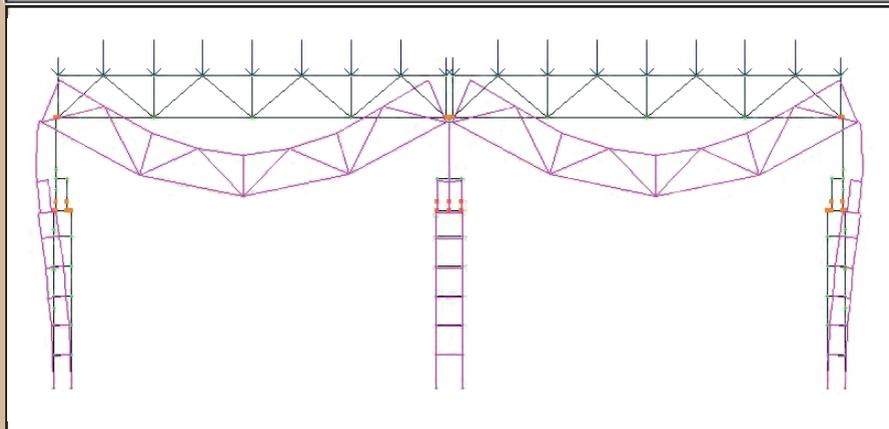
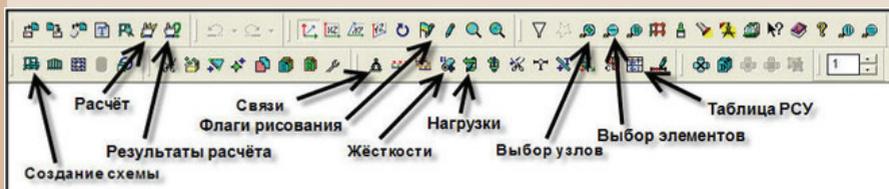


Д.С. Тошин
В.И. Булгаков



СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ РАМЫ ОДНОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Архитектурно-строительный институт
Кафедра «Городское строительство и хозяйство»

Д.С. Тошин, В.И. Булгаков

**СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ
ПОПЕРЕЧНОЙ РАМЫ ОДНОЭТАЖНОГО
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Учебно-методическое пособие

Тольятти
Издательство ТГУ
2013

УДК 624.012.45(048)

ББК 38.53

Т647

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, завкафедрой «Городское строительство
и хозяйство» Тольяттинского государственного университета

В.А. Филиппов;

канд. техн. наук, директор ООО «Экспертный центр Кузнецова»

А.В. Кузнецов.

Т647 Тошин, Д.С. Статический расчет поперечной рамы одноэтажного производственного здания с использованием компьютерных технологий : учебно-методическое пособие / Д.С. Тошин, В.И. Булгаков. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 63 с. : обл.

В учебно-методическом пособии приведена методика выполнения статического расчета поперечной рамы одноэтажного производственного здания с использованием программного комплекса *Lira-Windows*.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 270800.68 «Строительство» и изучающих дисциплину «Автоматизированные методы решения задач строительной механики». А также может быть использовано студентами при изучении других дисциплин, связанных с расчетом железобетонных и металлических конструкций, в том числе с элементами компьютерных технологий.

УДК 624.012.45(048)

ББК 38.53

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

ISBN 978-5-8259-0725-3

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский
государственный университет», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Современное проектирование строительных конструкций зданий и сооружений подразумевает широкое использование систем автоматизации проектных работ, графических редакторов и расчетных программ. Применение инструментов численного анализа конструкций особенно актуально для статически неопределимых систем, в которых вопрос определения усилий в расчетных сечениях становится приоритетным в комплексе задач по расчету и конструированию.

Основные цели учебно-методического пособия – изложить порядок работы в среде программного комплекса *Lira-Windows*, показать порядок формирования расчетной схемы, указать на особенности интерпретации результатов расчета. Для практической направленности работы и более глубокого освоения материала студентами предлагается рассмотреть статический расчет на примере поперечной рамы одноэтажного производственного здания.

Использование численных методов расчета строительных конструкций в учебном процессе позволяет повысить эффективность подготовки студентов и обеспечить востребованность молодых кадров на рынке труда.

Раздел 1 написан кандидатом технических наук Д.С. Тошиным, раздел 2 – кандидатом технических наук, доцентом В.И. Булгаковым.

Данные для расчета

Определить усилия в элементах средней поперечной рамы одноэтажного двухпролетного здания, оборудованного электрическими мостовыми кранами.

Пролет здания – 24 м.

Шаг колонн – 6 м.

Высота до низа стропильных конструкций – 16,2 м.

Грузоподъемность мостового крана – 30 т.

Режим работы мостового крана – 6К.

Количество кранов в одном пролете – 2.

Вид стропильной конструкции – железобетонная ферма с параллельными поясами.

Вид колонн – железобетонные.

Наружные панельные стены – до отм. +4.800 самонесущие; выше – навесные.

Район строительства – г. Омск.

Уровень ответственности здания – нормальный (II).

Раздел 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПОПЕРЕЧНУЮ РАМУ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ РАМЫ

1.1. Компоновка конструктивной схемы

Наружные грани крайних колонн одноэтажного производственного здания смещаются наружу относительно продольных разбивочных осей. Принимается привязка колонн крайнего ряда 250 мм, поскольку высота здания до низа стропильных конструкций составляет 16,2 м (рис. 1.1).

В качестве вертикальных несущих конструкций принимаются железобетонные двухветвевые колонны с размерами поперечного сечения:

- для крайних колонн: в надкрановой части $b = 500$ мм, $h_{к.в} = 600$ мм, в подкрановой части $b = 500$ мм, $h_{к.н} = 1400$ мм (при размерах сечения ветвей 300×500 мм, распорок 400×500 мм);
- для средних колонн: в надкрановой части $b = 600$ мм, $h_{к.в} = 700$ мм, в подкрановой части $b = 600$ мм, $h_{к.н} = 1400$ мм (при размере ветвей 350×600 мм, распорок 400×600 мм).

1.2. Принципы построения расчетной схемы поперечной рамы

Расчетная схема рамы представляется геометрическими осями колонн и ригелей. Соединение ригеля с колонной в расчетной схеме принимается шарнирным, поскольку жесткость соединения намного меньше жесткостей соединяемых элементов. Соединение колонн с фундаментами – жесткое.

Колонны на расчетной схеме представляются в виде набора стержней, которыми заменяют прямолинейные участки постоянного сечения (рис. 1.2, 1.3). Для двухветвевой колонны на расчетной схеме отдельными стержнями создаются надкрановая часть, ветви и распорки подкрановой части. Координаты вводимых стержней определяются положением геометрических осей соответствующих элементов. Таким образом, при построении расчетной схемы двухветвевая колонна представляется многоэтажной рамой, стойками которой являются ветви, а ригелями – распорки.

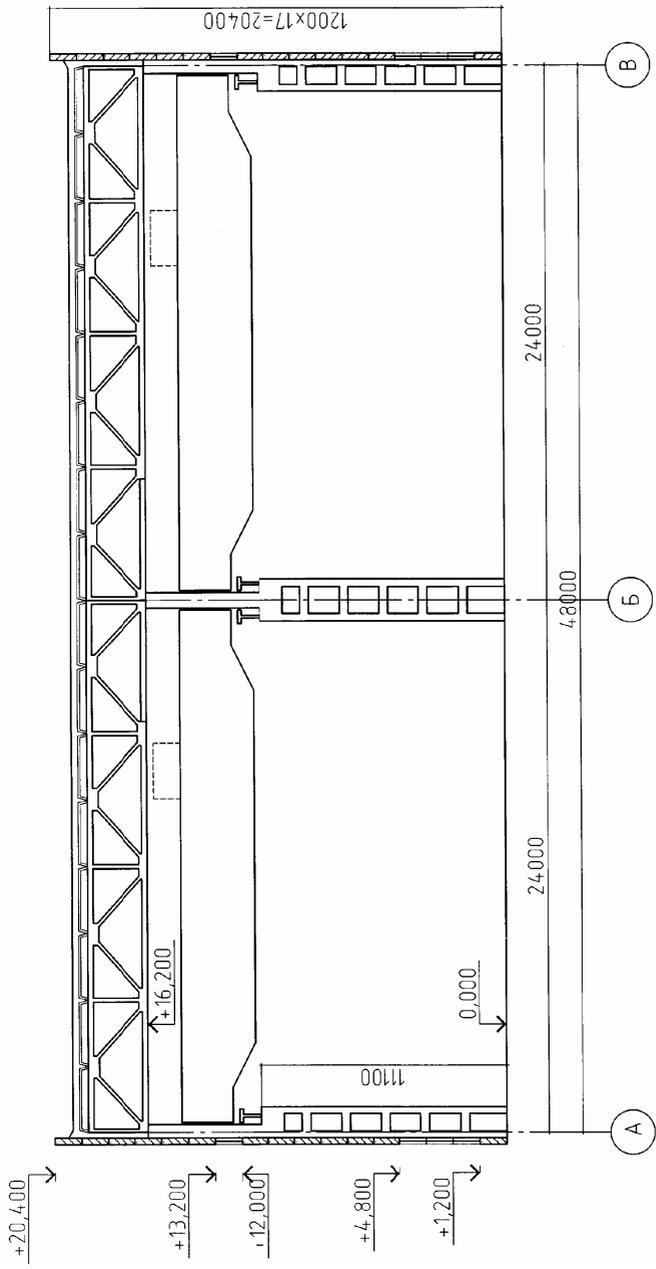


Рис. 1.1. Поперечный разрез одноэтажного производственного здания

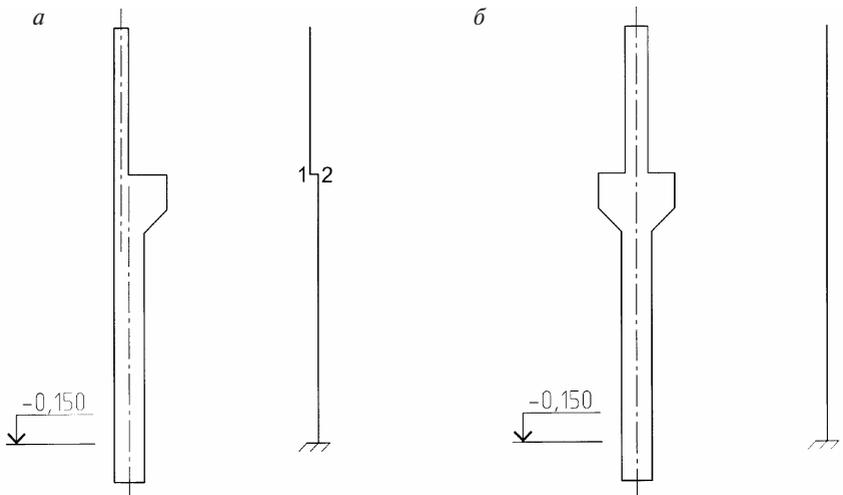


Рис. 1.2. Колонны сплошного сечения и их представление на расчетной схеме:
a – крайняя колонна; *б* – средняя колонна

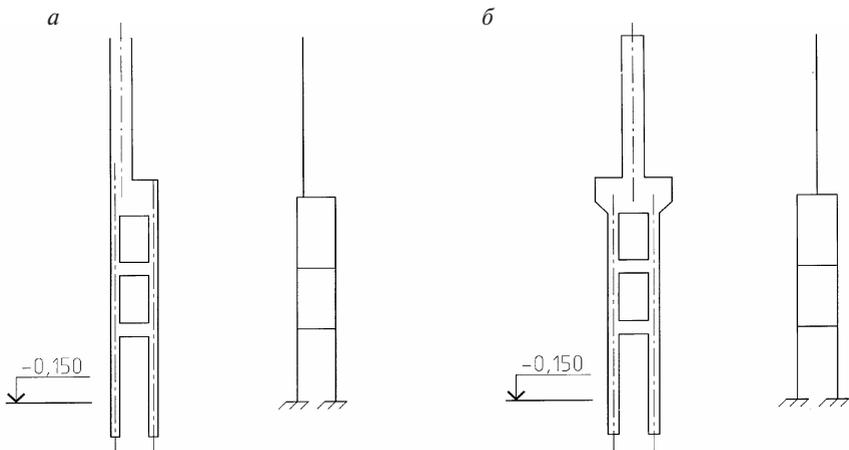


Рис. 1.3. Двухветвевые колонны и их представление на расчетной схеме:
a – крайняя колонна; *б* – средняя колонна

При переходе от колонн сплошного сечения к расчетной схеме надкрановая и подкрановая части колонн представляются отдельными стержнями, а их несоосное расположение моделируется горизонтальным абсолютно жестким стержнем, располагаемым в уровне их сопряжения (рис. 1.2, отрезок 1-2).

При использовании стропильных балок в качестве несущих конструкций покрытия на расчетной схеме ригель может быть представлен горизонтальным стержневым элементом, расположенным на уровне верха колонн. При использовании в конструкции здания стропильных ферм на расчетной схеме рационально показывать ригель с более детальным представлением — с заменой поясов, стоек и раскосов отдельными стержневыми элементами. Это позволяет при расчете поперечной рамы определить усилия в стержнях фермы, которые потребуются в дальнейшем для вычисления требуемого армирования и конструирования стропильной конструкции.

При построении расчетной схемы поперечной рамы необходимо руководствоваться существующими принципами моделирования конструкций. При этом необходимо помнить, что проектирование является творческим процессом и решение одной задачи может быть достигнуто несколькими путями. Рассмотрим принципы формирования расчетной схемы для поперечной рамы из приведенного примера.

Надкрановая часть колонны, ветви и распорки подкрановой части представляются отдельными стержнями (рис. 1.4). Группы узлов в оголовке колонны, в верхней распорке подкрановой части колонны, в местах сопряжения распорок и ветвей объединяются в абсолютно жесткие тела (в соответствии с терминологией, принятой в программном комплексе *Lira-Windows*). Расстояние между узлами, входящими в состав абсолютно жесткого тела *A*, *B* или *B*, сохраняется постоянным при возможных деформациях конструкции.

В учебных целях расчетную схему допускается упростить (рис. 1.5, 1.6). При известных размерах двухветвевых колонн и с учетом привязки к координационным осям поперечная рама в целом будет представлена в виде стержневой системы (рис. 1.7).

На отметке -0.150 , соответствующей верху фундамента, вводится жесткая заделка, препятствующая перемещению узлов по вертикали вдоль оси *Z*, по горизонтали вдоль оси *X* и запрещающая поворот в плоскости поперечной рамы *XOZ*.

