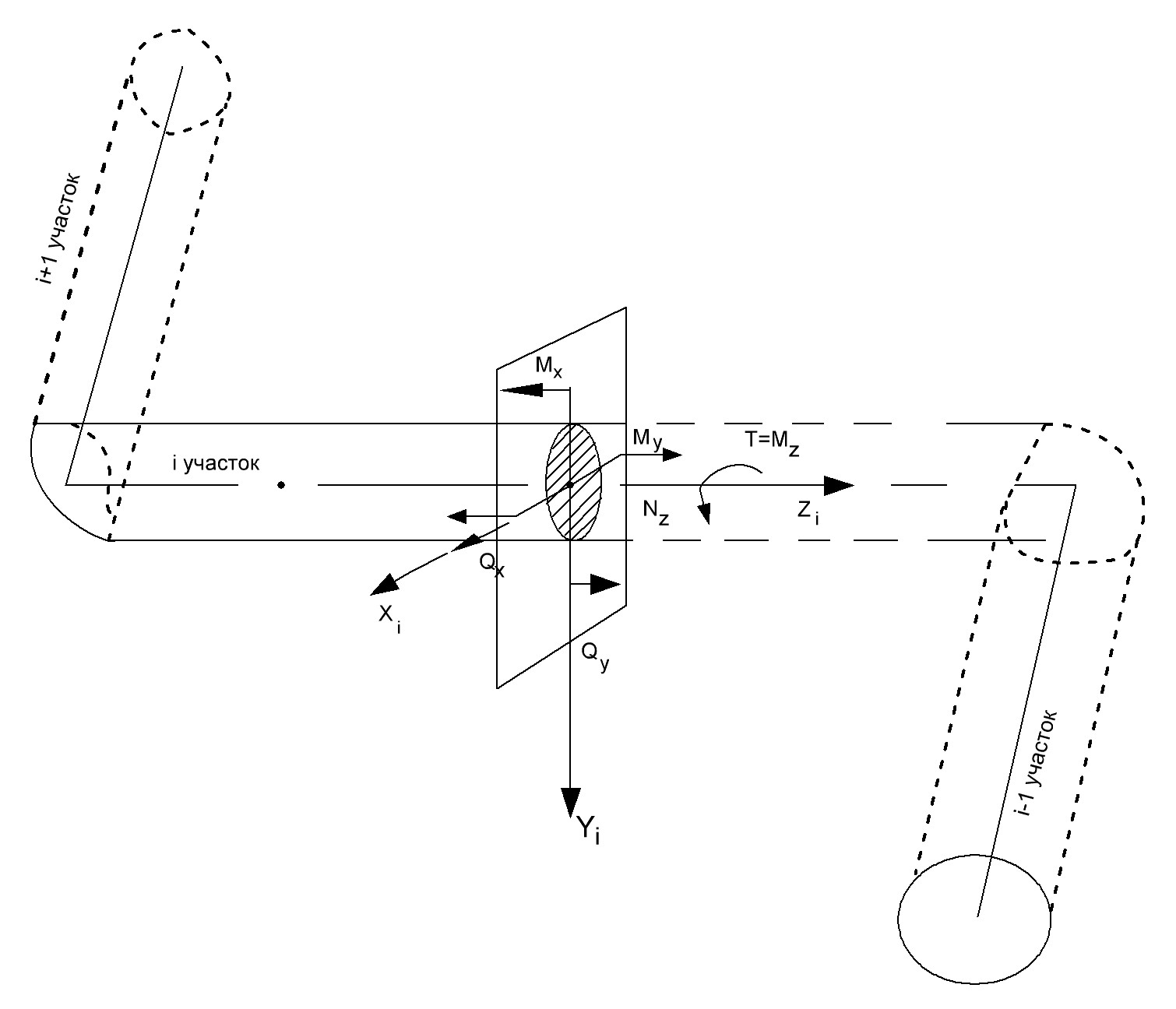
Расчетно-графическая работа

“Проектирование пространственной статически определимой рамы из тонкостенных стержней”

§ 1. Построение эпюр внутренних силовых факторов в стержневых системах с ломанной осью.

В пространственных стержнях имеющих сложное очертание оси в пространстве, под действием приложенной нагрузки возникает шесть составляющих внутренних сил Qx,Qy,Nz,Mx,My,Mz.Составляющие Qx и Qy, действующие в плоскости поперечного сечения стержня, вызывают сдвиговые деформации материала стержня. Сила Nz направлена вдоль оси стержня, т.е по перпендикуляру к плоскости сечения, и вызывает растяжение или сжатие. Моменты Mx и My вызывают изгиб стержня вокруг осей X и Y соответственно. Момент Mz, вызывает закручивание стержня вокруг оси Z и потому его иногда обозначают символами Mk или T. Оси X,Y,Z,по которым производится разложение внутренних сил, удобно выбрать так, чтобы они образовали правовинтовую систему координат (рис.П\_-1) .



