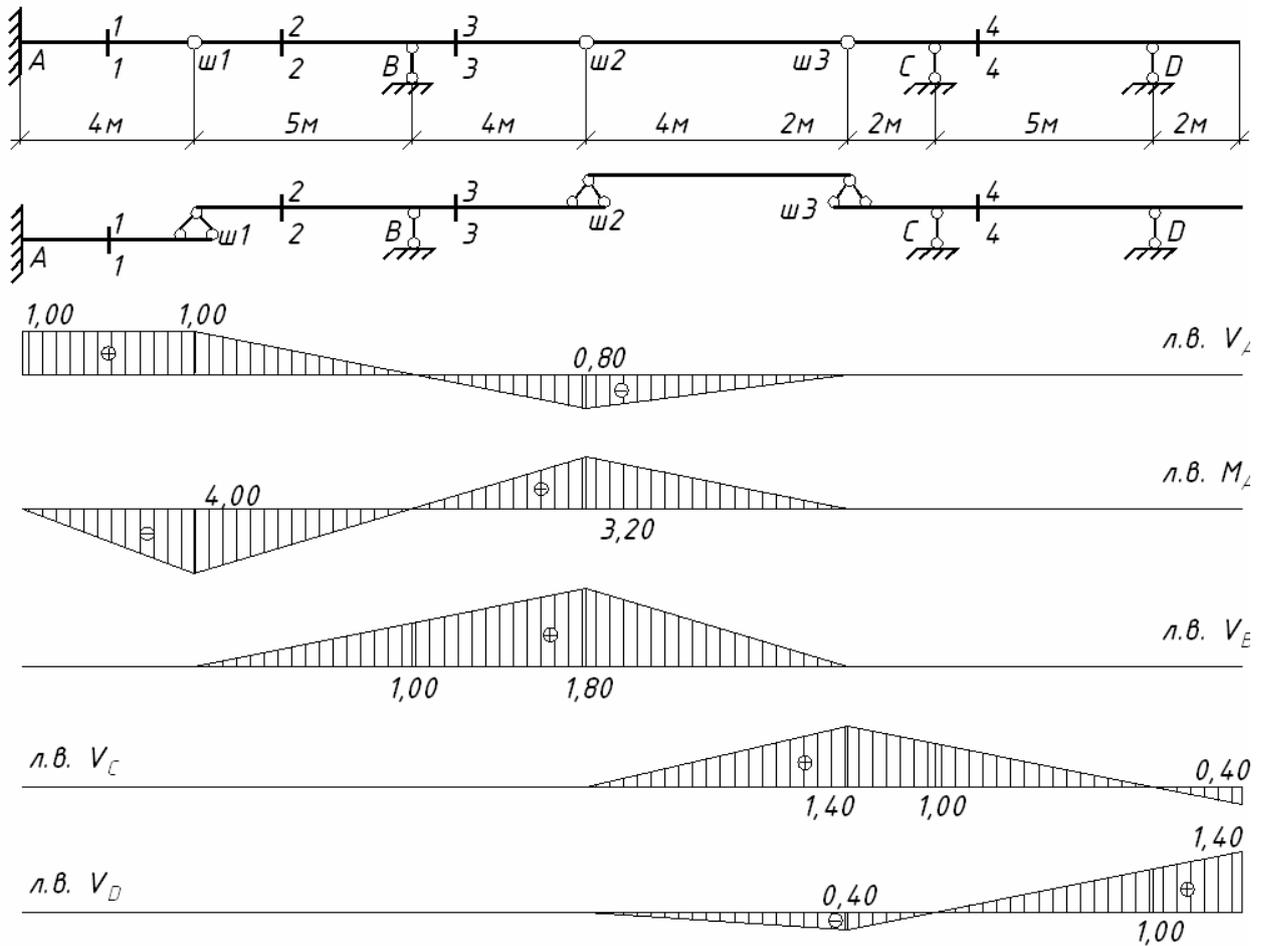


Рис.4

При переходе $\bar{F}=1$ на основную балку C–D все линии влияния оказываются нулевыми, т.к. балки, опирающиеся на балку A–ш1, будут незагруженными.

При построении линий влияния реакций $V_{ш1}$, V_B и усилий M_2 , Q_2 , M_3 , Q_3 следует иметь в виду, что балка второго яруса ш1 – ш2 является двухопорной. Сечение 2 расположено между опорами ш1 и B, т.е. в пролетной части. Поэтому оно относится к первой типовой задаче. Сечение «3» расположено в консольной части (все опорные связи балки ш1-ш2 располагаются левее сечения), т.е. это вторая типовая задача.