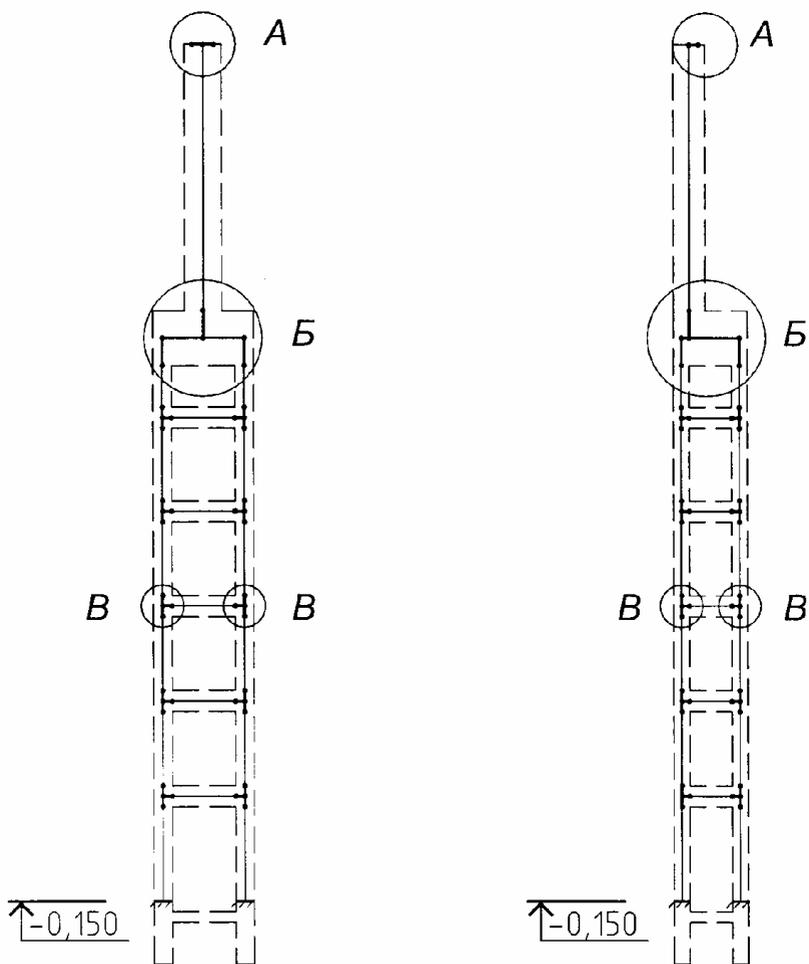


Рис. 1.4. Построение расчетной схемы с введением абсолютно жестких тел:
A – в оголовке колонны; *B* – в верхней распорке подкрановой части колонны;
B – в местах сопряжения распорок и ветвей подкрановой части колонны

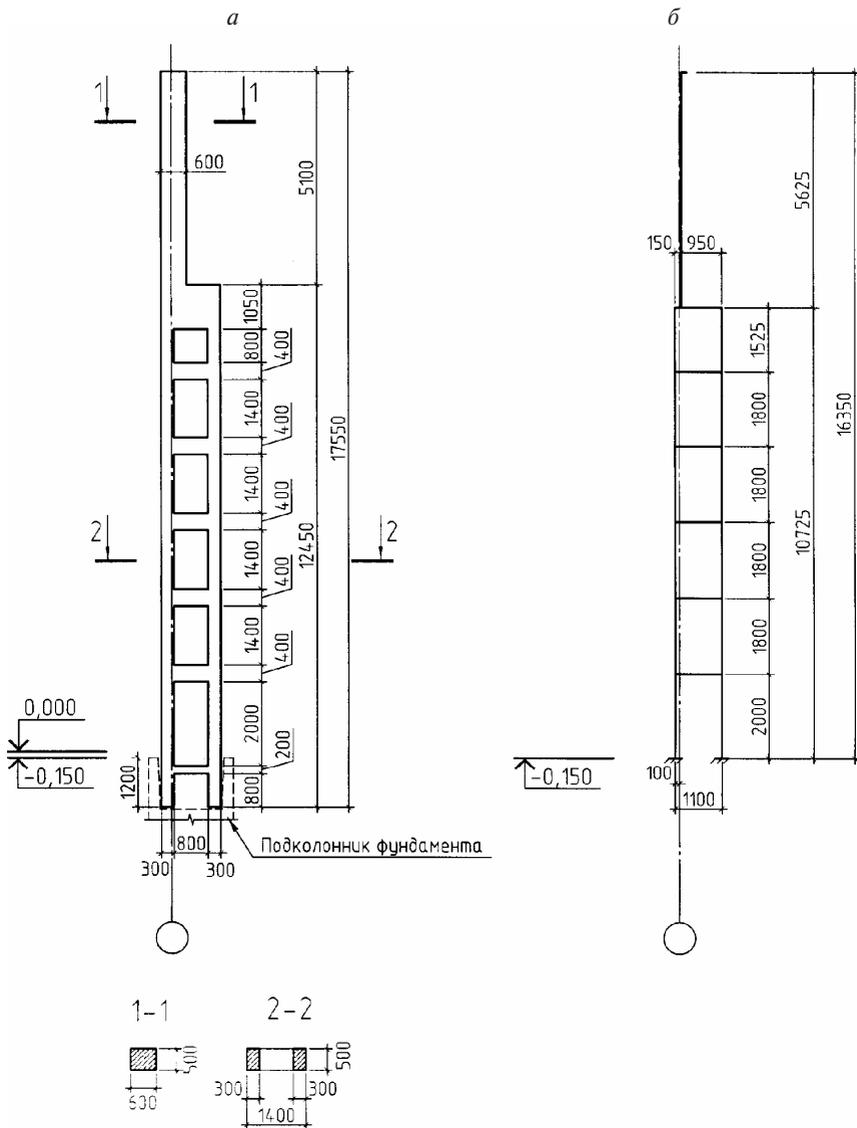


Рис. 1.5. Опалубочный чертеж колонны крайнего ряда (а) и расчетная схема колонны (б)

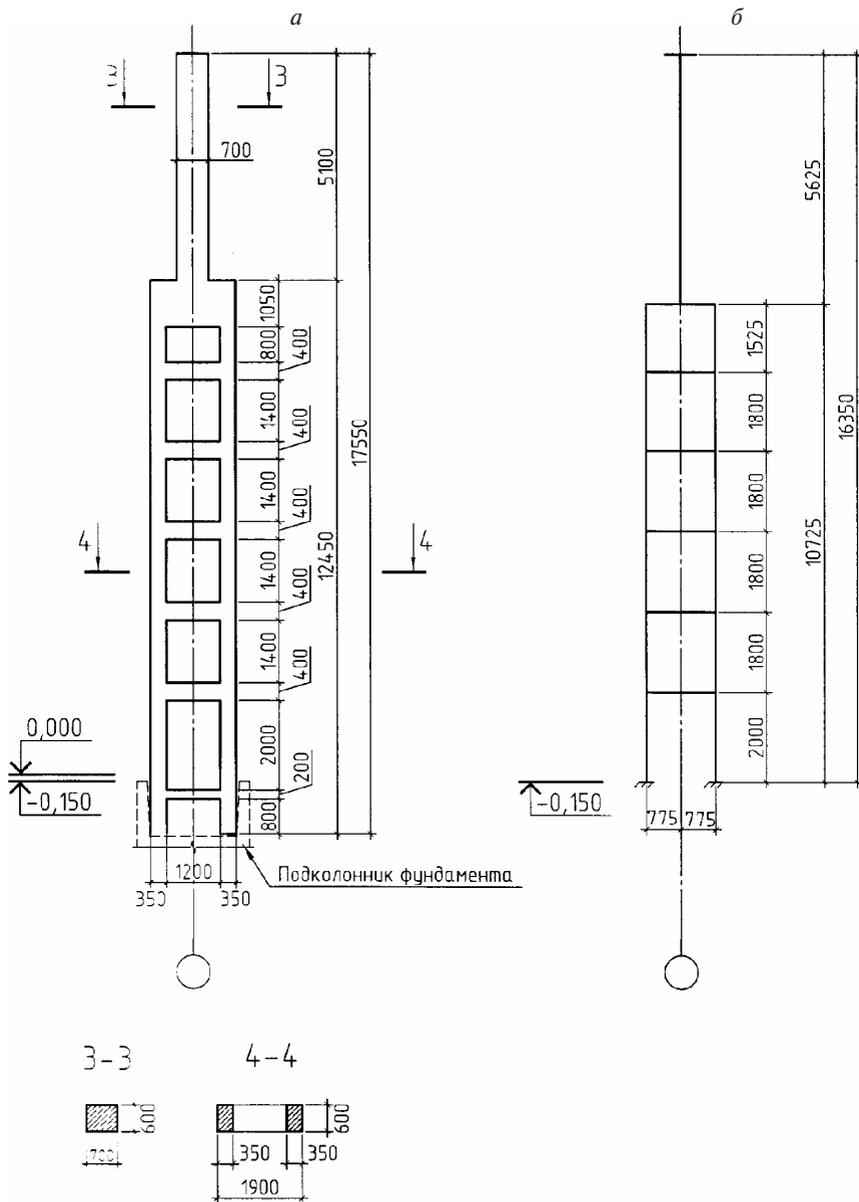


Рис. 1.6. Опалубочный чертеж колонны среднего ряда (а) и расчетная схема колонны (б)

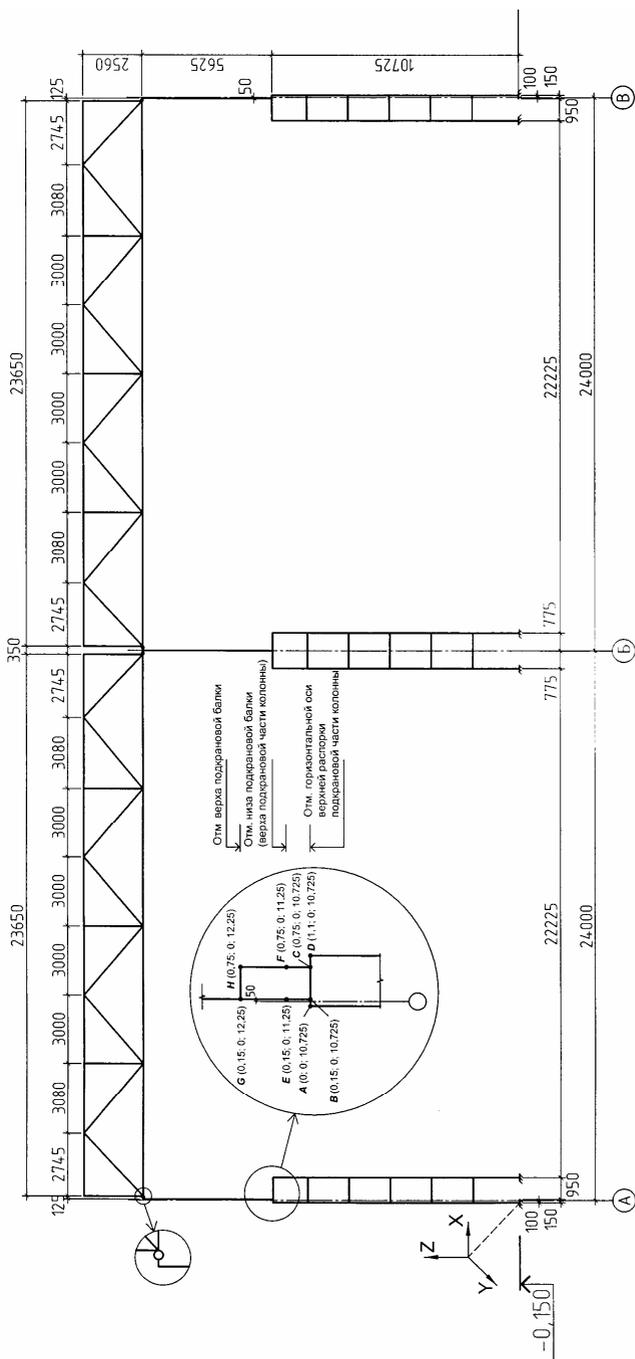


Рис. 1.7. Расчетная схема поперечной рамы одноэтажного производственного здания

Сопряжение ригеля с колонной осуществляется шарнирно. Дополнительно на расчетной схеме вводится некоторый горизонтальный стержень, длина которого соответствует эксцентриситету приложения нагрузки от фермы и покрытия на надкрановую часть колонны. Указанный горизонтальный стержень является фиктивным, поскольку в действительной конструктивной схеме отсутствует. Возможные перемещения узлов стержня объединяются, т. е. создаются «абсолютно жесткие тела». Также создаются абсолютно жесткие тела в местах сопряжения надкрановой и подкрановой частей колонн, объединяя перемещения шести узлов с координатами $A(0;0;10.725)$, $B(0.15;0;10.725)$, $C(0.75;0;10.725)$, $D(1.1;0;10.725)$, $E(0.15;0;11.25)$, $F(0.75;0;11.25)$.

Подкрановая балка вводится в расчетную схему в виде вертикального стержня, длина которого соответствует высоте элемента. Координаты узлов этого стержня $F(0.75;0;11.25)$ и $H(0.75;0;12.25)$. Верхняя полка подкрановой балки соединена с колонной стальной пластиной, приваренной к закладным деталям. Пластина служит для передачи тормозной нагрузки от крана на колонну. На расчетной схеме пластина также представляется в виде стержня с координатами $G(0.15;0;12.25)$ и $H(0.75;0;12.25)$.

1.3. Определение нагрузок

Одноэтажное производственное здание рассчитывается на действие постоянных и временных нагрузок. Постоянные нагрузки состоят из веса покрытия (включая стропильные конструкции, плиты покрытия, выравнивающие слои, паро-, тепло- и гидроизоляцию, связи по покрытию), стеновых панелей и остекления, подкрановых балок и крановых рельсов, колонн. Временные нагрузки включают вес снега на покрытие, давление ветра, крановое вертикальное и горизонтальное нагружение.

1.3.1. Постоянные нагрузки

Определение нормативных и расчетных нагрузок на 1 м^2 покрытия выполняется в табличной форме (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Нормативные и расчетные нагрузки на 1 м² покрытия

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м ²	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, кН/м ²
1. Постоянная:			
1.1) от собственного веса плиты покрытия;	2,5 для ребристой плиты	1,1	2,75
1.2) то же пароизоляции (1 слоя техноэласта);	0,05	1,3	0,065
1.3) то же утеплителя (жестких минераловатных плит) $\delta = 120$ мм, $\rho = 1$ кН/м ³ ;	0,12	1,3	0,156
1.4) то же слоя цементно-песчаного раствора, $\delta = 25$ мм, $\rho = 16$ кН/м ³ ;	0,4	1,3	0,52
1.5) то же гидроизоляционного слоя (2 слоя техноэласта).	0,1	1,3	0,13
ИТОГО:	$g_n = 3,17$	-	$g = 3,621$

Сосредоточенная расчетная нагрузка, приложенная к среднему верхнему узлу фермы (рис. 1.8):

$$F = gBa + \frac{G_\phi}{(n-1)} \gamma_f \gamma_n = 3,621 \cdot 6 \cdot 3 + \frac{120}{8} \cdot 1,1 \cdot 0,95 = 80,85 \text{ кН},$$

где g – расчетная нагрузка на 1 м² покрытия, кН/м²; B – шаг ферм, м; a – шаг узлов верхнего пояса ферм (номинальная ширина плит покрытия); G_ϕ – собственный вес фермы, кН; n – количество узлов фермы верхнего пояса; γ_n – коэффициент надежности по нагрузке; γ_n – коэффициент надежности по ответственности здания.