П\_-1

Начало координат выбирают в центре тяжести того поперечного сечения, в котором находят внутренние силовые факторы Q,N,M. Оси X и Y направляют по главным осям инерции поперечного сечения, а ось Z-перпендикулярно плоскости поперечного сечения в направлении отброшенной части стержня. Поскольку внутренние силы ищут во всех промежуточных поперечных сечениях стержня, сечение вместе с прикрепленной к нему координатной системой X,Y,Z перемещают вдоль стержня от участка к участку. Для ясности в обозначении осей ставят индекс i, означающий номер участка, где находится в данный момент подвижное сечение с координатной системой Xi,Yi,Zi и где, следовательно определяют внутренние силовые факторы.

Для нахождения этих внутренних силовых факторов составляют шесть уравнений равновесия для отсеченной части рамного стержня:

∑прXi=0; ∑прYi=0; ∑прZi=0

∑Mxi=0; ∑Myi=0; ∑Mzi=0. (П.1)

В каждое уравнение входит только один искомый силовой фактор. Поэтому решение (П.1) сводится к

Qxi=−∑прXi внеш; Qyi=−∑прYi внеш; Qzi=−∑прZi внеш;

Mxi=−∑Mxi внеш; Myi=−∑Myi внеш; Mk=−∑Mzi внеш. (П.2)

Знаки “−“ в (П.2) обозначают, что речь идет об определении противодействия внешним силам.

Поперечные Qxi, Qyi и продольные Nzi силы считают положительными, если они направлены по местным осям Xi, Yi или Zi в противоположную сторону; изгибающие и крутящие моменты Mxi, Myi и Mk считают положительными, если они стремятся вращать отсеченную часть стержня против часовой стрелки вокруг соответствующей i-й местной оси, если смотреть с острия оси в сторону начала координат.

На эпюрах внутренних силовых факторов изгибающие моменты обычно откладывают со стороны растянутых волокон стержня.

Если пренебречь продольными силами, проверку прочности каждого участка стержня выполняют по одним изгибающим и крутящему моментам, предварительно найдя по некоторой, обычно 4-й теории прочности, расчетный момент. Так, по 4-й теории прочности расчетный момент для круглого поперечного сечения равен:

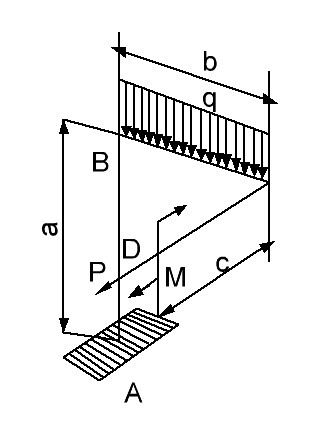
(П.3

Ниже приведены варианты заданий по проектированию сварной пространственной рамы, а также пример расчета Z.

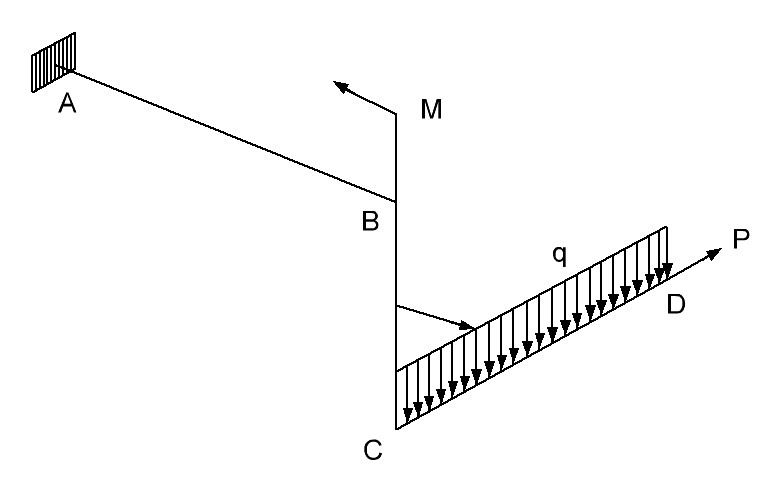
Варианты заданий по расчету сварной пространственной рамы из тонкостенных стержней ((исходные данные) см. табл. П\_-2)