Примеры построения линий влияния приводятся на рис.5.

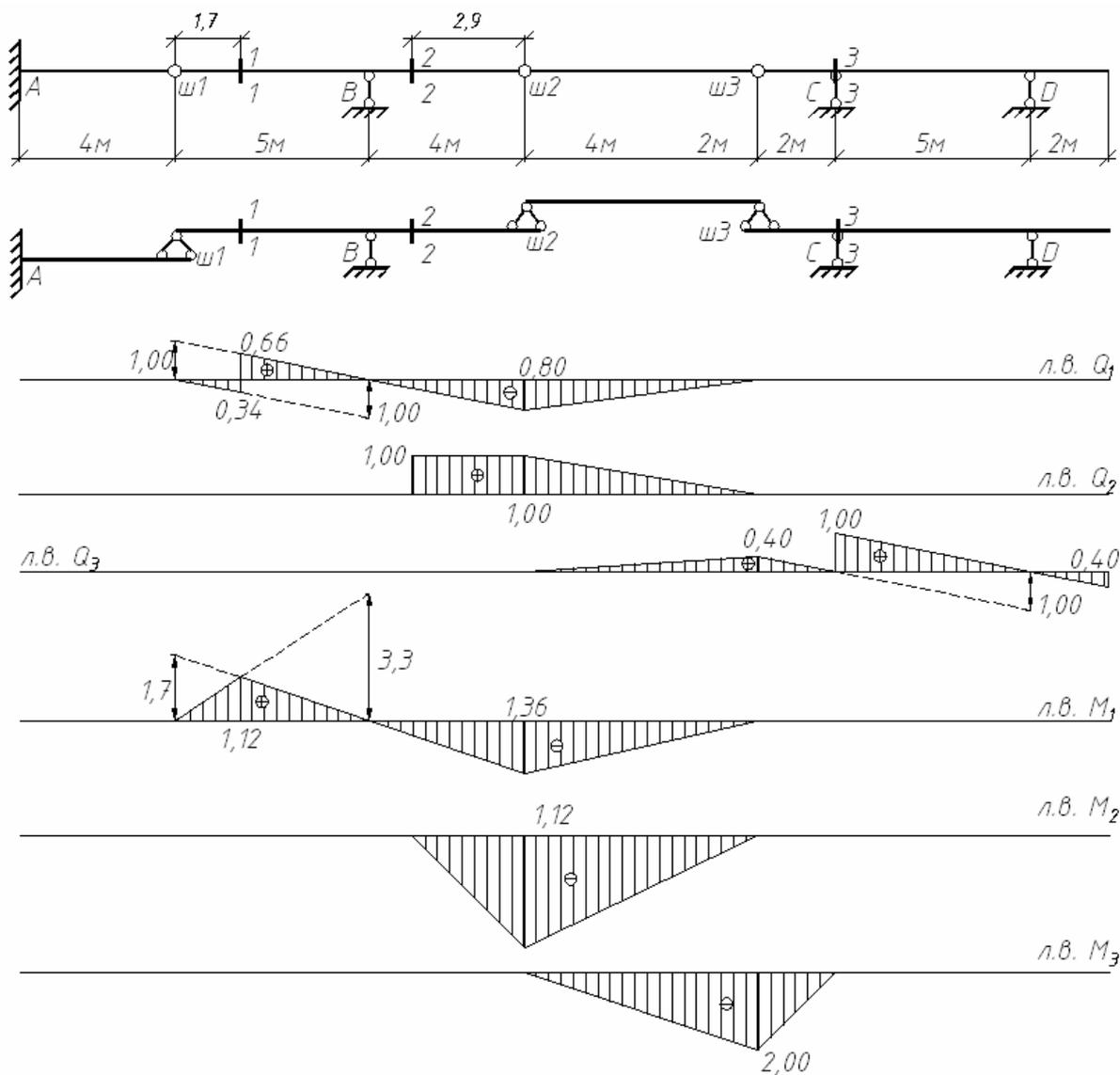


Рис.5

3.3. Вычисление реакций и усилий по линиям влияния

Для вычисления по линиям влияния интересующего нас фактора Z_k (например, опорной реакции V_k или внутренних усилий M_k и Q_k) необходимо найти алгебраическую сумму произведений:

а) каждой внешней сосредоточенной силы F_i на ординаты соответствующей линии влияния u_i , расположенные под силой;

б) интенсивности каждой равномерно распределенной нагрузки q_i на площадь w_i соответствующей линии влияния, расположенную на участке действия q_i ;

в) сосредоточенного внешнего момента M_i на тангенс угла наклона линии влияния под сечением $\operatorname{tg}\alpha_i$, где приложен момент.