Нагрузка от стеновых панелей и остекления прикладывается на колонны в местах опирания в виде сосредоточенных сил (рис. 1.8). Величина нагрузки зависит от типа и размеров стеновых панелей и остекления, а также шага расположения колонн крайнего ряда. Расчетная нагрузка от веса стеновых панелей и остекления:

$$F_{cm} = (g_{n,cm} \sum h_{cm} \gamma_f + g_{n,ocm} \sum h_{ocm} \gamma_f) \cdot B \cdot \gamma_n,$$

где $g_{n,cm}$ – нормативное значение веса 1 м² панелей, кН/м²; $g_{n,ocm}$ – нормативное значение веса 1 м² остекления, кН/м²; $\sum h_{cm}$ – суммарная высота стеновых панелей, м; $\sum h_{ocm}$ – суммарная высота остекления, м.

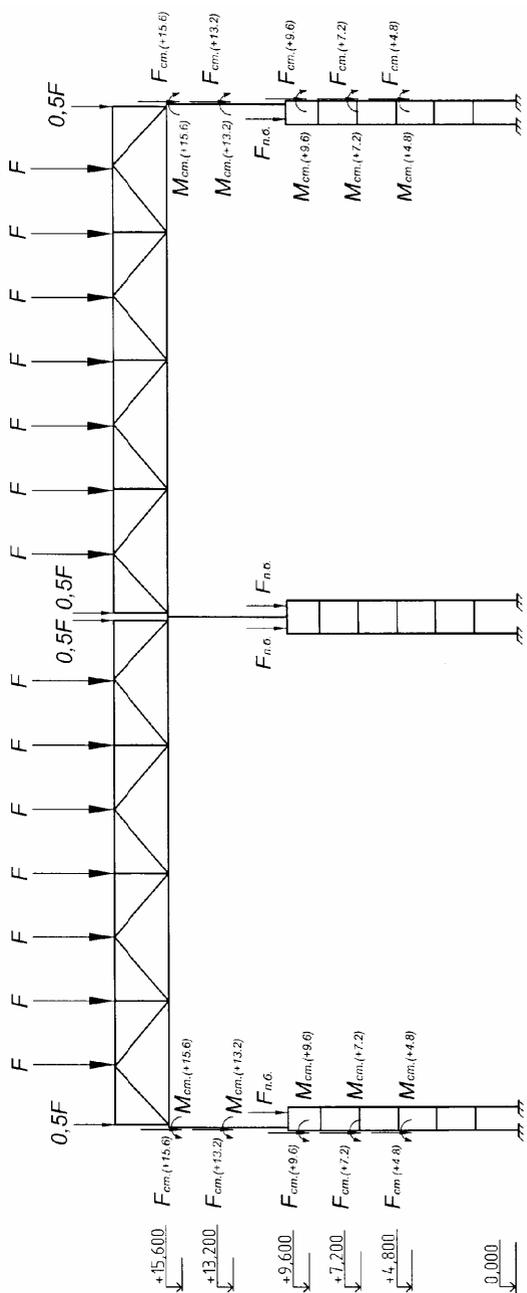


Рис. 1.8. Загружение поперечной рамы постоянной нагрузкой

Сосредоточенная сила F_{cm} по отношению к геометрической оси колонны прикладывается с эксцентриситетом e_{cm} , который определяется по формулам:

- для надкрановой части сплошной или двухветвевой колонны

$$e_{cm} = 0,5 \cdot (\delta_{cm,n} + h_{к.в});$$

- для подкрановой части сплошной колонны

$$e_{cm} = 0,5 \cdot (\delta_{cm,n} + h_{к.п});$$

- для подкрановой части двухветвевой колонны (по отношению к геометрической оси наружной ветви)

$$e_{cm} = 0,5 \cdot (\delta_{cm,n} + h_{г}),$$

где $\delta_{cm,n}$ – толщина стеновых панелей; $h_{к.в}$ – высота сечения колонны надкрановой части сплошной или двухветвевой колонны; $h_{к.п}$ – высота сечения подкрановой части сплошной колонны; $h_{г}$ – высота сечения ветви подкрановой части двухветвевой колонны.

При $\Sigma h_{cm} = 2,4$ м между отм. +4.800 и +7.200; +7.200 и +9.600; +13.200 и 15.600 сосредоточенная сила $F_{cm} = 2,2 \cdot 2,4 \cdot 1,2 \cdot 6 \cdot 0,95 = 36,1$ кН прикладывается с эксцентриситетом $e_{cm} = 0,5 \cdot (0,3 + 0,3) = 0,3$ м на отм. +4.800; +7.200 и с эксцентриситетом $e_{cm} = 0,5 \cdot (0,3 + 0,6) = 0,45$ м на отм. +13.200.

При $\Sigma h_{cm} = 2,4$ м и $\Sigma h_{осм} = 1,2$ м между отм. +9.600 и 13.200 сосредоточенная сила $F_{cm} = (2,2 \cdot 2,4 \cdot 1,2 + 0,4 \cdot 1,2 \cdot 1,1) \cdot 6 \cdot 0,95 = 39,12$ кН прикладывается с эксцентриситетом $e_{cm} = 0,3$ м на отм. +9.600.

При $\Sigma h_{cm} = 4,8$ м между отм. +15.600 и +20.400 сосредоточенная сила $F_{cm} = 2,2 \cdot 4,8 \cdot 1,2 \cdot 6 \cdot 0,95 = 72,23$ кН прикладывается с эксцентриситетом $e_{cm} = 0,45$ м на отм. +15.600.

Расчетная нагрузка на колонну от подкрановой балки и кранового рельса:

$$F_{н.б} = (G_{н.б} \gamma_f + q_p \gamma_B) \gamma_n = (42 \cdot 1,1 + 0,527 \cdot 1,05 \cdot 6) \cdot 0,95 = 47,04 \text{ кН},$$

где $G_{н.б}$ – собственный вес подкрановой балки, кН; q_p – погонный вес рельса, кН/м.

Сосредоточенная сила $F_{н.б}$ прикладывается в уровне верха подкрановой части колонны с эксцентриситетом $e_{кр}$ относительно геометрической оси подкрановой части колонны:

$$e_{кр} = \lambda + 0,25 - 0,5 h_{к.п} = 0,75 + 0,25 - 0,5 \cdot 1,4 = 0,3 \text{ м},$$

где $\lambda = 0,750$ м – расстояние от оси подкранового рельса до продольной разбивочной оси; 0,25 – привязка колонн крайнего ряда к продольной разбивочной оси.

1.3.2. Снеговая нагрузка

Нормативное значение снеговой нагрузки S на горизонтальную проекцию покрытия [1] следует определять по формуле:

$$S_0 = 0,7 c_e c_t \mu S_g = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,8 = 1,26 \text{ кН/м}^2,$$

где S_g – вес снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, кН/м^2 ; c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов; для рассматриваемого примера $c_e = 1$; c_t – термический коэффициент, учитывающий понижение снеговой нагрузки на покрытие вследствие таяния снега, вызванного потерей тепла, для рассматриваемого примера $c_t = 1$; μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, для рассматриваемого примера $\mu = 1$.

Расчетное значение снеговой нагрузки S на 1 м^2 горизонтальной проекции кровли следует определять по формуле

$$S = S_0 \gamma_f = 1,26 \cdot 1,4 = 1,8 \text{ кН/м}^2,$$

где $\gamma_f = 1,4$ – коэффициент надежности по снеговой нагрузке.

Снеговая нагрузка передается на нижележащие стропильные конструкции через продольные ребра плит покрытия в виде сосредоточенных сил с шагом 3 м. Расчетное значение снеговой нагрузки на средний узел верхнего пояса фермы (рис. 1.9) составляет

$$F_s = S B a \gamma_n = 1,8 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 0,95 = 30,78 \text{ кН}.$$

1.3.3. Ветровая нагрузка

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m (кН/м^2) на высоте z над поверхностью земли следует определять по формуле

$$w_m = w_0 k c,$$

где w_0 – нормативное значение ветрового давления, кН/м^2 ; k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте (для местности типа В $k_5 = 0,5$ при z от 0 до 5 м, $k_{10} = 0,65$ при $z = 10$ м, $k_{20} = 0,85$ при $z = 20$ м, $k_{40} = 1,1$ при $z = 40$ м); c – аэродинамический

коэффициент, принимается равным $c_e = 0,8$ – с наветренной стороны, $c_{e3} = -0,6$ – с подветренной стороны (прил. 4 [1]).

Ветровое давление по высоте распределяется неравномерно (рис. 1.10). Расчетное погонное ветровое давление на раму с наветренной стороны:

$$w_1 = w_0 k c_e B \gamma_f \gamma_n = 0,3 \cdot k \cdot 0,8 \cdot 6 \cdot 1,4 \cdot 0,95 = 1,92k.$$

Расчетное погонное ветровое давление на раму с наветренной стороны:

$$w_2 = w_0 k c_{e3} B \gamma_f \gamma_n = 0,3 \cdot k \cdot 0,6 \cdot 6 \cdot 1,4 \cdot 0,95 = 1,44k.$$

Таблица 1.2

Погонное ветровое давление

Высота, м	Коэффициент k	Ветровое давление w , кН/м		Примечание
		w_1	w_2	
0	0,5	0,96	0,72	
5	0,5	0,96	0,72	
10	0,65	1,25	0,94	
16,2	0,774	1,49	1,11	Верх колонн
20,4	0,855	1,64	1,23	Верх парапетных панелей

Активное ветровое давление с наветренной стороны и реактивное ветровое давление с подветренной стороны, действующие выше отметки верха колонн, будут прикладываться на расчетной схеме поперечной рамы в виде одной сосредоточенной силы W в уровне верха колонны с любой стороны (рис. 1.11).

Расчетное значение сосредоточенной силы W равно

$$\begin{aligned}
 W &= \left[\frac{k_{20} + \kappa_{в.к}}{2} (20 - H_{в.к}) + \frac{k_{н.н} + \kappa_{20}}{2} (H_{н.н} - 20) \right] w_0 (c_e + c_{e3}) B \gamma_f \gamma_n = \\
 &= \left[\frac{0,85 + 0,774}{2} (20 - 16,2) + \frac{0,855 + 0,85}{2} (20,4 - 20) \right] 0,3 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 6 \cdot 1,4 \cdot 0,95 = \\
 &= 0,3 \frac{0,834 + 0,774}{2} (0,8 + 0,6) \cdot 6 \cdot (19,2 - 16,2) \cdot 1,4 \cdot 0,95 = 11,48 \text{ кН},
 \end{aligned}$$

где $k_{н.н} = k_{20,4} = 0,855$ и $\kappa_{в.к} = \kappa_{16,2} = 0,774$ – значение коэффициентов k в уровне верха парапетных панелей и верха колонн соответственно; $H_{н.н} = 19,2$ м и $H_{в.к} = 16,2$ м – отметки верха парапетных панелей и верха колонн соответственно.

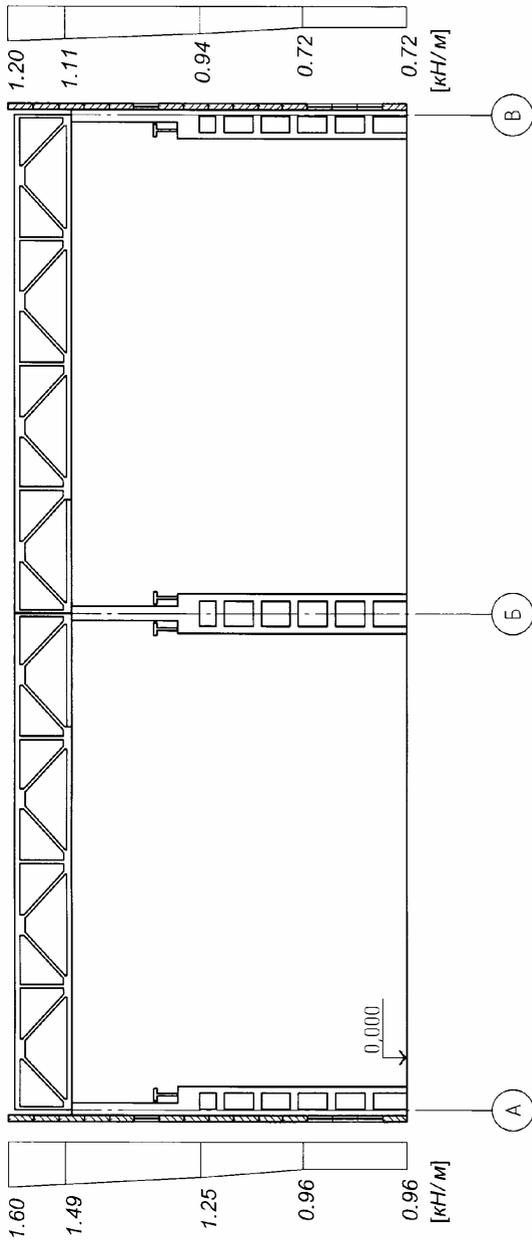


Рис. 1.10. Схема нагружения поперечной рамы ветровой нагрузкой

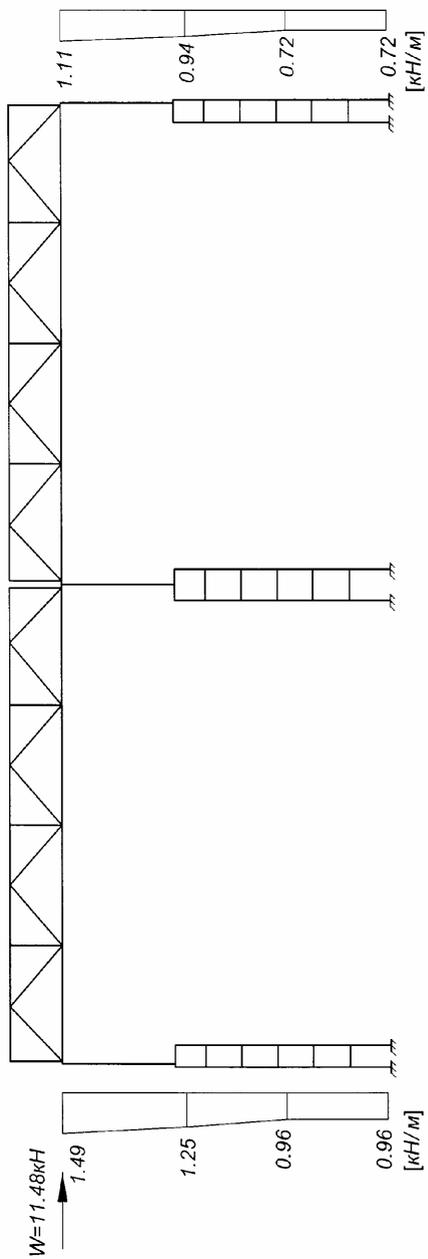


Рис. 1.1.1. Расчетная схема поперечной рамы при нагружении ветровой нагрузкой

1.3.4. Крановая нагрузка¹

Мостовые краны передают на колонну через подкрановые балки вертикальное давление и горизонтальную тормозную силу. Величина нагрузок определяется от двух сближенных кранов по линии влияния опорного давления (рис. 1.12). При учете двух кранов нагрузки от них необходимо умножить на коэффициенты сочетаний: $\psi = 0,85$ – для групп режимов работы кранов 1К-6К; $\psi = 0,95$ – для групп режимов крана 7К, 8К. При учете четырех кранов нагрузки от них необходимо умножить на коэффициенты сочетаний: $\psi = 0,7$ – для групп режимов работы кранов 1К-6К; $\psi = 0,8$ – для групп режимов крана 7К, 8К.