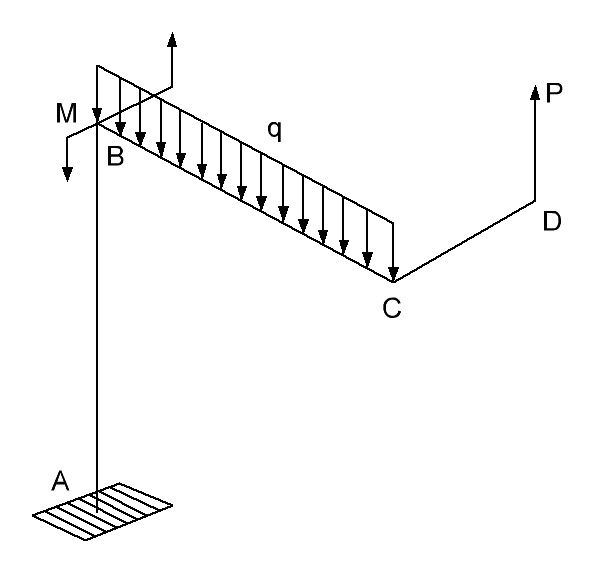
Таблица П\_-1

Расчетные схемы заданий

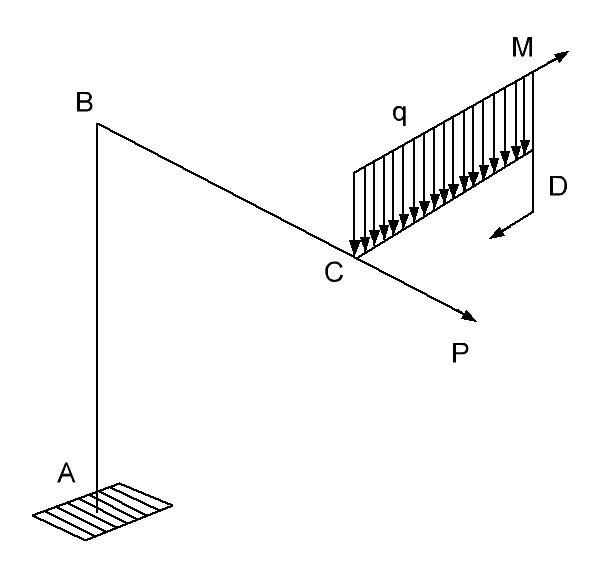
1)

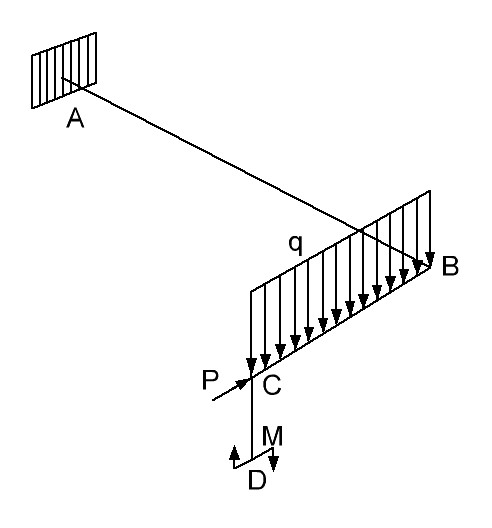
2)



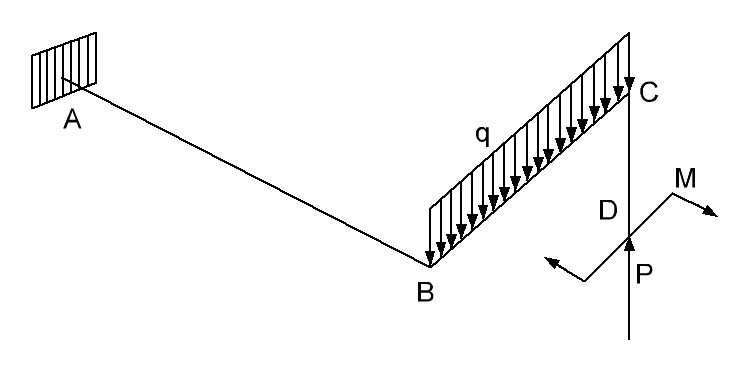
 3)

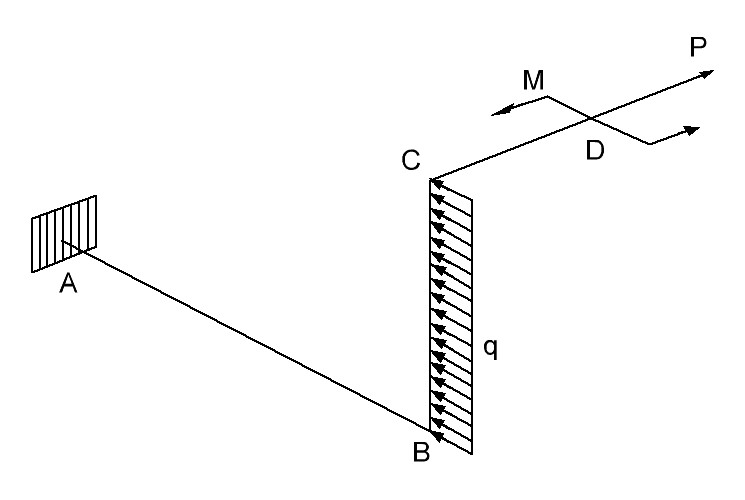
4)