Для наглядности эти действия иллюстрируются на рис.6, где все величины показаны положительными. Следует обратить внимание на положительные направления внешних моментов и углов.

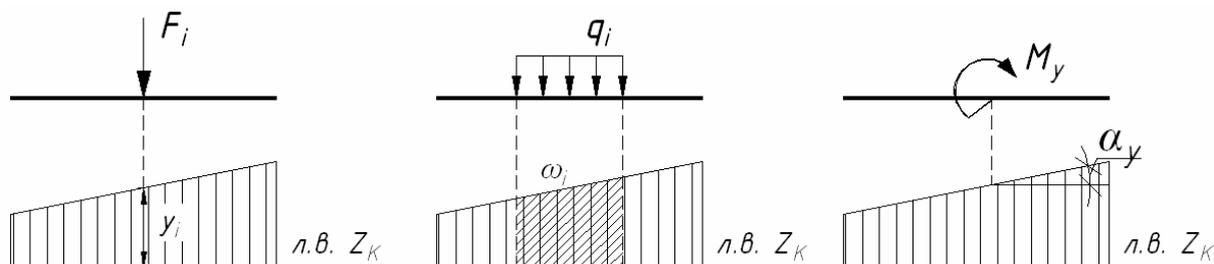


Рис.6

В качестве примера определим ранее вычисленный опорный момент M_A по л.в. M_A от действия заданной неподвижной нагрузки (рис.7).

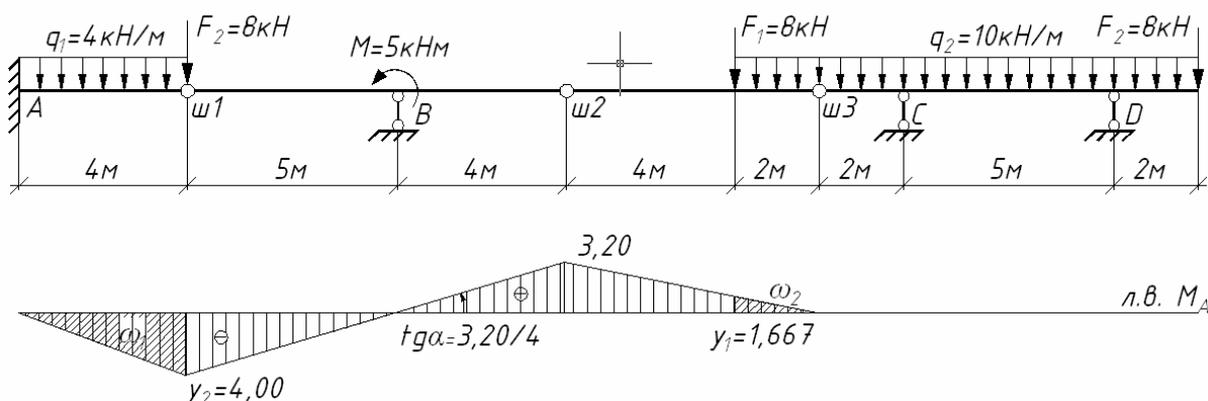


Рис.7

$$M_A = q_1 \cdot w_1 + P_2 \cdot y_2 + M \cdot \operatorname{tg}\alpha + P_1 \cdot y_1 + q_2 \cdot \omega_2 = -4 \cdot 1/2 \cdot 4 \cdot 4 - 8 \cdot 4 - 5 \cdot 3,2 / 4 + 12 \cdot 3,2 / 3 + 10 \cdot 1 / 2 \cdot 3,2 / 3 \cdot 2 = -4,53 \text{ кНм.}$$

Из расчета на неподвижные нагрузки $M_A = -4,56$ кНм.

Погрешность $\delta = (44,46 - 44,53) / 44,53 \cdot 100 = 0,067\%$ очень мала и связана с округлением результатов.

Следует подчеркнуть, что введение каких-либо дополнительных нагрузок практически не осложняет расчета Z_K по л.в. Z_K . Поэтому

изложенная методика обладает определенной гибкостью и позволяет решать ряд новых задач на подвижные нагрузки.