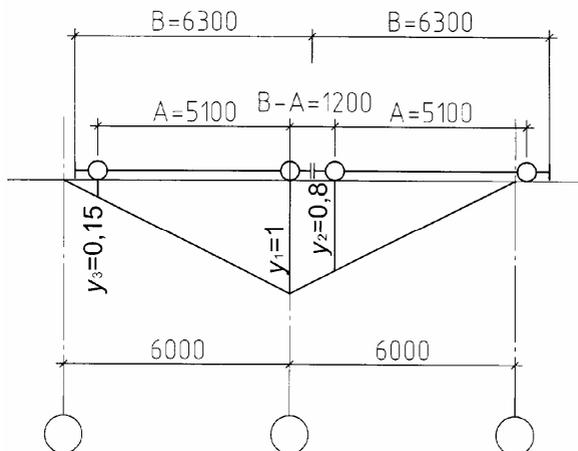


Рис. 1.12. Линия влияния вертикального (или горизонтального) давления на колонну

Максимальное расчетное давление кранов на колонну определяется по формуле

$$D_{\max} = F_{n,\max} \psi \gamma_f \gamma_n \sum y_i = 315 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 1,95 = 546 \text{ кН},$$

где $F_{n,\max}$ – максимальное нормативное давление одного колеса на крановый путь; $\sum y_i$ – сумма ординат линии влияния под сосредоточенными силами, $\sum y_i = y_1 + y_2 + y_3 = 1 + 0,8 + 0,15 = 1,95$.

¹ При расчете крановых нагрузок не учтен пространственный характер работы каркаса.

Минимальное расчетное давление кранов на колонну:

$$D_{\min} = D_{\max} \nu = 546 \cdot 0,3 = 163,8 \text{ кН},$$

где ν – коэффициент перехода к минимальному давлению:

$$\nu = \frac{m_{cr} + Q}{2 F_{n,max}} - 1 = \frac{520 + 300}{2 \cdot 315} - 1 = 0,3,$$

здесь m_{cr} – вес крана; Q – грузоподъемность крана.

Расчетная горизонтальная поперечная нагрузка на колонну от двух кранов при торможении тележки:

$$H_{кр} = H_{n,max} \psi \gamma_f \gamma_n \sum y_i = 10,5 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 1,95 = 18,19 \text{ кН},$$

где $H_{n,max}$ – нормативная горизонтальная нагрузка, приходящаяся на одно колесо крана:

$$H_{n,max} = 0,05 \frac{Q + G}{2} = 0,05 \frac{300 + 120}{2} = 10,5 \text{ кН},$$

здесь Q – грузоподъемность крана; G – вес крановой тележки; 2 – количество колес крана с одной стороны; 0,05 – коэффициент, учитывающий гибкий подвес груза.

Действительная работа мостовых кранов в одноэтажных промышленных зданиях создает многообразие схем загрузки крановой нагрузкой (рис. 1.13).

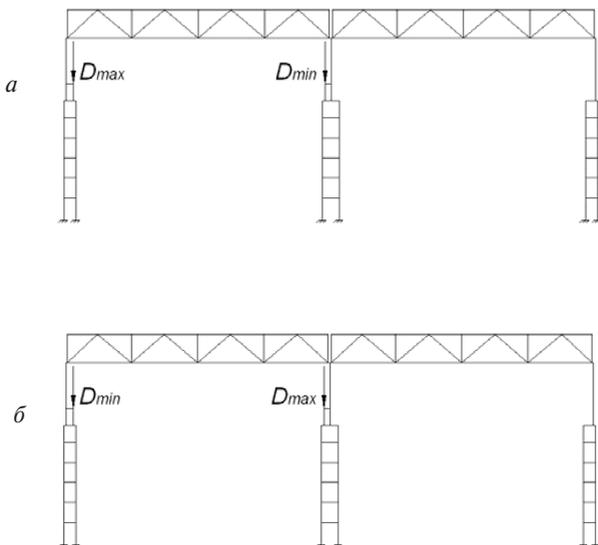


Рис. 1.13. Схемы загрузки крановой нагрузкой (см. также с. 24 и 25)

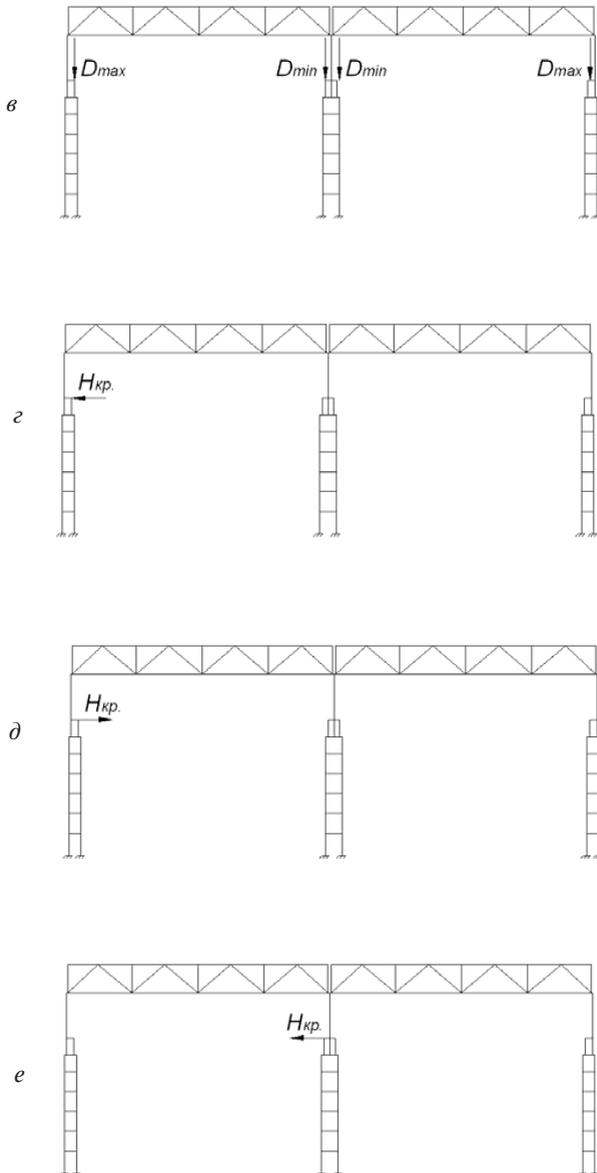


Рис. 1.13. Продолжение

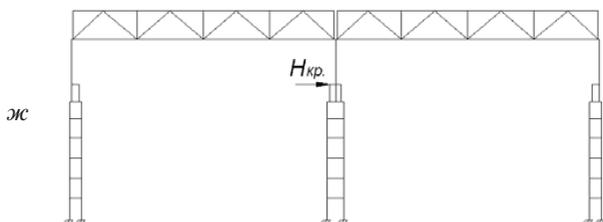


Рис. 1.13. Окончание

1.4. Определение расчетных сочетаний усилий

Нагрузка на расчетной схеме задается в последовательных нагружениях. В первом нагружении прикладываются постоянные нагрузки. В последующих нагружениях прикладываются снеговая, ветровая и крановая нагрузки.

Схемы нагружения снеговой нагрузкой принимаются по [1]. Если количество возможных схем нагружения больше одного, то при составлении расчетных сочетаний одновременное их действие не должно учитываться. Также в виде отдельного нагружения должен рассматриваться вариант приложения длительной снеговой нагрузки, значение которой в этом случае принимается с понижающим коэффициентом 0,5. Нагружения кратковременной и длительной снеговой нагрузкой должны быть назначены взаимоисключающими.

Загружение ветровой нагрузкой рассматривается в двух вариантах: при ветре слева и при ветре справа. В расчетных сочетаниях должно быть исключено одновременное их действие.

При приложении крановой нагрузки может быть много вариантов схем нагружения. Рассматриваются вертикальное давление, горизонтальное давление; крановая нагрузка в одном пролете или в двух пролетах; нахождение крановой тележки в крайнем левом и крайнем правом положениях. В расчетных сочетаниях должна быть исключена возможность одновременного действия нескольких вертикальных крановых нагрузок. При этом крановая горизонтальная нагрузка, направленная влево или вправо, действует всегда одновременно с одной из крановых вертикальных нагрузок. Все возможные схемы нагружения крановой

нагрузкой и ограничения по их совместному действию должны быть учтены при определении расчетных сочетаний усилий.

В результате расчета поперечной рамы на различные нагружения определяются усилия в расчетных сечениях: 1-1 – сечение по верху колонны; 2-2 – сечение по низу надкрановой части колонны; 3-3 – сечение по верху подкрановой части колонны; 4-4 – сечение по верху заделки колонны в фундамент. Для получения наиболее неблагоприятных усилий от совместного действия нескольких нагрузок определяют расчетные сочетания усилий. В каждом сечении колонны определяются три комбинации усилий:

- 1) M_{max} и соответствующие N , Q ;
- 2) M_{min} и соответствующие N , Q ;
- 3) N_{max} и соответствующие M , Q .

При составлении комбинаций усилий необходимо во всех сочетаниях учитывать усилия от постоянных нагрузок. Временные нагрузки принимаются в расчетном сочетании в зависимости от знака (направления) изгибающего момента.

Предлагается результаты статического расчета поперечной рамы свести в таблицу расчетных сочетаний усилий (табл. 1.3). Для каждого расчетного сечения определить основное сочетание нагрузок в трех представленных комбинациях. В сечении 4-4 в сочетания включены поперечные силы, необходимые при расчете фундамента. На каждом этапе заполнения таблицы расчетных сочетаний выполнять проверку вводимых и получаемых данных:

- 1) при введении значений усилий в расчетных сечениях колонны сопоставлять их знак (направление действия) с ожидаемыми;
- 2) при определении расчетного сочетания сопоставлять получаемые результаты с программным расчетом по РСУ («Расчетные сочетания усилий»).

Полученные в таблице основные расчетные сочетания усилий используются для дальнейших расчетов колонн и фундаментов.

Таблица расчетных сочетаний усилий в левой колонне

Нагрузки	Эпюра изгибающих моментов	№ загрузки	Кoeff-фициент сочетания	Сечения										
				1-1		2-2		3-3		4-4				
				<i>M</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>		
1. Постоянная		1	1											
2. Снеговая		2	1											
		3	0,9											
3. Ветровая (ветер слева)		4	1											
		5	0,9											
4. Ветровая (ветер справа)		6	1											
		7	0,9											
5. Крановая вертикальная (<i>D_{max}</i> на левой колонне)		8	1											
		9	0,9											
6. Крановая вертикальная (<i>D_{min}</i> на левой колонне)		10	1											
		11	0,9											
7. Крановая горизонтальная, приложенная к левой колонне слева направо		12	1											
		13	0,9											
8. Крановая горизонтальная, приложенная к левой колонне справа налево		14	1											
		15	0,9											
Основное сочетание с учетом крановых и ветровых	Комбинация усилий				<i>M_{max}</i>	<i>N</i>	<i>M_{max}</i>	<i>N</i>	<i>M_{max}</i>	<i>N</i>	<i>M_{max}</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>	
	Сочетания нагрузок													
	Усилия от вертикальных нагрузок													
	Усилия от горизонтальных нагрузок													
	Комбинация усилий				<i>M_{min}</i>	<i>N</i>	<i>M_{min}</i>	<i>N</i>	<i>M_{min}</i>	<i>N</i>	<i>M_{min}</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>	
	Сочетания нагрузок													
	Усилия от вертикальных нагрузок													
	Усилия от горизонтальных нагрузок													
	Комбинация усилий				<i>M</i>	<i>N_{max}</i>	<i>M</i>	<i>N_{max}</i>	<i>M</i>	<i>N_{max}</i>	<i>M</i>	<i>N_{max}</i>	<i>Q</i>	
	Сочетания нагрузок													
	Усилия от вертикальных нагрузок													
	Усилия от горизонтальных нагрузок													

Раздел 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ЛИРА»

2.1. Создание новой задачи

Выполнить команды *Файл / Новый* {Признак схемы – **2**, Имя задачи – Рама}.

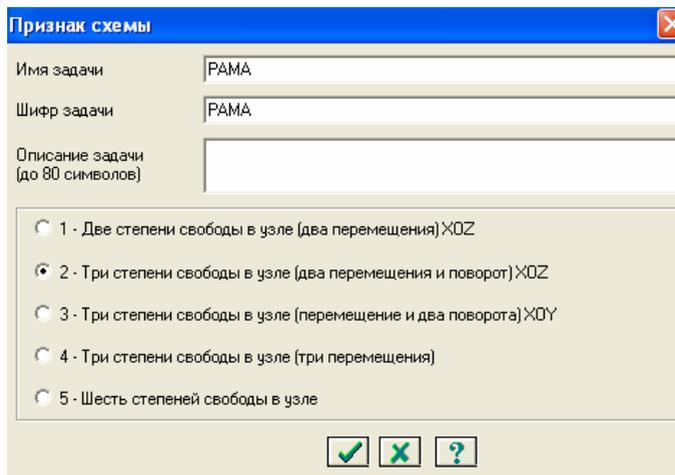


Рис. 2.1. Назначение признака схемы

2.2. Создание геометрии рамы

2.2.1. Выполнить команды *Схема / Создание / Регулярные фрагменты и сети*

2.2.2. В диалоговом окне ввести следующие данные (рис. 2.2).

Задать привязку начального узла $X = 0, Y = 0, Z = 0$.

После нажатия кн. «Применить» на экран выводится поперечная рама (прил., рис. 1, 1а).

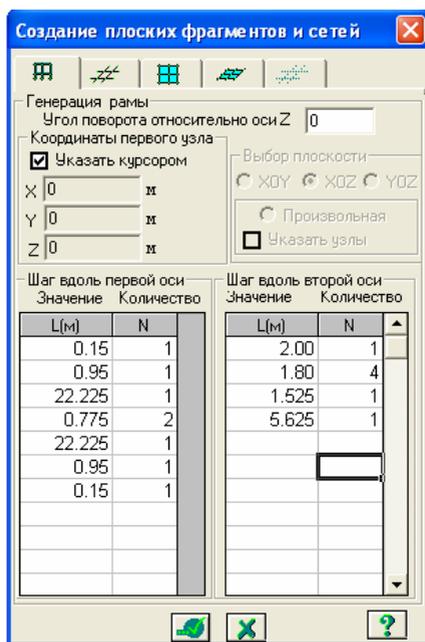


Рис. 2.2. Создание поперечной рамы

2.2.3. Удалить лишние элементы

Выделить элементы 7-13, 21, 28-34, 42, 49-55, 63, 66, 69, 74, 77, 82, 85, 90, 93, 98, 101, 106, 109, 112-119.