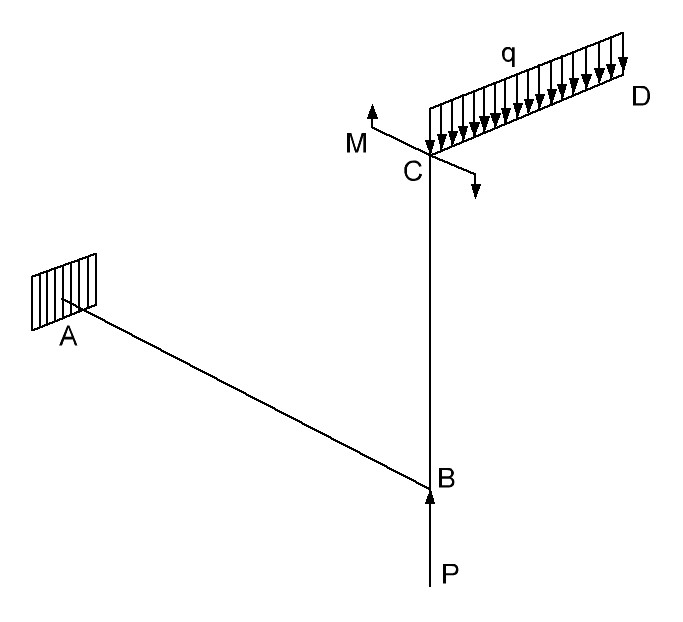
 5)

6)

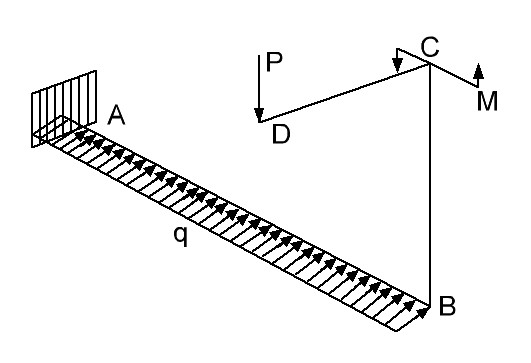


 7)

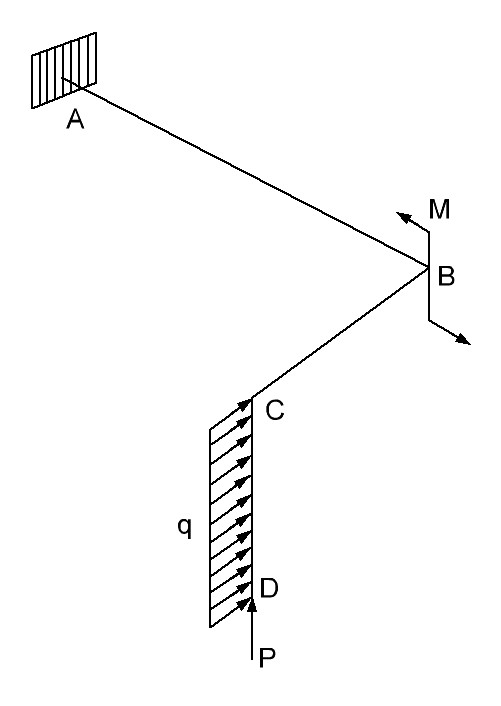
8)

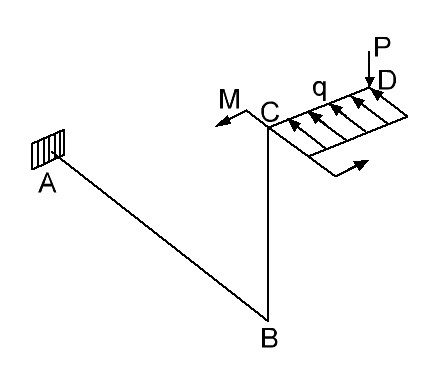


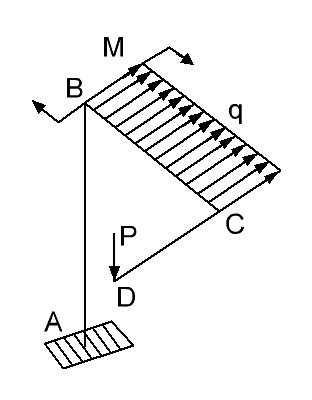
9)

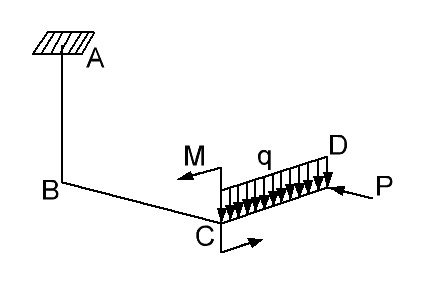


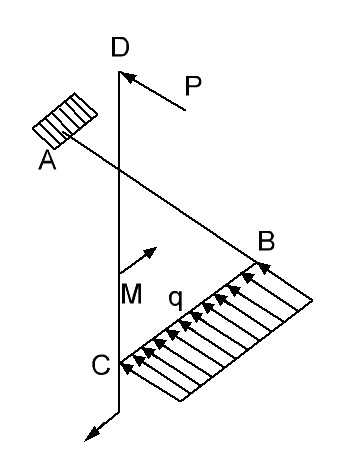
10)