3.4. Определение усилий по линиям влияния от подвижной системы связанных грузов

Пусть требуется определить максимальную и минимальную величину Z_k по л.в. Z_k от одиночного подвижного груза $F=20\text{кН}$. Для этого достаточно совместить груз с максимальной и минимальной ординатами л.в. Z_k . В рассматриваемом примере (рис.5):

$$M_{A \max}=F \cdot y_{\max}=20 \cdot 3,2=64 \text{ Нм};$$

$$M_{A \min}=F \cdot y_{\min}=20 \cdot 4=80 \text{ кНм}.$$

При этом выясняется невыгодное положение подвижной силы: точки ш2 и ш1 соответственно.

Несколько сложнее определить максимальное (минимальное) значение от подвижной системы связанных грузов (железнодорожный поезд, колонна автомашин, трамвай и т.п.). Заданием предусматривается определение наибольшей величины одной реакции V_k , линия влияния которой имеет треугольное очертание внешнего вида, от автопоезда (рис. 8).

Сначала учитывается движение автопоезда справа налево и выявляется положение критического груза $F_{кр}$, который затем располагается над максимальной ординатой линии влияния, что соответствует ее невыгодному загрузению.

Критический груз легко установить графически. Для этого вниз от левого конца л.в. V_B последовательно (в порядке расположения грузов поезда) откладываем вектора $F_1, F_2 \dots$. Последний из них соединяем с правым концом линии влияния (луч 2). Луч 3, построенный из точки положения y_{\max} параллельно лучу 2, укажет, какой груз критический. В нашем случае $F_{кр}=F_3=30 \text{ кН}$.