Для выделения элементов воспользоваться инструментом «Флаги рисования».

В окне (рис. 2.3) выбрать закладку «Элементы» и активизировать функцию вывода на экран номеров стержневых элементов рамы галочкой в первой позиции. На схеме появятся номера стержневых элементов.

Выбрать функцию «Выделение элементов», выполнив команды *Выбор / Отметка элементов*. Затем следует последовательно указать курсором на элементы, которые имеют номера, указанные выше. При этом следует нажимать левую кнопку мыши при переходе от элемента к элементу.

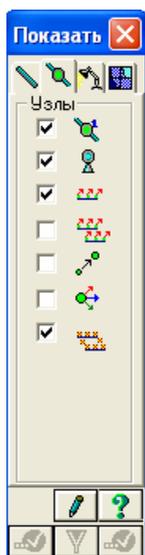


Рис. 2.3. Окно инструмента «Флаги рисования»

После выделения всех указанных элементов необходимо нажать клавишу «Delete» на клавиатуре. Отмеченные элементы будут удалены (прил., рис. 2).

2.2.4. Удалить лишние узлы

Отключить вывод номеров элементов и включить вывод номеров узлов, воспользовавшись инструментом «Флаги рисования»: во второй закладке «Узлы» установить галочку в первой позиции как показано на рис. 2.3.

Выбрать функцию «Выделение узлов», выполнив команды *Выбор / Отметка узлов*. Затем следует последовательно указать курсором на узлы, которые имеют номера 2, 11, 20, 29, 38, 47, 64, 66, 67, 69, 5, 14, 23, 32, 41, 50, 8, 17, 26, 35, 44, 53, 70, 72 (прил., рис. 1,б). При этом следует нажимать левую кнопку мыши при переходе от узла к узлу.

После выделения всех указанных узлов необходимо нажать клавишу «Delete» на клавиатуре. Отмеченные узлы будут удалены (прил., рис. 3). При этом могут удалиться стержни, связывающие попарно узлы 10-12, 13-15, 16-18, 19-21, 22-24, 25-27, 28-30, 31-33, 34-36, 37-39, 40-42, 43-45, 46-48, 49-51, 52-54 (прил., рис. 4).

Для восстановления указанных стержней необходимо выполнить команды *Схема / Корректировка / Добавить элемент*. После этого нужно соединить узлы, используя курсор: установить курсор в начальный узел, нажать и отпустить левую кнопку мыши, протащить курсор до второго узла и еще раз нажать левую кнопку мыши. Появится восстановленный элемент.

2.2.5. Создать узлы, в которых прикладываются нагрузки от элементов стенового ограждения

Выполнить команды *Схема / Корректировка / Добавить узел*.

В открывшемся окне «Добавить узел» указать для каждого узла координаты, приведенные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Координаты узлов приложения нагрузки от элементов ограждения

X, м	0	0	0	0.15	0.15	48.2	48.2	48.2	48.05	48.05
Y, м	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z, м	4.8	7.2	9.6	13.2	15.6	4.8	7.2	9.6	13.2	15.6
P, т	3.612	3.612	3.912	3.612	7.223	3.612	3.612	3.912	3.612	3.612
M, тм	1.08	1.08	1.17	1.62	3.25	-1.08	-1.08	-1.17	-1.62	-3.25

2.2.6. Создать фермы покрытия

Выполнить команды *Схема / Создание / Фермы*.

В окне «Создание плоских ферм» выбрать вторую кнопку во втором столбце «Фермы с параллельными поясами». В открывшемся окне «Создание плоских ферм» выбрать вторую кнопку в первом столбце, после нажатия которой откроется окно для ввода параметров фермы. Ввести данные, представленные на рис. 2.4, изменив лишь значение x на 0,275 м. При создании второй фермы положить $x = 24,275$ м. Нажать кнопку «Применить».

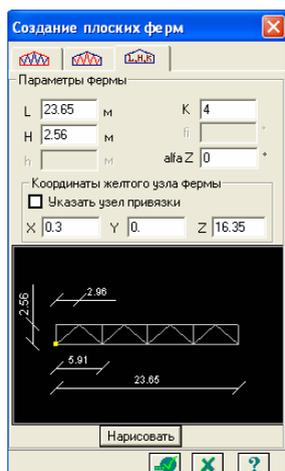


Рис. 2.4. Создание фермы покрытия

В результате на расчетной схеме поперечной рамы появляются фермы с параллельными поясами в первом и втором пролетах (прил., рис. 5).

2.2.7. Упаковать схему

Соединить узлы ферм и колонн, создав 4 элемента. Использовать инструмент «Добавить элемент» (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Схема / Корректировка / Упаковка схемы*.

После выполнения этих команд изменится нумерация узлов и элементов. Приведем схемы ферм покрытия с указанием номеров узлов (рис. 2.5), координаты которых подлежат корректировке.

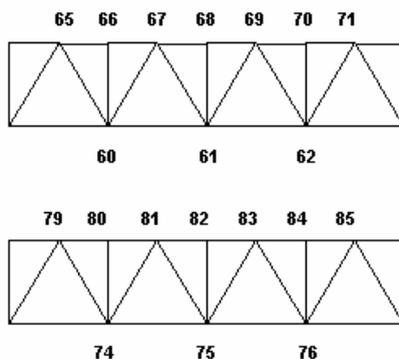


Рис. 2.5. Нумерация узлов ферм в первом и втором пролетах после «упаковки схемы»

2.2.8. Корректировать координаты узлов ферм покрытия

Произведем корректировку координат узлов ферм с учетом фактических размеров крайних панелей. Для этого воспользуемся инструментом «Информация об узле или элементе» (рис. 2.6).

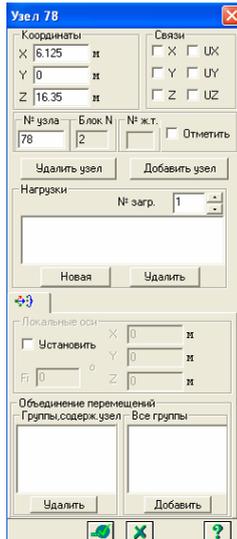


Рис. 2.6. Окно инструмента «Информация об узле или элементе»

Окно, показанное на рис. 2.6, открывается после указания на соответствующий узел или элемент курсором. Последовательно указываем на узлы с номерами, приведенными на рис. 2.5, и вносим изменения для координаты x , используя данные табл. 2.2.

Таблица 2.2

Координаты узлов ферм покрытия

№ узла	60	61	62	65	66	67	68	69	70	71
X	6.1	12.1	18.1	3.02	6.1	9.1	12.1	15.1	18.1	21.18
№ узла	74	75	76	79	80	81	82	83	84	85
X	30.1	36.1	42.1	27.02	30.1	33.1	36.1	39.1	42.1	45.18

2.2.9. Создать узлы и элементы, соответствующие подкрановым балкам.

Создать узлы с координатами, приведенными в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Координаты узлов подкрановых балок

Условный номер узла	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	0.85	0.15	0.85	0.15	0.85	23.35	24.85	23.35	24.1
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z	10.725	11.25	11.25	12.25	12.25	10.725	10.725	11.25	11.25

Условный номер узла	10	11	12	13	14	15	16	17	18
X	24.85	23.35	24.1	24.85	47.35	47.35	48.05	47.35	48.05
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z	11.25	12.25	12.25	12.25	10.725	11.25	11.25	12.25	12.25

Условный номер узла	19	20	21	22	23	24			
X	0	1.1	23.325	24.875	47.1	48.2			
Y	0	0	0	0	0	0			
Z	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20			

2.3. Создание связей

2.3.1. Выделить опорные узлы

Выбрать функцию «Выделение узлов», выполнив команды *Выбор / Отметка узлов*. Затем следует последовательно указать курсором на узлы, которые имеют номера 1–6 (табл. 2.3). При этом следует нажимать левую кнопку мыши при переходе от узла к узлу.

2.3.2. Выполнить команды *Схема / Связи*.

В открывшемся окне «Связи» отметить галочками все степени свободы, что будет свидетельствовать о наложении связей по всем направлениям возможных перемещений опорных узлов рамы.

2.4. Задание шарниров

2.4.1. Выделить элементы, соединяющие фермы и колонны (см. п. 2.2.3).

2.4.2. Задать шарниры в местах сопряжения ферм и дополнительных элементов (!), соединяющих фермы с колоннами путем выполнения команд *Жесткости / Шарниры*. Откроется окно, показанное на рис. 2.7.

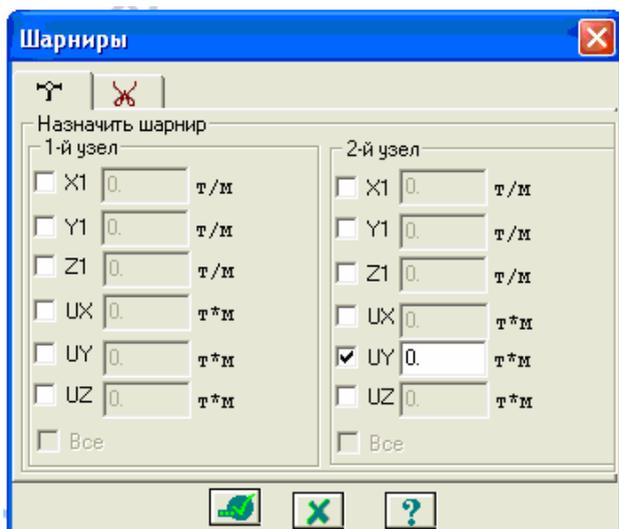


Рис. 2.7. Задание шарниров

В этом окне выбрать узел (1-й или 2-й) и задать разрешенное направление UY для него. Шарнир отобразится на экране. Если он отобразился на противоположном конце элемента, следует его удалить. Для этого необходимо открыть закладку «Удалить шарнир» и отметить галочкой для узла, из которого удаляется шарнир (1-го или 2-го), направление UY . После этого установить шарнир в нужном узле.

2.5. Создание абсолютно жестких тел

Создать абсолютно жесткие тела в местах сопряжения подкрановых ветвей колонн и их надкрановых ветвей, а также в местах опирания ферм на колонны.

2.5.1. Выполнить команды *Схема / Абсолютно жесткое тело*. Открывается окно (рис. 2.8).

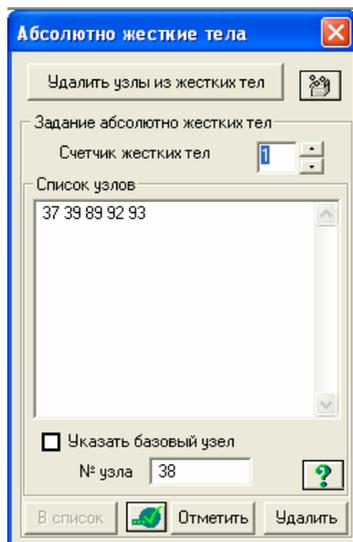


Рис. 2.8. Создание абсолютно жестких тел

2.5.2. В данном окне необходимо установить счетчик жестких тел равным 1.

2.5.3. Активизировать функцию «Отметка узлов».

Отметить на левой колонне все узлы с координатой $Z = 10,725$; 11,25 и 10,20, кроме одного, имеющего координаты $X = 0,15$ и $Z = 10,725$ (он будет базовым узлом).

2.5.4. Отметить галочкой опцию «Указать базовый узел» и отметить базовый узел.

2.5.5. Нажать на кнопку «Применить».

2.5.6. В строке «Счетчик жестких тел» изменить номер абсолютно жесткого тела на 2.

2.5.7. В состав абсолютно жесткого тела № 2 (АБЖ № 2) включить узлы средней колонны, имеющие координату $Z = 10,725; 11,25$ и $10,20$, кроме одного, имеющего координаты $X = 24,1$ и $Z = 10,725$ (он будет базовым узлом АБЖ № 2).

2.5.8. В строке «Счетчик жестких тел» изменить номер абсолютно жесткого тела на 3.

2.5.9. В состав абсолютно жесткого тела № 3 (АБЖ № 3) включить узлы правой колонны, имеющие координату $Z = 10,725; 11,25$ и $10,20$, кроме одного, имеющего координаты $X = 48,05$ и $Z = 10,725$ (он будет базовым узлом АБЖ № 3).

2.5.10. В строке «Счетчик жестких тел» изменить номер абсолютно жесткого тела на 4.

2.5.11. В состав абсолютно жесткого тела № 4 (АБЖ № 4) включить узлы элемента, соединяющего левую колонну и ферму покрытия. При этом в качестве базового узла взять узел колонны.

2.5.12. В строке «Счетчик жестких тел» изменить номер абсолютно жесткого тела на 5.

2.5.13. В состав абсолютно жесткого тела № 5 (АБЖ № 5) включить узлы элементов, соединяющих среднюю колонну и фермы покрытия. При этом в качестве базового узла взять узел колонны. Таким образом, узлы двух ферм будут рядовыми.

2.5.14. В строке «Счетчик жестких тел» изменить номер абсолютно жесткого тела на 6.

2.5.15. В состав абсолютно жесткого тела № 6 (АБЖ № 6) включить узлы элемента, соединяющего правую колонну и ферму покрытия. При этом в качестве базового узла взять узел колонны.

2.5.16. Закрывать окно «Абсолютно жесткие тела».

2.6. Задание жесткостей элементов

2.6.1. Выполнить команды *Жесткости / Жесткости элементов*. Открывается окно (рис. 2.9).

2.6.2. Нажать кнопку «Добавить». Открывается дополнительное окно, в котором следует выбрать закладку «Стандартные типы сечений». Из перечня стандартных типов сечений двойным щелчком левой кнопки мыши выбрать «Брус». Открывается окно «Задание стандартного сечения» (рис. 2.10).