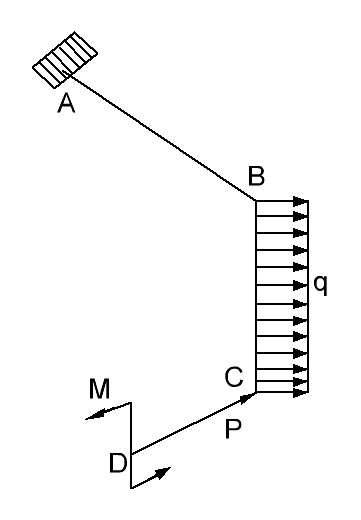


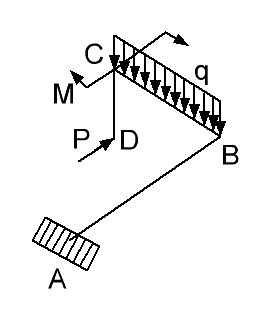
 11) 12)

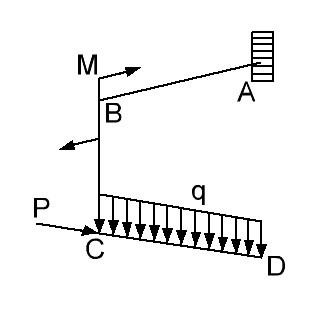


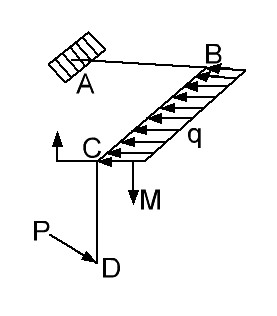
13) 14)



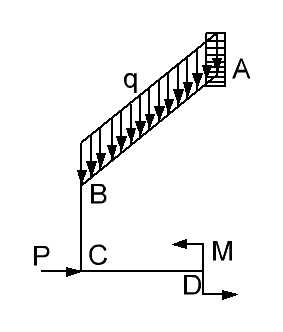
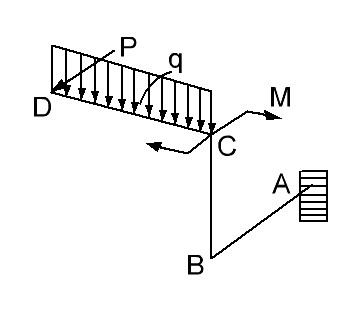
15) 16)



17) 18)



19) 20)





§ п 2 Расчетный анализ пространственной статически определимой рамы из тонкостенных стержней.

Для каждой части рамы (рис п\_2) будем считать осью z, главные центральные оси инерции сечения для каждой части рамы будем обозначать буквами х и z, для ломаного бруса оси х, y и z будут представлять собой пространственную систему координат с началом в центре тяжести каждого рассматриваемого сечения (подвижная система координат) (рис. П\_2 б)

Таким образом, изгибающие моменты в каком-либо сечении будут My и Mxy, крутящий момент-Мк, нормальная (продольная) сила-Nz, поперечные силы-Qy и Qx.

Пространственную систему координат x, y и z следует представить скользящей вдоль оси ломаного бруса, но сохраняющей при этом неизменным направление и взаимное расположение осей (рис. П-1 б). Составив выражения для внутренних силовых факторов M, N, Q и Mк в общем виде, находим их значение в характерных сечениях, придавая z соответствующие значения ( обычно вычисления ведут для конечных сечений при z=0 и z=1). Закон изменения изгибающих моментов в зависимости от характера нагрузки может быть выражен кривой второго порядка, а иногда даже третьего порядка. В этом случае величину изгибающего момента необходимо определить по крайней мере в одном каком-либо промежуточном сечении (например-посредине участка). Это позволит более точно построить эпюру М.

Наконец, по вычисленным величинам-ординатам М, N, Q и Mk строим в аксонометрических проекциях в определенном масштабе эпюры этих усилий (рис п\_2 е,ж,з,п). Правила знаков для этих эпюр выбирают произвольно, но сохраняют одинаковыми их для всех участков бруса. Эпюры изгибающих моментов обычно строят со стороны растянутого волокна.

Приступаем к решению задачи.

1.Расчленяем заданную систему в виде ломаного бруса ABCD на три отдельных прямолинейных бруса AB, BC и CD (см. рис п\_1 в, г и д).

2.Составляем выражения для внутренних силовых факторов на каждом участке с вычислением их величины в характерных сечениях.

Первый брус-участок CD (см. рис. п\_1,в).Этот участок может быть представлен в виде вертикального бруса, защемленного верхним концом и загруженного на свободном конце горизонтальной силой P=30 кн. Под воздействием этой силы в сечениях бруса будут возникать следующие внутренние факторы-усилия: изгибающий момент Mx и поперечная сила Qy.