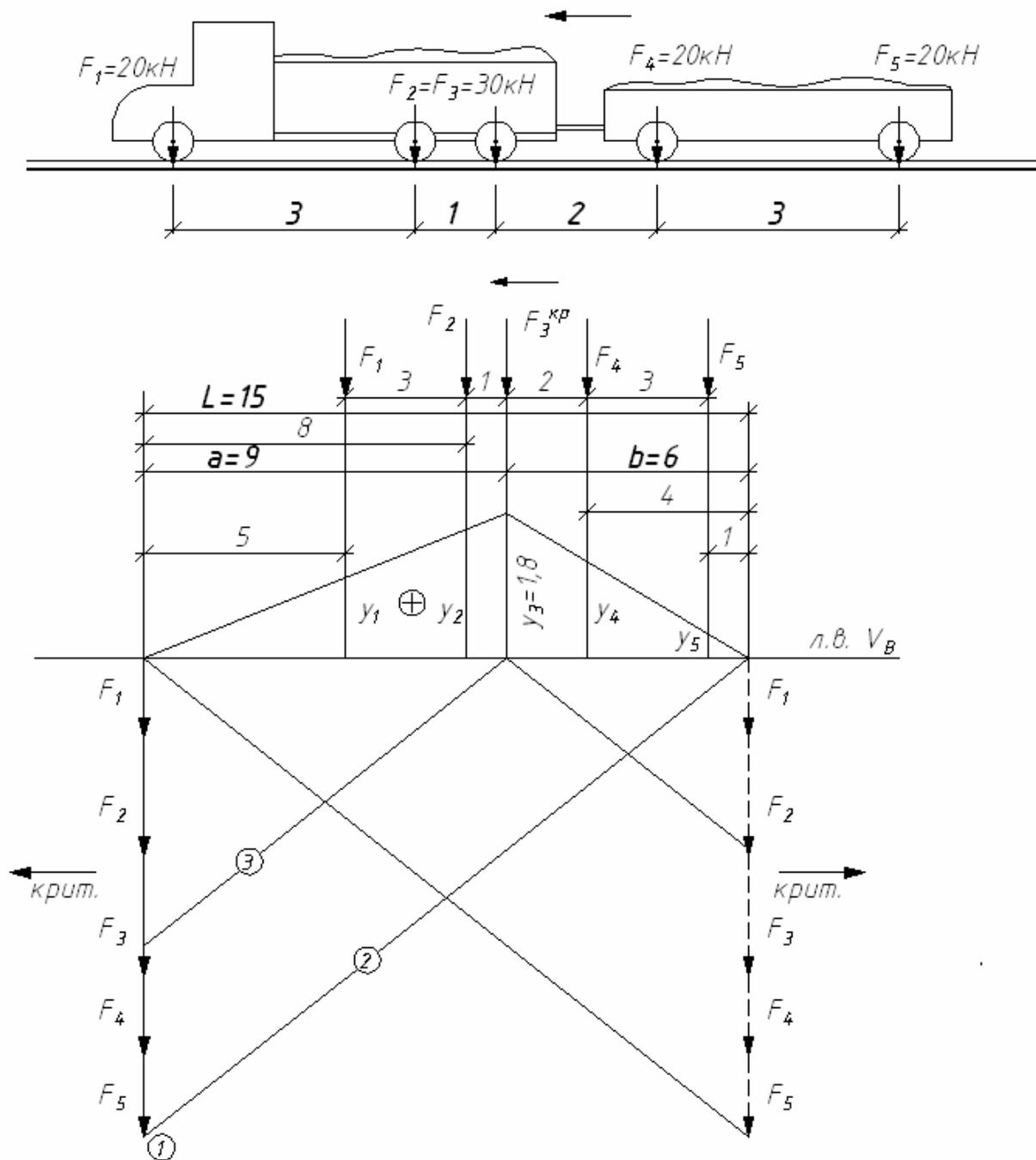


Рис.8

Проверим это по критериям:

$$(R_{л} + F_{кр}) / a \geq R_{п} / b \quad \text{и} \quad R_{л} / a \leq (R_{п} + F_{кр}) / b.$$

В нашем случае: $F_{п} = F_3 = 30$ кН;

$R_{л} = F_1 + F_2 = 50$ кН – равнодействующая левых сил;

$R_{п} = F_4 + F_5 = 40$ кН – равнодействующая правых сил.

Тогда получим:

$$(50+30) / 9 = 8,89 > 40 / 6 = 6,67 \quad \text{и} \quad 50 / 9 = 5,56 < (40+30) / 6 = 11,67$$

Критерии удовлетворяются, следовательно, критический груз найден правильно.

Располагаем критический груз над максимальной ординатой линии влияния и вычисляем $\vec{V}_{B \max}$ по общим правилам:

$$\vec{V}_{B \max} = \sum_{i=1}^{i=5} F_i y_i = \frac{1,80}{9} (20 \cdot 5 + 30 \cdot 8) + 30 \cdot 1,8 + \frac{1,80}{6} \cdot (20 \cdot 4 + 20 \cdot 1) = 134 \text{ кН}$$

Затем аналогичным путем учитывается движение поезда слева направо (построения даны на рис. 10 пунктиром)

$$\vec{V}_{B \max} = 1,80 / 9 \cdot (20 \cdot 2 + 20 \cdot 6 + 30 \cdot 8) + 30 \cdot 1,8 + 1,80 / 6 \cdot 20 \cdot 3 = 152 \text{ кН.}$$

Сравнение этих значений позволяет установить наибольшее $V_{B \max} = 152 \text{ кН.}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Дарков, А.В. Строительная механика: учебник / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников. М.; Краснодар: Лань, 2008. - 656 с.
2. Строительная механика: Кн. 1: Статика упругих систем: учебник / В. Д. Потапов [и др.]. - М.: Высшая школа, 2007. - 511 с.
3. Киселев, В.А. Строительная механика. Общий курс: учебник / В.А. Киселев. М.: Стройиздат, 1986. 520 с.
4. Строительная механика / Ю.И. Бутенко, Н.А. Засядько, С.Н. Кан и др. К.: Выща школа, 1989. 479 с.
5. Селюков, В.Н. Расчетно-проектировочные работы по строительной механике / В.Н. Селюков. Минск: Вышэйшая школа, 1989. 205 с.
6. Расчет статически определимых плоских стержневых систем на неподвижные и подвижные нагрузки. Определение внутренних усилий: методические указания / сост.: П.К. Семенов, Е.А. Петрунина, Саратов: СГТУ, 2006. 32 с.
7. Абовский, Н.П. Современные аспекты активного обучения. Строительная механика. Теория упругости. Управление строительными

конструкциями / Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский, В.И. Савченков и др. Красноярск: КрасГАСА, 2007. 472 с.

8. Абовский, Н.П. Регулирование. Синтез. Оптимизация / Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский, В.И. Савченков и др. М.: Стройиздат, 1993. 456 с.

9. Абовский, Н.П. Избранные задачи по строительной механике и теории упругости / Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский, В.И. Савченков и др. М.: Стройиздат, 1978. 192с.

ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Исходные данные к работе выбираются по таблице и схемам, показанным на рис. 9,10 в соответствии с шифром и номером схемы.