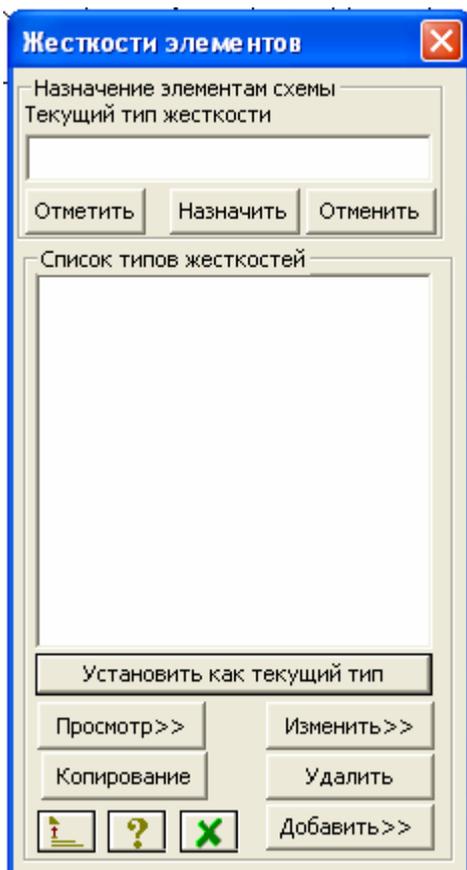


Рис. 2.9. Задание жесткостей элементов

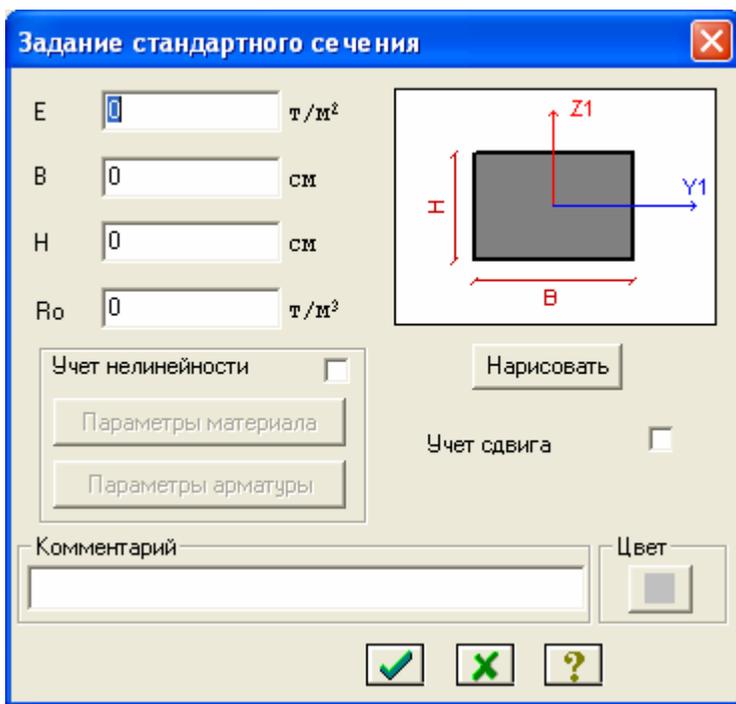


Рис. 2.10. Создание стандартного типа жесткости «Брус»

2.6.3. В окне «Задание стандартного сечения» задать значения модуля деформаций E , ширины сечения элемента B (размер сечения в направлении из плоскости рамы), высоты сечения элемента H (размер в плоскости рамы, соответствующий направлению плоскости сечения), плотности материала элемента R_o . Данные представлены в табл. 2.4. После ввода значений E , B , H , R_o , соответствующих очередному типу жесткости, следует нажать кнопку «Применить».

Таблица 2.4

Параметры типов жесткости элементов рамы

Тип жесткости	B , см	H , см	E , т/м ²	R_o , т/м ³	Группа элементов
1	50	30	3e+006	2.75	Ветви подкрановых частей крайних колонн
2	60	35	3e+006	2.75	Ветви подкрановой части средней колонны

Тип жесткости	B, см	H, см	E, т/м ²	Ro, т/м ³	Группа элементов
3	50	40	3e+006	2.75	Распорки подкрановых частей крайних колонн
4	60	40	3e+006	2.75	Распорки подкрановой части средней колонны
5	50	105	3e+006	2.75	Верхняя распорка подкрановых частей крайних колонн
6	60	105	3e+006	2.75	Верхняя распорка подкрановой части средней колонны
7	30	30	3e+006	0	Верхние пояса ферм
8	30	35	3e+006	0	Нижние пояса ферм
9	20	20	3e+006	0	Элементы решетки ферм
10	50	60	3e+006	2.75	Надкрановые части крайних колонн
11	60	70	3e+006	2.75	Надкрановая часть средней колонны
12	600	20	3e+006	0	Подкрановые балки (нагрузка от собственного веса задается явным образом)
13	40	2	2e+007	8.2425	Элементы крепления подкрановых балок к колоннам

2.6.4. Выделить группу элементов, соответствующих определенному типу жесткости.

2.6.5. В списке типов жесткостей окна «Жесткости элементов» (рис. 2.11) выделить тип 1. Нажать кнопку «Установить как текущий тип». Строка «Текущий тип жесткости» заполнится: в ней будет указан тип 1. Нажать кнопку «Назначить». Элементам группы будет присвоен тип жесткости 1. Выделение элементов группы снимется. Это явится признаком того, что операция присвоения типа жесткости 1 прошла успешно.

2.6.6. Выполнить действия по пунктам 2.6.4 и 2.6.5 еще 12 раз.

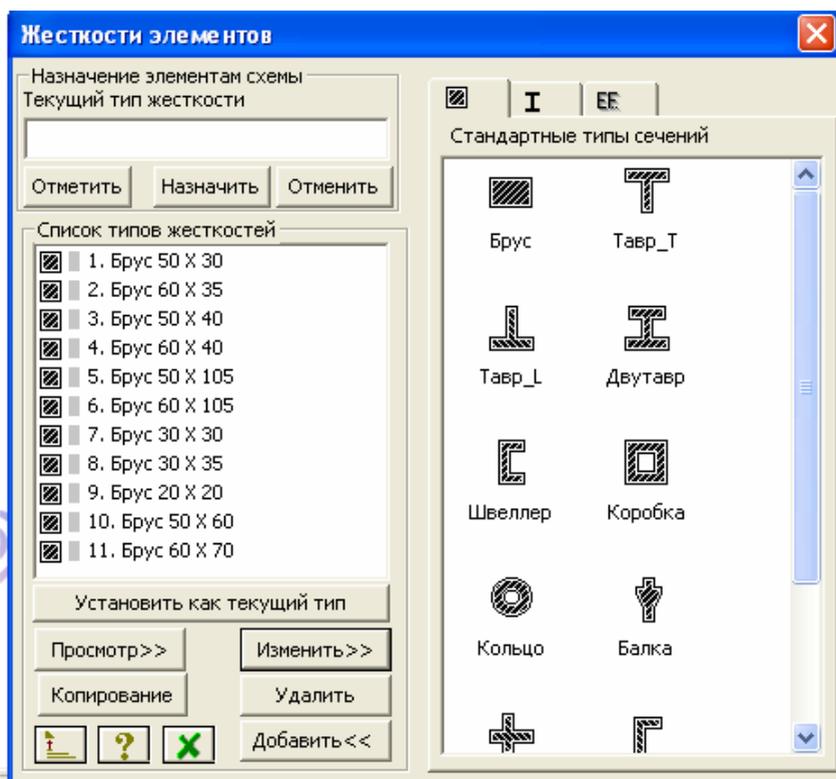


Рис. 2.11. Список типов жесткостей

2.7. Задание нагрузок

2.7.1. Выделить все элементы колонн. Для этого следует выбрать функцию «Выделение элементов», выполнив команды *Выбор / Отметка элементов*.

Затем следует последовательно указать курсором на элементы колонн или воспользоваться «резиновым окном».

2.7.2. Выполнить команды *Нагрузки / Выбор загрузки*.

Установить номер 1 в окне «Активное загрузеие» и нажать кнопку «Применить».

Выполнить команды *Нагрузки / Добавить собственный вес*.

В окне «Добавить собственный...» выбрать опцию «Собственный вес назначить на выделенные элементы», коэффициент надежности по нагрузке принять равным 1. Нажать кнопку «Применить». Выбор опции осуществляется путем указания точки в соответствующей радиокнопке.

2.7.3. Выделить все узлы верхних поясов ферм за исключением «опорных».

2.7.4. Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузки на узлы и элементы*. Откроется окно «Задание нагрузок» (рис. 2.12, окно слева).

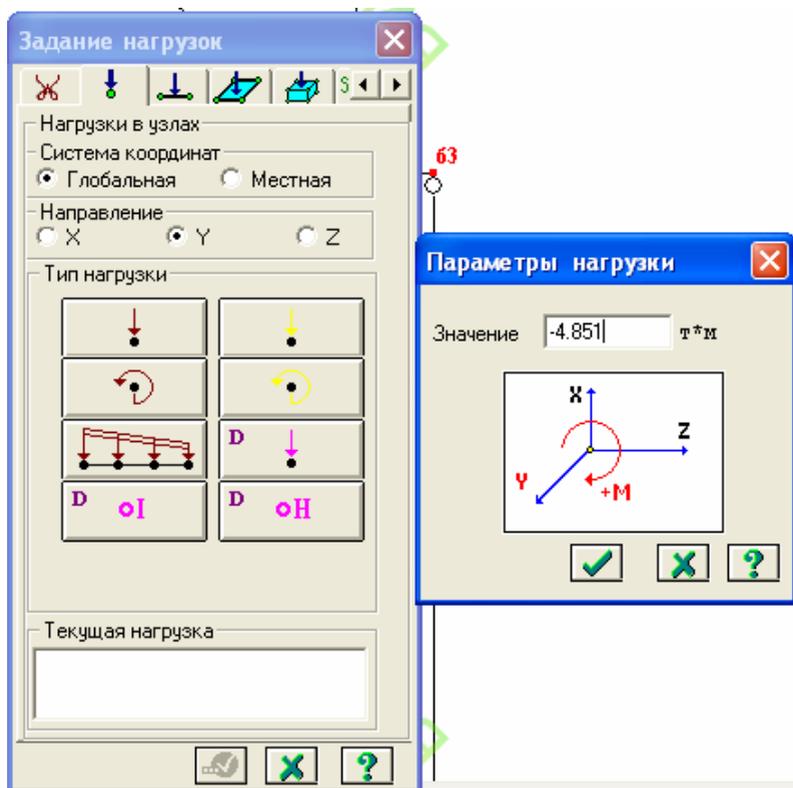


Рис. 2.12. Задание нагрузок

В этом окне следует выбрать закладку «Нагрузки в узлах» (2-я слева кнопка в верхней части окна), опцию «Глобальная», направление Z и нажать 1-ю кнопку в 1-м столбце для выбора типа нагрузки «Сосредоточенная сила».

В открывшемся окне «Параметры нагрузки» (рис. 2.12, окно справа) задать значение +8.085 т и нажать кнопку «Применить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» появится сообщение « $P = 8,085$ – Сила вдоль глобальной оси Z». Нажать кнопку «Применить».

2.7.5. Выделить «опорные» узлы верхних поясов ферм покрытия.

2.7.6. Выполнить действия в соответствии с п. 2.7.4, изменив значение нагрузки на +4.043 т.

2.7.7. Выделить узлы подкрановых балок, имеющие координаты (0.85, 0, 11.25), (23.35, 0, 11.25), (24.85, 0, 11.25), (47.35, 0, 11.25).

2.7.8. Выполнить действия в соответствии с п. 2.7.4, изменив значение нагрузки на +4.7 т.

2.7.9. Задать сосредоточенные нагрузки (силы и моменты) от собственного веса элементов стеновых ограждающих конструкций (стенных панелей и элементов остекления), используя данные табл. 2.1, в которой наряду с координатами узлов приложения нагрузок указаны значения нагрузок (с учетом знака!).

При задании сосредоточенных сил пользоваться рекомендациями, изложенными в пп. 2.7.3–2.7.4.

При задании сосредоточенных моментов пользоваться рекомендациями, изложенными в пп. 2.7.3–2.7.4, с двумя изменениями: в окне «Задание нагрузок», выбрав закладку «Нагрузки в узлах» (2-я слева кнопка в верхней части окна), опцию «Глобальная», направление Y(!), следует нажать 2-ю(!) кнопку в 1-м столбце для выбора типа нагрузки «Сосредоточенный момент».

2.7.10. Выполнить команды *Нагрузки / Выбор загрузки*.

Установить номер 2 в окне «Активное нагружение» и нажать кнопку «Применить».

2.7.11. Задать снеговую нагрузку по схеме задания нагрузки от собственного веса ферм покрытия (см. пп. 2.7.3–2.7.6). Нагрузку на «опорные» узлы принять равной 1,539 т, на все остальные узлы верхних поясов ферм покрытия – 3,078 т.

2.7.12. Выполнить команды *Нагрузки / Выбор загрузки*.

Установить номер 3 в окне «Активное загрузжение» и нажать кнопку «Применить».

2.7.13. Задать ветровую нагрузку, действующую слева направо.

Выделить элементы левой колонны, соединяющие узлы (0, 0, 0) и (0, 0, 5.6) (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*.

В открывшемся окне «Задание нагрузок» выбрать закладку «Нагрузки на стержни». Указать: Система координат – Глобальная, Направление – X. Нажать 1-ю кнопку 2-го столбца. В окне «Параметры» задать $P = -0.096$ т/м и нажать кнопку «Подтвердить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» выведется сообщение « $P = -0.096$ т/м – равномерно распределенная сила вдоль глобальной оси X». Нажать кнопку «Подтвердить».

Выделить элементы левой колонны, соединяющие узлы (0, 0, 5.6) и (0, 0, 10.725), а также элементы, соединяющие узлы (0.15, 0, 10.725) и (0.15, 0, 16.35) (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*.

В открывшемся окне «Задание нагрузок» выбрать закладку «Нагрузки на стержни». Указать: Система координат – Глобальная, Направление – X. Нажать 4-ю кнопку 2-го столбца. В окне «Неравномерная нагрузка» выбрать опцию «Вдоль оси Z» и задать $P1 = -0.096$ т/м и $P2 = -0.149$ т/м, после этого нажать кнопку «Подтвердить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» выведется сообщение « $P1 = -0.096$ т/м, $P2 = -0.149$ т/м – неравномерно распределенная нагрузка». Нажать кнопку «Подтвердить».

Выделить узел сопряжения колонны и элемента, соединяющего левую колонну и ферму покрытия (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузки на узлы и элементы*. Открывается окно «Задание нагрузок».

В этом окне следует выбрать закладку «Нагрузки в узлах» (2-я слева кнопка в верхней части окна), опцию «Глобальная», направление X и нажать 1-ю кнопку в 1-м столбце для выбора типа нагрузки «Сосредоточенная сила».

В открывшемся окне «Параметры нагрузки» (рис. 2.12, окно справа) задать значение -1.148 т и нажать кнопку «Применить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» появится сообщение « $P = -1.148$ т – Сила вдоль глобальной оси X». Нажать кнопку «Применить».

Выделить элементы правой колонны, соединяющие узлы (48.2, 0, 0) и (48.2, 0, 5.6) (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*.

В открывшемся окне «Задание нагрузок» выбрать закладку «Нагрузки на стержни». Указать: Система координат – Глобальная, Направление – X. Нажать 1-ю кнопку 2-го столбца. В окне «Параметры» задать $P = -0.072$ т/м и нажать кнопку «Подтвердить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» выведется сообщение « $P = -0.072$ т/м – равномерно распределенная сила вдоль глобальной оси X». Нажать кнопку «Подтвердить».

Выделить элементы левой колонны, соединяющие узлы (48.2, 0, 5.6) и (48.2, 0, 10.725), а также элементы, соединяющие узлы (48.05, 0, 10.725) и (48.05, 0, 16.35) (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*.

В открывшемся окне «Задание нагрузок» выбрать закладку «Нагрузки на стержни». Указать: Система координат – Глобальная, Направление – X. Нажать 4-ю кнопку 2-го столбца. В окне «Неравномерная нагрузка» выбрать опцию «Вдоль оси Z» и задать $P1 = -0.075$ т/м и $P2 = -0.111$ т/м, после этого нажать кнопку «Подтвердить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» выведется сообщение « $P1 = -0.075$ т/м, $P2 = -0.111$ т/м – неравномерно распределенная нагрузка». Нажать кнопку «Подтвердить».