Применяя метод сечений, составляем выражения для этих усилий в общем виде. Изгибающий момент и поперечная сила в любом сечении рассматриваемого участка на расстоянии z1 от нижнего его конца D будут:

Mx=M(Z1)=Pz1; Qy=P.

В сечении D (при z=0):

Mx=0; Qy=P=30 кн.

В сечении C (при z=c=0,8)

Mx=P×c=30×0,8=24 кн\*м; Qy=P=30 кн.

Другие силовые факторы в сечениях бруса CD не действуют.

Эпюры M и Q для участка CD показаны в аксонометрии на рис. П\_2,е и ж.

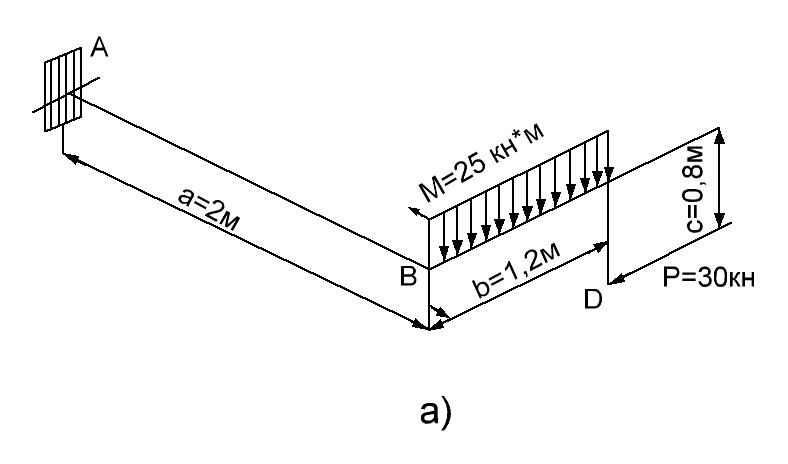
Второй брус-участок BC (см. рис. П\_2, г). Этот участок может быть представлен в виде горизонтального бруса, защемленного левым концом в сечении B и загруженного по всей длине вертикальной равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью q=20 кн/м; действие же на рассматриваемый брус сил, приложенных к примыкающему к нему справа участку CD, заменяем:

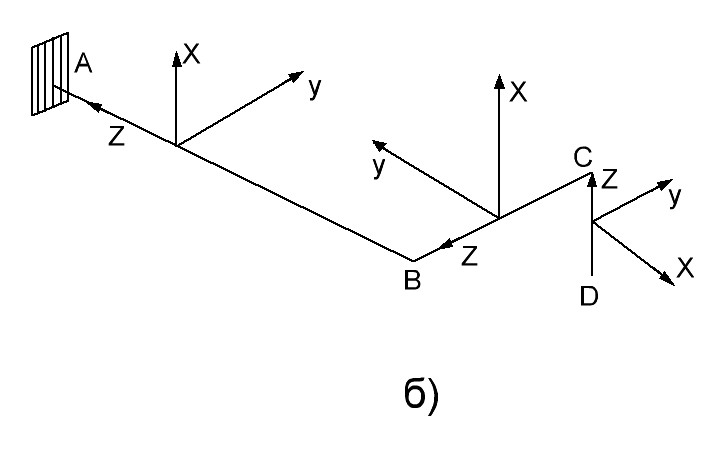
а) сосредоточенной осевой горизонтальной силой P=30 кн, приложенной в центре сечения C;

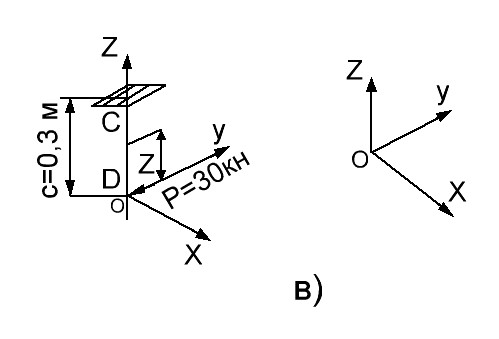
б) сосредоточенным моментом Mc будут вызывать в сечениях бруса BC изгибающий момент My и поперечную силу Qx, а сила P-нормальную (сжимающую) силу Nz.