Часть 1. Расчет статически определимой многопролетной балки

Требуется рассчитать балку на неподвижную и подвижную нагрузки. Проанализировать полученные результаты, доказать их достоверность и сделать анализ НДС балки.

Порядок выполнения работы и пример расчета рассмотрены выше.

Таблица числовых значений

Первая цифра шифра	Размеры		Нагрузки			Вторая цифра шифра	Размеры		Третья цифра шифра	Нагрузки			Номера сечений
	$L_1, м$	$L_2, м$	$F_1, кН$	$q_1, кН$	$F_2, кН$		$L_3, м$	$L_4, м$		$q_2, кН$	$M_1, кН$	$M_2, кН$	
0	4	6	20	10	50	0	8	4	0	20	30	40	1-4-5
1	4	6	30	20	50	1	8	6	1	30	30	40	2-5-6
2	4	6	40	10	50	2	8	8	2	20	30	40	3-4-6
3	6	8	20	20	50	3	8	4	3	30	30	40	1-3-5
4	6	8	30	10	50	4	4	6	4	20	30	40	2-4-6
5	6	8	40	20	60	5	4	8	5	30	30	40	1-2-5
6	8	8	20	10	60	6	4	4	6	20	30	40	2-3-4
7	8	4	30	20	60	7	6	6	7	30	30	40	3-4-5
8	8	4	40	10	60	8	6	8	8	20	30	40	1-2-4
9	8	4	20	20	60	9	6	4	9	30	30	40	2-4-5

Номер схемы соответствует сумме двух последних цифр шифра.