2.7.14. Выполнить команды *Нагрузки / Выбор загрузки*.

Установить номер 4 в окне «Активное загрузение» и нажать кнопку «Применить».

2.7.15. Задать ветровую нагрузку, действующую справа налево.

Выделить элементы левой колонны, соединяющие узлы (0, 0, 0) и (0, 0, 5.6) (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*.

В открывшемся окне «Задание нагрузок» выбрать закладку «Нагрузки на стержни». Указать: Система координат – Глобальная, Направление – X. Нажать 1-ю кнопку 2-го столбца. В окне «Параметры» задать $P = +0.072$ т/м и нажать кнопку «Подтвердить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» выведется сообщение « $P = +0.072$ т/м – равномерно распределенная сила вдоль глобальной оси X». Нажать кнопку «Подтвердить».

Выделить элементы левой колонны, соединяющие узлы (0, 0, 5.6) и (0, 0, 10.725), а также элементы, соединяющие узлы (0.15, 0, 10.725) и (0.15, 0, 16.35) (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*.

В открывшемся окне «Задание нагрузок» выбрать закладку «Нагрузки на стержни». Указать: Система координат – Глобальная, Направление – X. Нажать 4-ю кнопку 2-го столбца. В окне «Неравномерная нагрузка» выбрать опцию «Вдоль оси Z» и задать $P1 = +0.072$ т/м и $P2 = +0.111$ т/м, после этого нажать кнопку «Подтвердить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» выведется сообщение « $P1 = +0.072$ т/м, $P2 = +0.111$ т/м – неравномерно распределенная нагрузка». Нажать кнопку «Подтвердить».

Выделить элементы правой колонны, соединяющие узлы (48.2, 0, 0) и (48.2, 0, 5.6) (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*.

В открывшемся окне «Задание нагрузок» выбрать закладку «Нагрузки на стержни». Указать: Система координат – Глобальная, Направление – X. Нажать 1-ю кнопку 2-го столбца. В окне «Параметры»

задать $P = +0.096$ т/м и нажать кнопку «Подтвердить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» выведется сообщение « $P = +0.096$ т/м – равномерно распределенная сила вдоль глобальной оси X». Нажать кнопку «Подтвердить».

Выделить элементы левой колонны, соединяющие узлы (48.2, 0, 5.6) и (48.2, 0, 10.725), а также элементы, соединяющие узлы (48.05, 0, 10.725) и (48.05, 0, 16.35) (см. п. 2.2.4).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*.

В открывшемся окне «Задание нагрузок» выбрать закладку «Нагрузки на стержни». Указать: Система координат – Глобальная, Направление – X. Нажать 4-ю кнопку 2-го столбца. В окне «Неравномерная нагрузка» выбрать опцию «Вдоль оси Z» и задать $P1 = +0.096$ т/м и $P2 = +0.149$ т/м, после этого нажать кнопку «Подтвердить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» выведется сообщение « $P1=+0.096$ т/м, $P2 = +0.149$ т/м – неравномерно распределенная нагрузка». Нажать кнопку «Подтвердить».

2.7.16. Выполнить команды *Нагрузки / Выбор загрузки*.

Установить номер 5 в окне «Активное загрузеие» и нажать кнопку «Применить».

2.7.17. Задать вертикальную крановую нагрузку в левом пролете: максимальную – на левую колонну, минимальную – на правую колонну.

Выделить узел (0.85, 0, 12.65).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*. Откроется окно «Задание нагрузок».

В этом окне следует выбрать закладку «Нагрузки в узлах» (2-я слева кнопка в верхней части окна), опцию «Глобальная», направление Z и нажать 1-ю кнопку в 1-м столбце для выбора типа нагрузки «Сосредоточенная сила».

В открывшемся окне «Параметры нагрузки» задать значение +54.6 т и нажать кнопку «Применить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» появится сообщение « $P = +54.6$ т – Сила вдоль глобальной оси X». Нажать кнопку «Применить».

Выделить узел (23.35, 0, 12.65).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*. Откроется окно «Задание нагрузок».

В этом окне следует выбрать закладку «Нагрузки в узлах» (2-я слева кнопка в верхней части окна), опцию «Глобальная», направление *Z* и нажать 1-ю кнопку в 1-м столбце для выбора типа нагрузки «Сосредоточенная сила».

В открывшемся окне «Параметры нагрузки» задать значение +16.38 т и нажать кнопку «Применить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» появится сообщение « $P = +16.38 \text{ т}$ – Сила вдоль глобальной оси *X*». Нажать кнопку «Применить».

2.7.18. Выполнить команды *Нагрузки / Выбор загрузки*.

Установить номер 6 в окне «Активное загрузеение» и нажать кнопку «Применить».

2.7.19. Задать вертикальную крановую нагрузку в левом пролете: максимальную – на правую колонну, минимальную – на левую колонну.

Выделить узел (0.85, 0, 12.65).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*. Откроется окно «Задание нагрузок».

В этом окне следует выбрать закладку «Нагрузки в узлах» (2-я слева кнопка в верхней части окна), опцию «Глобальная», направление *Z* и нажать 1-ю кнопку в 1-м столбце для выбора типа нагрузки «Сосредоточенная сила».

В открывшемся окне «Параметры нагрузки» задать значение +16.38 т и нажать кнопку «Применить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» появится сообщение « $P = +16.38 \text{ т}$ – Сила вдоль глобальной оси *Z*». Нажать кнопку «Применить».

Выделить узел (23.35, 0, 12.65).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*. Откроется окно «Задание нагрузок».

В этом окне следует выбрать закладку «Нагрузки в узлах» (2-я слева кнопка в верхней части окна), опцию «Глобальная», направление *Z* и

нажать 1-ю кнопку в 1-м столбце для выбора типа нагрузки «Сосредоточенная сила».

В открывшемся окне «Параметры нагрузки» задать значение +54.60 т и нажать кнопку «Применить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» появится сообщение « $P = +54.60 \text{ т}$ – Сила вдоль глобальной оси Z ». Нажать кнопку «Применить».

2.7.20. Выполнить команды *Нагрузки / Выбор загрузки*.

Установить номер 7 в окне «Активное загрузеие» и нажать кнопку «Применить».

2.7.21. Задать горизонтальную крановую нагрузку, приложенную к крайней колонне левого пролета.

Выделить узел (0.85, 0, 12.65).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*. Откроется окно «Задание нагрузок».

В этом окне следует выбрать закладку «Нагрузки в узлах» (2-я слева кнопка в верхней части окна), опцию «Глобальная», направление X и нажать 1-ю кнопку в 1-м столбце для выбора типа нагрузки «Сосредоточенная сила».

В открывшемся окне «Параметры нагрузки» задать значение +1.819 т и нажать кнопку «Применить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» появится сообщение « $P = +1.819 \text{ т}$ – Сила вдоль глобальной оси X ». Нажать кнопку «Применить».

2.7.22. Выполнить команды *Нагрузки / Выбор загрузки*.

Установить номер 8 в окне «Активное загрузеие» и нажать кнопку «Применить».

2.7.23. Задать горизонтальную крановую нагрузку, приложенную к средней колонне слева направо.

Выделить узел (23.35, 0, 12.65).

Выполнить команды *Нагрузки / Нагрузка на узлы и элементы*. Откроется окно «Задание нагрузок».

В этом окне следует выбрать закладку «Нагрузки в узлах» (2-я слева кнопка в верхней части окна), опцию «Глобальная», направление X и нажать 1-ю кнопку в 1-м столбце для выбора типа нагрузки «Сосредоточенная сила».

В открывшемся окне «Параметры нагрузки» задать значение -1.819 т и нажать кнопку «Применить». В окне «Задание нагрузок» в области «Текущая нагрузка» появится сообщение « $P = -1.819 \text{ т}$ – Сила вдоль глобальной оси X». Нажать кнопку «Применить».

2.8. Создание таблицы расчетных сочетаний

Выполнить команды *Нагрузки / РСУ / Генерация таблицы РСУ*.

В открывшемся окне «Расчетные сочетания усилий» установить **Номер загрузки** - 1 и **Вид загрузки** – Постоянное. Заполнить поля окна в соответствии с рис.2.13,а. Нажать кнопку «Подтвердить».

Номер загрузки увеличится на 1.

Выполнить указанные действия для всех 8 загрузок, заполняя поля окна «Расчетные сочетания усилий» так, как показано на рис. 2.13,б-з.

Нажать кнопку «Закреть». Таблица РСУ будет создана.

Расчетные сочетания усилий

Номер загрузки: 3 Подтвердить Закрыть
 Название загрузки: Загрузка 3 По умолчанию Отменить
 Вид загрузки: Кратковременное (2) Справка

Категория: Кратковременное (2) Коэффициенты для РСУ

1	2	3	NN столбцов	коэф. РСУ
1	1,00	1,00	1,00	0,90
2	1,00	0,95	0,80	0,80
3	>	1,00	0,90	0,50
4	1,00	0,90	0,90	0,50
5	1,00	1,00	0,90	0,00

Учитывать знак определенности: 1-е ос. 2-е ос. Осло-
 NN группы объединяемых групп взаимноисключающих загрузок бое
 временных загрузок ния сочетания сочетания

Коэффициент надежности: 1.20 Доля длительности: 0.35

Ограничения для кранов и тормозов: Кран 2 Тормоз 1

Сводная таблица для вычисления РСУ:
 N назв. Параметры РСУ Коэффициенты РСУ

1	< 0 0 0 0 0 0 1 10 1 0 0 0 < 1 0 0 0 < 1 0 0 0 > < 0 9 0 0 >
2	< 1 0 0 0 0 0 0 1 20 1 0 0 0 < 1 0 0 0 < 0 9 5 > < 0 8 0 0 >
3	< 2 0 0 4 0 0 0 1 20 0 3 5 < 1 0 0 0 < 0 9 0 > < 0 5 0 >
4	< 2 0 0 3 0 0 0 1 20 0 3 5 < 1 0 0 0 < 0 9 0 > < 0 5 0 >
5	< 3 0 0 6 0 0 0 1 10 0 6 0 < 1 0 0 0 < 0 9 0 > < 0 0 0 >
6	< 3 0 0 6 0 0 0 1 10 0 6 0 < 1 0 0 0 < 0 9 0 > < 0 0 0 >

Расчетные сочетания усилий

Номер загрузки: 4 Подтвердить Закрыть
 Название загрузки: Загрузка 4 По умолчанию Отменить
 Вид загрузки: Кратковременное (2) Справка

Категория: Кратковременное (2) Коэффициенты для РСУ

1	2	3	NN столбцов	коэф. РСУ
1	1,00	1,00	1,00	0,90
2	1,00	0,95	0,80	0,80
3	1,00	0,90	0,90	0,50
4	>	1,00	0,90	0,50
5	1,00	1,00	0,90	0,00

Учитывать знак определенности: 1-е ос. 2-е ос. Осло-
 NN группы объединяемых групп взаимноисключающих загрузок бое
 временных загрузок ния сочетания сочетания

Коэффициент надежности: 1.20 Доля длительности: 0.35

Ограничения для кранов и тормозов: Кран 2 Тормоз 1

Сводная таблица для вычисления РСУ:
 N назв. Параметры РСУ Коэффициенты РСУ

1	< 0 0 0 0 0 0 0 1 10 1 0 0 0 < 1 0 0 0 < 1 0 0 0 > < 0 9 0 0 >
2	< 1 0 0 0 0 0 0 1 20 1 0 0 0 < 1 0 0 0 < 0 9 5 > < 0 8 0 0 >
3	< 2 0 0 4 0 0 0 1 20 0 3 5 < 1 0 0 0 < 0 9 0 > < 0 5 0 >
4	< 2 0 0 3 0 0 0 1 20 0 3 5 < 1 0 0 0 < 0 9 0 > < 0 5 0 >
5	< 3 0 0 6 0 0 0 1 10 0 6 0 < 1 0 0 0 < 0 9 0 > < 0 0 0 >
6	< 3 0 0 6 0 0 0 1 10 0 6 0 < 1 0 0 0 < 0 9 0 > < 0 0 0 >

6

2

Рис. 2.13. Продолжение

Расчетные сочетания усилий

Номер загрузки: 5 | Подтвердить | Закрыть
 Название загрузки: Загрузка 5 | По умолчанию | Отменить
 Вид загрузки: Крановое (3) | Справка

NN группы объединяемых временных загрузок
 Учитывать знакпереносности
 NN группы взаимоклещающих загрузок
 NN соответствующих загрузок

Крановое: 0

Коэффициенты для РСУ

1	2	3	1-е ос-ние	2-е ос-ние	Особое сочетание
1	1,00	1,00	0,90	0,90	0,50
2	1,00	0,95	0,80	0,50	0,00
3	1,00	0,90	0,50	0,50	0,50
4	1,00	0,90	0,50	0,50	0,00
5	1,00	1,00	0,90	0,90	0,00

Коэффициент надежности: 1,10

Доля длительности: 0,60

Ограничения для кранов и тормозов

Кран: 2 | Тормоз: 1

Сводная таблица для вычисления РСУ:

Н назв. | Параметры РСУ

1	2	3	4	5	6
< 0	< 0	< 0	< 0	< 1,10	< 1,00
< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 0,95	< 0,80	< 0,50
< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 1,00	< 0,90	< 0,50
< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 1,00	< 0,90	< 0,50
< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 1,00	< 0,90	< 0,50
< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 1,00	< 0,90	< 0,50
< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 1,00	< 0,90	< 0,50
< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 1,00	< 0,90	< 0,50
< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 1,00	< 0,90	< 0,50
< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 1,00	< 0,90	< 0,50

д

Расчетные сочетания усилий

Номер загрузки: 6 | Подтвердить | Закрыть
 Название загрузки: Загрузка 6 | По умолчанию | Отменить
 Вид загрузки: Крановое (3) | Справка

NN группы объединяемых временных загрузок
 Учитывать знакпереносности
 NN группы взаимоклещающих загрузок
 NN соответствующих загрузок

Крановое: 0

Коэффициенты для РСУ

1	2	3	1-е ос-ние	2-е ос-ние	Особое сочетание
1	1,00	1,00	0,90	0,90	0,50
4	1,00	0,90	0,90	0,00	0,00
5	1,00	0,90	0,90	0,00	0,00
6	1,00	0,90	0,90	0,00	0,00
7	1,00	0,90	0,90	0,00	0,00
8	1,00	0,90	0,90	0,00	0,00

Коэффициент надежности: 1,10

Доля длительности: 0,60

Ограничения для кранов и тормозов

Кран: 2 | Тормоз: 1

Сводная таблица для вычисления РСУ:

Н назв. | Параметры РСУ

3	4	5	6	7	8
< 2	< 0	< 0	< 1,20	< 0,35	< 1,00
< 2	< 0	< 0	< 1,20	< 0,35	< 1,00
< 2	< 0	< 0	< 1,20	< 0,35	< 1,00
< 3	< 0	< 0	< 1,00	< 0,60	< 1,00
< 3	< 0	< 0	< 1,00	< 0,60	< 1,00
< 3	< 0	< 0	< 1,00	< 0,60	< 1,00
< 4	< 0	< 0	< 1,00	< 0,60	< 1,00
< 4	< 0	< 0	< 1,00	< 0,60	< 1,00
< 4	< 0	< 0	< 1,00	< 0,60	< 1,00
< 4	< 0	< 0	< 1,00	< 0,60	< 1,00