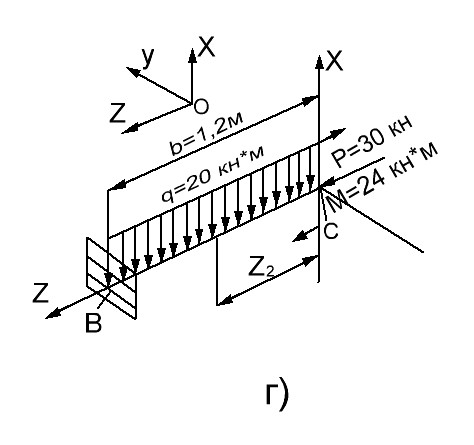
Для определения этих усилий рассекаем брус BC в произвольном сечении на расстоянии z2 от его правого конца C и составляем выражения для искомых усилий, используя условия равновесия для отсеченной правой части бруса:

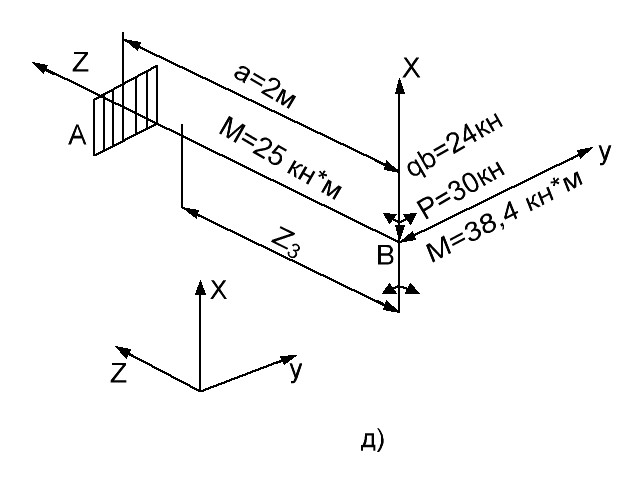
.