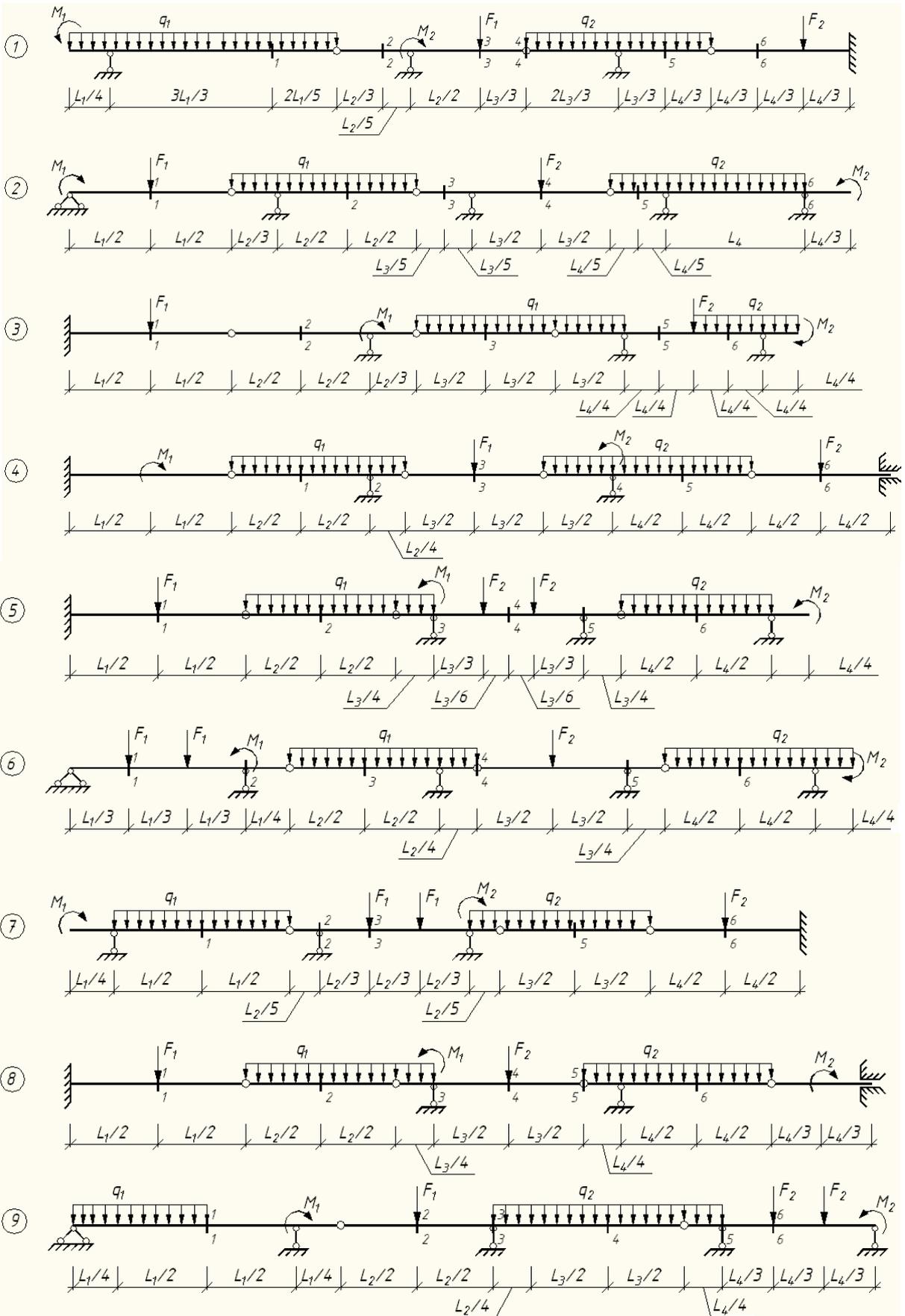


Рис.9

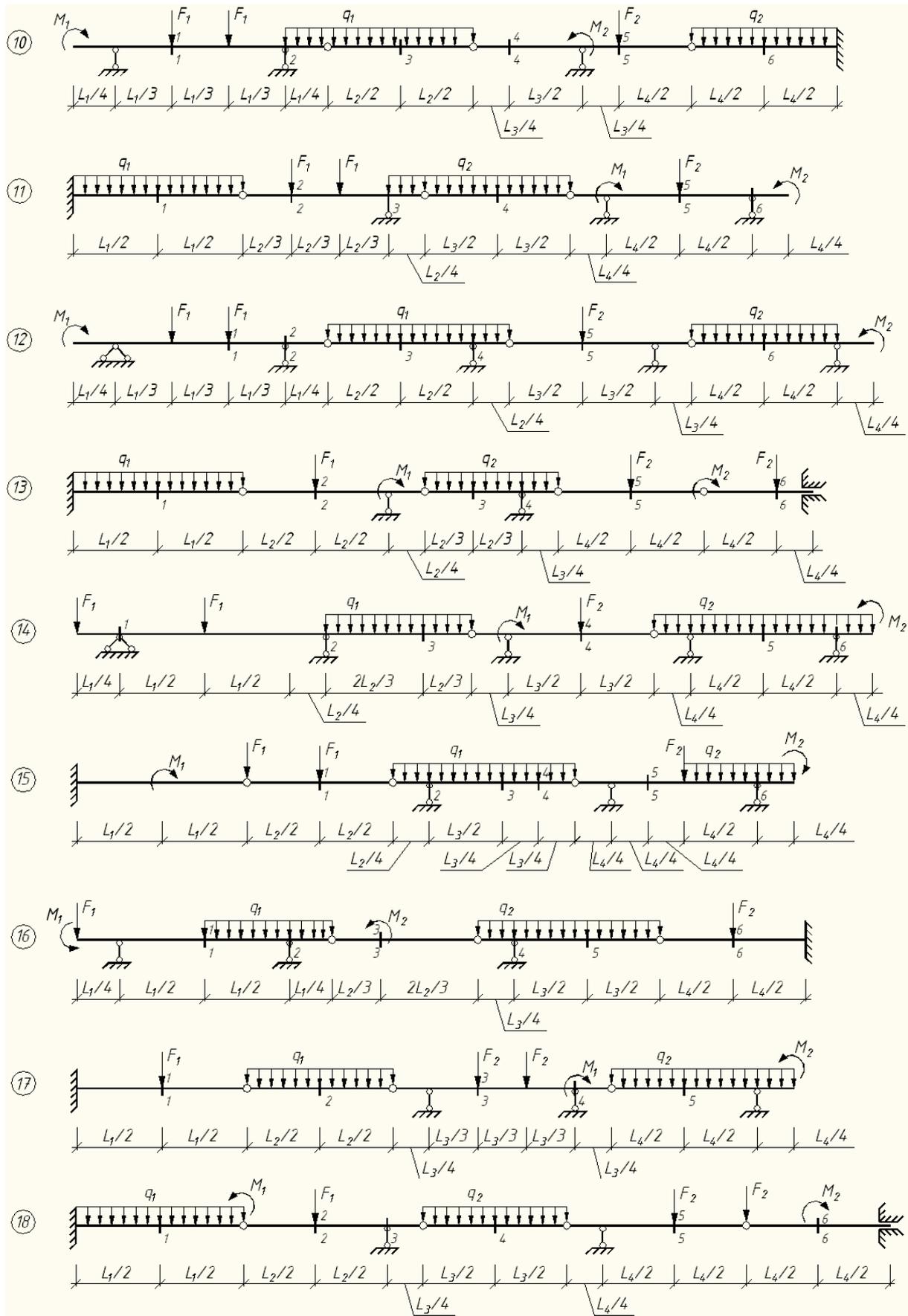


Рис.10

Часть 2. Задание с исследовательскими элементами творческого поиска

Выдается индивидуально каждому студенту в зависимости от его способностей. Студентами самостоятельно ставится новая задача, направленная на улучшение НДС исходной балки, полученного в первой части расчета. Выбираются регулируемые параметры (что регулировать) и выбирается критерий регулирования (что хотим получить в итоге).

Регулирование усилий и перемещений в конструкциях может быть выполнено различными способами:

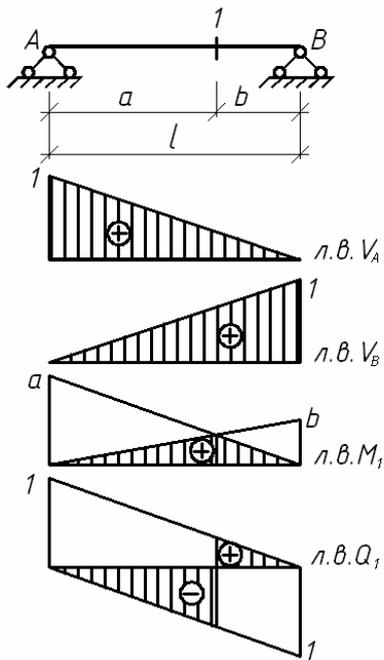
- изменением геометрической схемы сооружения;
- трансформацией внешних воздействий (использование распределительных нагрузочных устройств) или дополнительным догрузением;
- предварительным напряжением отдельных элементов;
- подбором соотношения жесткостей элементов сооружения;