е

Рис. 2.13. Продолжение

Расчетные сочетания усилий

Номер загрузки: 7 Подтвердить Закрыть
 Название загрузки: Загрузка 7 По умолчанию Отменить
 Вид загрузки: Торное (4) Справка

Кoeffициенты для РСУ

N группы обобщенных временных нагрузок
 Учитывать знакпереносимости
 N группы взаимоклима-ющих нагрузок
 NN соответствующих нагрузок

1 2 3 NN столбов коэф. РСУ
 N за- 1-е ос- 2-е ос- Ос-
 груж- ное но- бо-
 ния со- ета со-е-
 ние ние
 4 1,00 0,90 0,90 0,90
 5 1,00 0,90 0,00 0,00
 6 1,00 0,90 0,00 0,00
 7 -> 1,00 0,90 0,00 0,00
 8 1,00 0,90 0,00 0,00

Коэффициент надежности: 1,10
 Доля длительности: 0,00
 Ограничения для кранов и торнмозв:

Кран: 2 Торнос: 1

Сводная таблица для вычисления РСУ:
 N назв. Параметры РСУ Коэффициенты РСУ

3	< 2,0 0,4 0,0 0,1 20,0 35 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,50 >
4	< 2,0 0,3 0,0 0,1 20,0 35 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,50 >
5	< 3,0 0,6 0,0 0,1 10,0 60 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,00 >
6	< 3,0 0,5 0,0 0,1 10,0 60 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,00 >
7	< 4,0 0,8 0,0 0,5 6, 1,10 0,0 0 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,00 >
8	< 4,0 0,7 0,0 0,5 6, 1,10 0,0 0 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,00 >

Расчетные сочетания усилий

Номер загрузки: 8 Подтвердить Закрыть
 Название загрузки: Загрузка 8 По умолчанию Отменить
 Вид загрузки: Торное (4) Справка

Кoeffициенты для РСУ

N группы обобщенных временных нагрузок
 Учитывать знакпереносимости
 N группы взаимоклима-ющих нагрузок
 NN соответствующих нагрузок

1 2 3 NN столбов коэф. РСУ
 N за- 1-е ос- 2-е ос- Ос-
 груж- ное но- бо-
 ния со- ета со-е-
 ние ние
 4 1,00 0,90 0,90 0,90
 5 1,00 0,90 0,00 0,00
 6 1,00 0,90 0,00 0,00
 7 1,00 0,90 0,00 0,00
 8 -> 1,00 0,90 0,00 0,00

Коэффициент надежности: 1,10
 Доля длительности: 0,00
 Ограничения для кранов и торнмозв:

Кран: 2 Торнос: 1

Сводная таблица для вычисления РСУ:
 N назв. Параметры РСУ Коэффициенты РСУ

4	< 2,0 0,3 0,0 0,1 20,0 35 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,50 >
5	< 2,0 0,3 0,0 0,1 20,0 35 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,00 >
6	< 3,0 0,5 0,0 0,1 10,0 60 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,00 >
7	< 4,0 0,8 0,0 0,5 6, 1,10 0,0 0 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,00 >
8	< 4,0 0,7 0,0 0,5 6, 1,10 0,0 0 >	< 1,00 >	< 0,90 >	< 0,00 >

Ж

3

Рис. 2.13. Окончание

Библиографический список

1. Свод правил СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Введ. 2011-05-20. – М. : Минрегион России, 2010. – 80 с.
2. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций : учеб. пособие / Ю.В. Верюжский [и др.]. – Киев : Книжное изд-во НАУ, 2006. – 808 с.

112	113	114	115	116	117	118	119
7	14	21	28	35	42	49	56
104	105	106	107	108	109	110	111
6	13	20	27	34	41	48	55
96	97	98	99	100	101	102	103
5	12	19	26	33	40	47	54
88	89	90	91	92	93	94	95
4	11	18	25	32	39	46	53
80	81	82	83	84	85	86	87
3	10	17	24	31	38	45	52
72	73	74	75	76	77	78	79
2	9	16	23	30	37	44	51
64	65	66	67	68	69	70	71
1	8	15	22	29	36	43	50
							57

Рис. 1. Номера элементов поперечной рамы

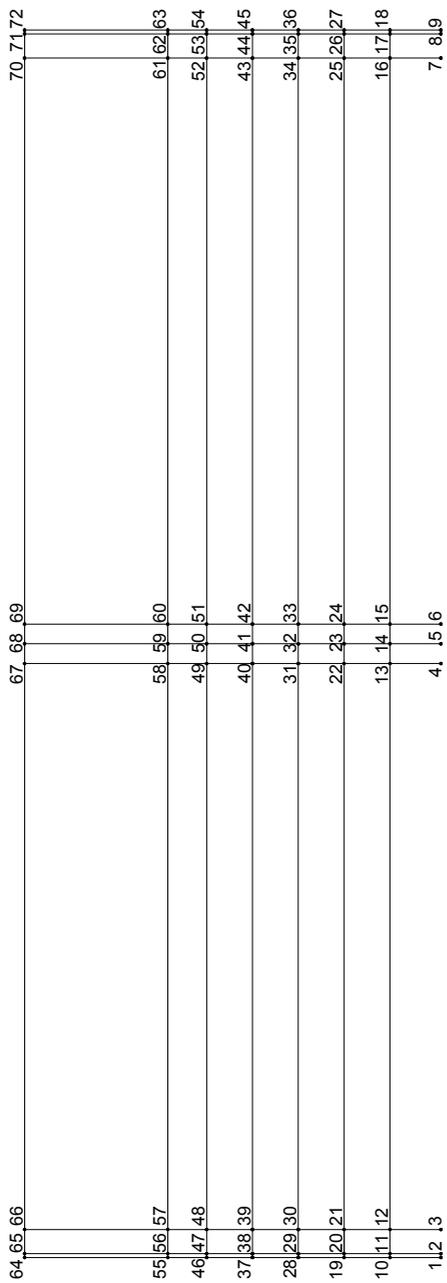


Рис. 1а. Номера узлов поперечной рамы

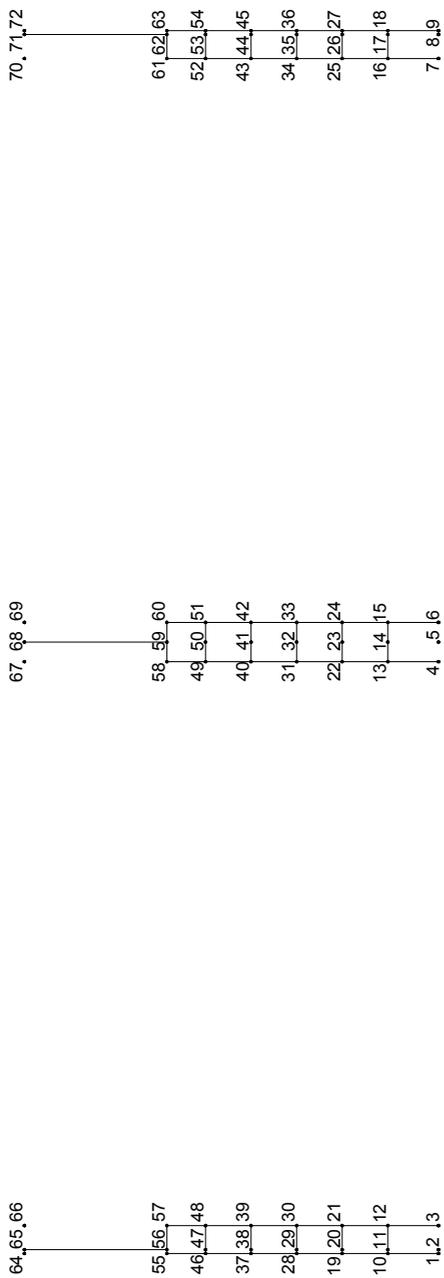


Рис. 2. Поперечная рама после удаления лишних элементов с указанием номеров узлов

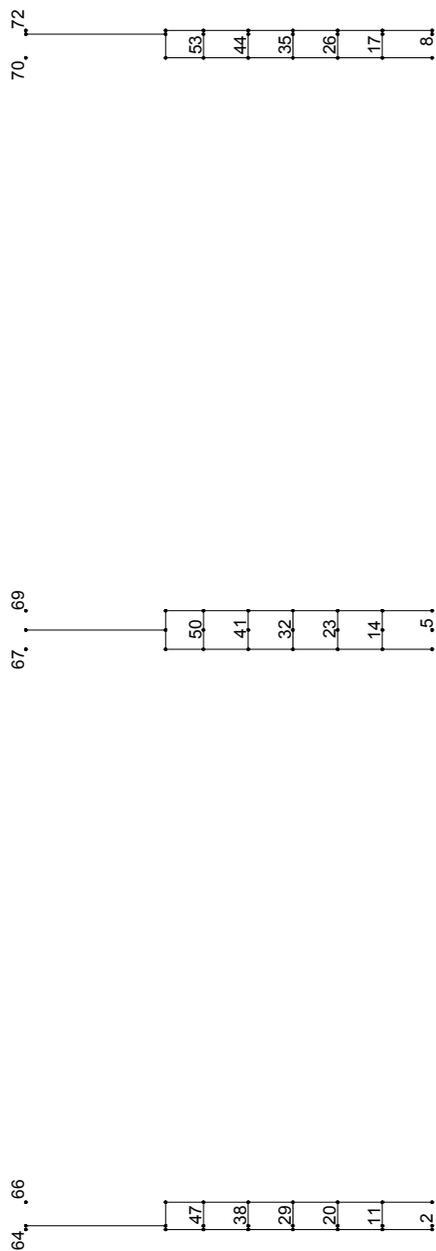


Рис. 3. Поперечная рама с указанием узлов, подлежащих удалению

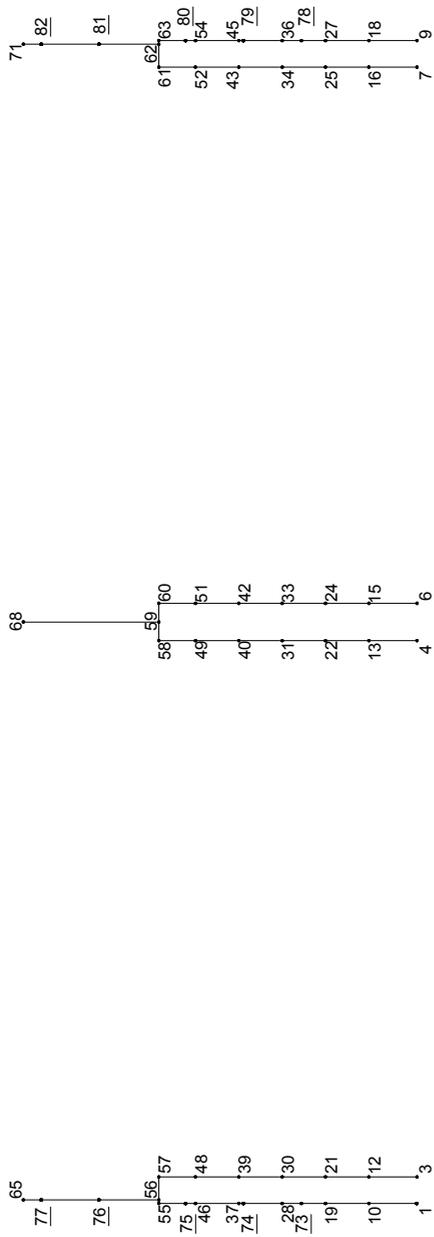


Рис. 4. Поперечная рама после добавления узлов: 1, 3, 4 и т. д. — ранее созданные узлы; 73, 74, 75 и т. д. — вновь созданные узлы

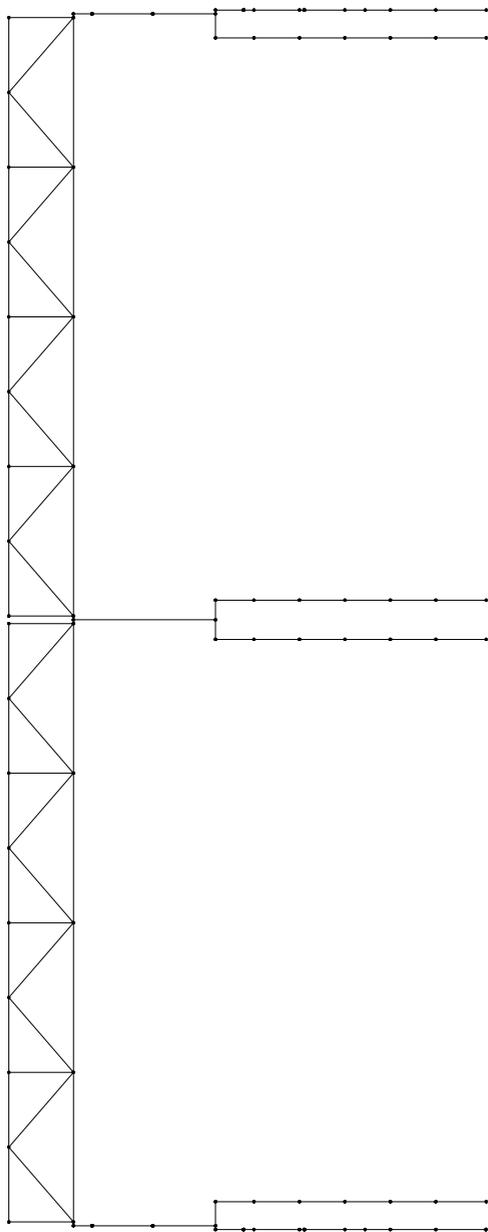


Рис. 5. Поперечная рама после добавления ферм покрытия

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Данные для расчета.....	4
Раздел 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПОПЕРЕЧНУЮ РАМУ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ РАМЫ.....	5
1.1. Компоновка конструктивной схемы.....	5
1.2. Принципы построения расчетной схемы поперечной рамы.....	5
1.3. Определение нагрузок.....	13
1.4. Определение расчетных сочетаний усилий.....	25
Раздел 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ЛИРА».....	28
2.1. Создание новой задачи.....	28
2.2. Создание геометрии рамы.....	28
2.3. Создание связей.....	34
2.4. Задание шарниров.....	35
2.5. Создание абсолютно жестких тел.....	36
2.6. Задание жесткостей элементов.....	38
2.7. Задание нагрузок.....	41
2.8. Создание таблицы расчетных сочетаний.....	50
Библиографический список.....	55
Приложение.....	56

Учебное издание

Тошин Дмитрий Сергеевич

Булгаков Виктор Иванович

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ
ПОПЕРЕЧНОЙ РАМЫ ОДНОЭТАЖНОГО
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Т.Д. Савенкова*

Техническое редактирование и вёрстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 22.05.2013. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 3,66.

Тираж 50 экз. Заказ № 1-35-13.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