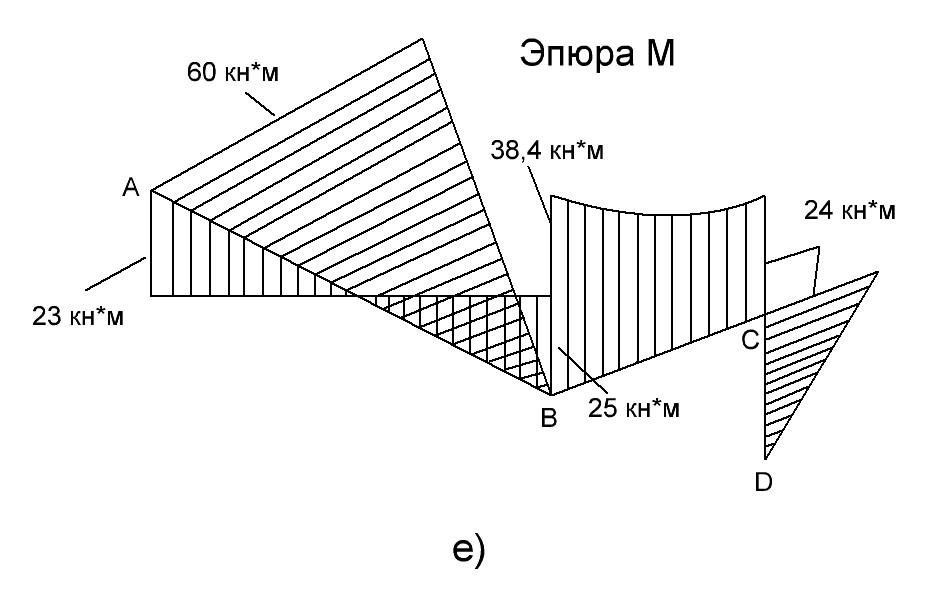


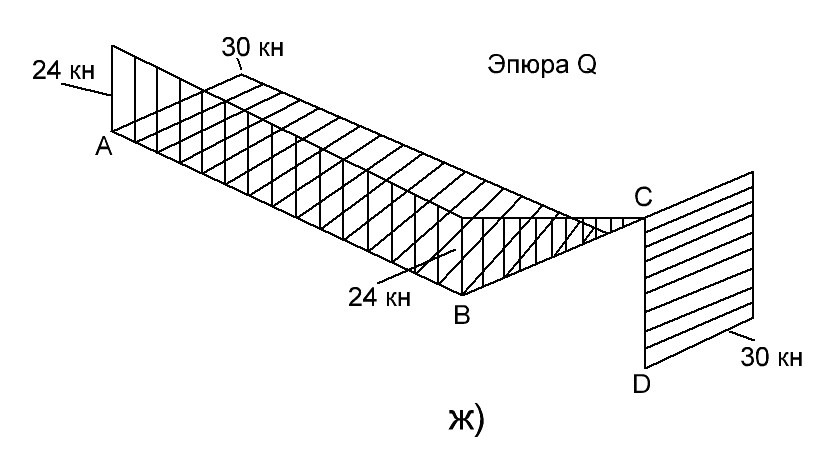












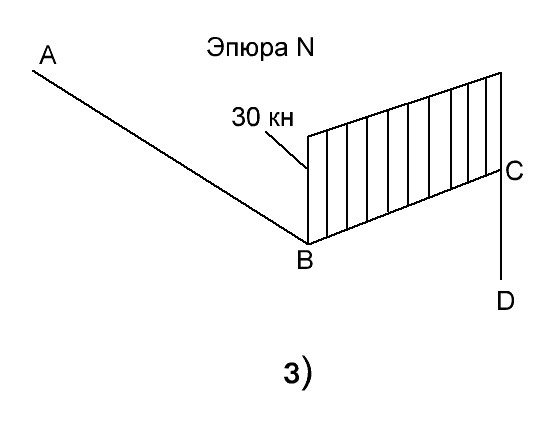
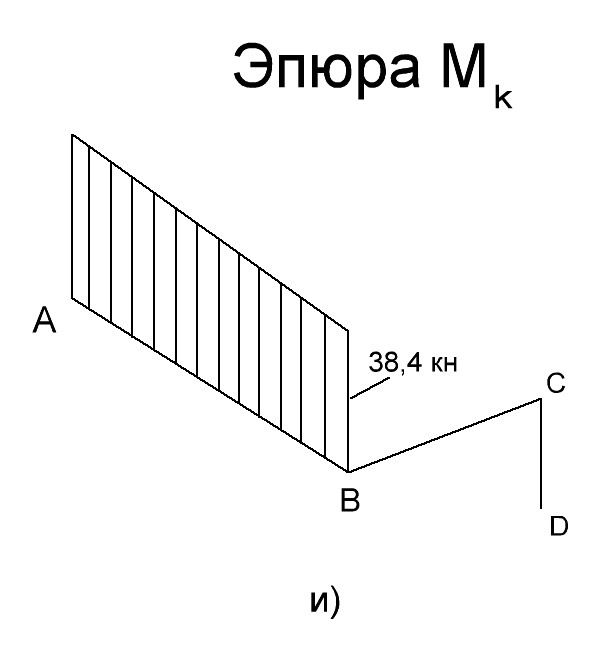


Рис. П\_-2 Пространственная рама (ломанный брус) из тонкостенных сварных стержней: а-заданная расчетная схема; б-подвижная система координат xyz; в,г,д-равновесие отсеченной части рамы на участках с,в и а; е-эпюра внутренних изгибающих моментов; ж,з,и-то же внутренних поперечных, продольных сил и крутящих моментов.

В сечении C (при ):

В сечении B (при ):

Эпюры My, Qx и Nz  для участка BC показаны на рис. П\_2,е,ж и з-то же внутренних поперечных, продольных сил и крутящих моментов.

Третий брус-участок AB (см. рис. П\_2,д). Этот участок может быть представлен в виде горизонтального бруса, защемленного левым концом на опоре А и загруженного на конце В сосредоточенным моментом (внешней нагрузкой) М=25 кн\*м (в вертикальной плоскости). Действие отброшенных участков ВС и СD, передаваемое через сечение В, заменяем:

а)сосредоточенной вертикальной силой qb=20\*1,2=24 кн, приложенной в центре сечения В;

б) горизонтальной сосредоточенной силой P=30 кн, приложенной в том же сечении В;

в)моментом сил

Этот момент действует в плоскости сечения В, перпендикулярной к оси рассматриваемого бруса.

Перечисленные нагрузки вызывают в сечениях стержня АВ такие внутренние силовые факторы-усилия: в вертикальной плоскости-изгибающий момент Му от внешнего сосредоточенного момента М=25 кн\*м, действующего в вертикальной плоскости, и от вертикальной сосредоточенной нагрузки qb=24 кн; поперечную силу Qx от нагрузки qb=24 кн; в горизонтальной плоскости-изгибающий момент Мх от горизонтальной нагрузки Р=30 кн; поперечную силу Qy от силы P=30 кн; крутящий момент Мк от нагрузки моментом МВ=38,4 кн\*м, действующим в плоскости сечения В. Нормальное усилие Nz в стержне АВ отсутствует.

Для определения искомых усилий рассекаем стержень АВ в произвольном сечении на расстоянии z3 от сечения В и составляем выражения для этих усилий, рассматривая равновесие правой отсеченной части бруса:

My=MB(z3)=M-qbz3; Mx=M2(z3)=-Pz3;

Qx=QB(z3)=qb; Qy=Q2(z3)=P;

Nz=N(z3)=0; Mk=MB.

В сечении В (при z3=0):

My=M=25 кн\*м; Mx=0;

Qx=qb=24 кн; Qy=P=30 кн;

Nz=0; Mk=MB=38,4 кн\*м.

В сечении А (при z3=а=2м):

My=M-qab=25-20\*2\*1,2=-23 кн\*м;

Mx=-Pa=-60 кн\*м;

Qz=qb=24 кн; Qy=P=30 кн;

Nz=0; Mk=MB=38,4 кн\*м.

Далее используя эпюры внутренних усилий устанавливаем на каждом произвольном участке опасное сечение и согласно значений внутренних усилий, подбираем ппс каждого участка, после чего разрабатываем конструкцию сварных узлов В и С и по избранной методике ( ) ведем проектировочный расчет сварных швов узлов В и С.