- смещением (осадкой) опор;
- выбором способов монтажа отдельных элементов конструкций.

Для быстрого исследования различных параметров влияния на НДС балки студентам предлагается выполнить расчеты на ПЭВМ с привлечением программных комплексов типа ANSYS, ЛИРА и др. Перед началом работы студенты должны самостоятельно изучить вопросы регулирования и синтеза конструкций, изложенные в списке дополнительной литературы.

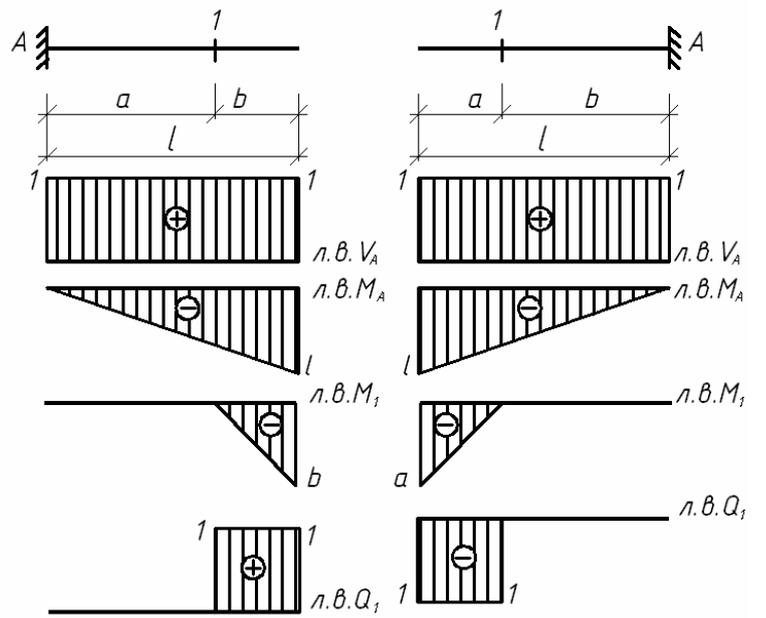
Выполнение части 2 способствует творческому поиску, активизации роли обучающихся и выработке у них инженерной интуиции.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Первая типовая
задача



Вторая типовая
задача



План выпуска учеб.-метод. документ. 2014 г., поз. 39

Публикуется в авторской редакции

Подписано в свет 13.02.2014.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 1,0. Объем данных 387 Кбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru