

Практическое занятие № 11 на тему:

Обеспечение пространственной жесткости плоских деревянных конструкций в зданиях и сооружениях

Пространственная неизменяемость и жесткость конструкций в зданиях и сооружениях достигается постановкой связей в покрытии и связей между колоннами каркаса в продольном направлении. Объединенные связями плоскостные КДиП в составе зданий и сооружений образуют сложную пространственную систему, которая должна воспринимать нагрузки, действующие на нее в любом направлении, в том числе давление ветра, нагрузку от подвесного и другого оборудования, предотвращать потерю устойчивости сжатых элементов и т.п.

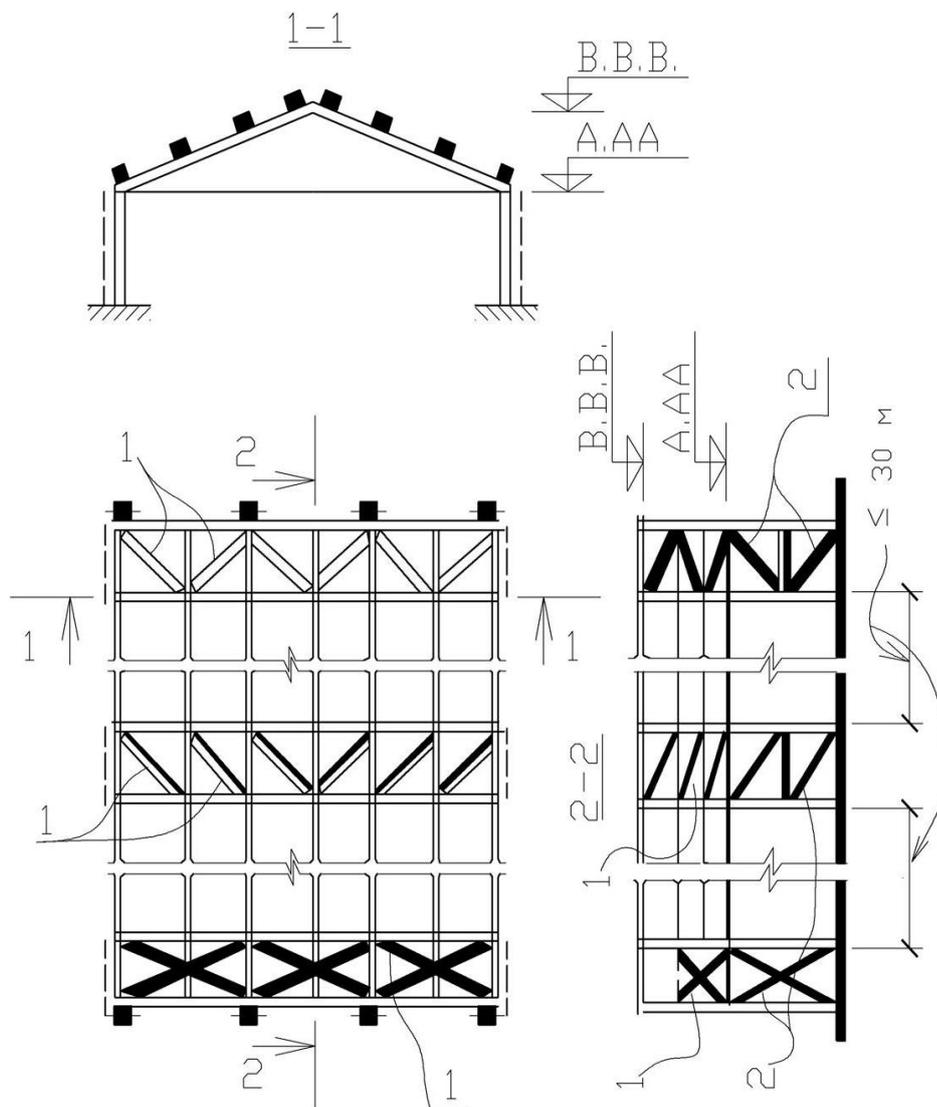


Рис. 1. Схема каркаса здания со стойками и ригелем: 1 – горизонтальные связи в покрытии; 2 – вертикальные связи по колоннам

В задачи пространственного крепления КДиП в составе зданий входит обеспечение неизменяемости покрытия и каркаса несущих стен. Связи в покрытии называют горизонтальными, связи по колоннам и стойкам шпренгельных конструкций - вертикальными (см. рис.1, 2.).

Связи в покрытии должны обеспечивать устойчивость несущих конструкций и их элементов, а также восприятие передающихся через фахверковые колонны горизонтальных нагрузок от ветрового напора на торцовые самонесущие стены. При наличии в здании подвешено-подъемно-транспортного оборудования продольные инерционные силы торможения должны быть также восприняты связями покрытия.

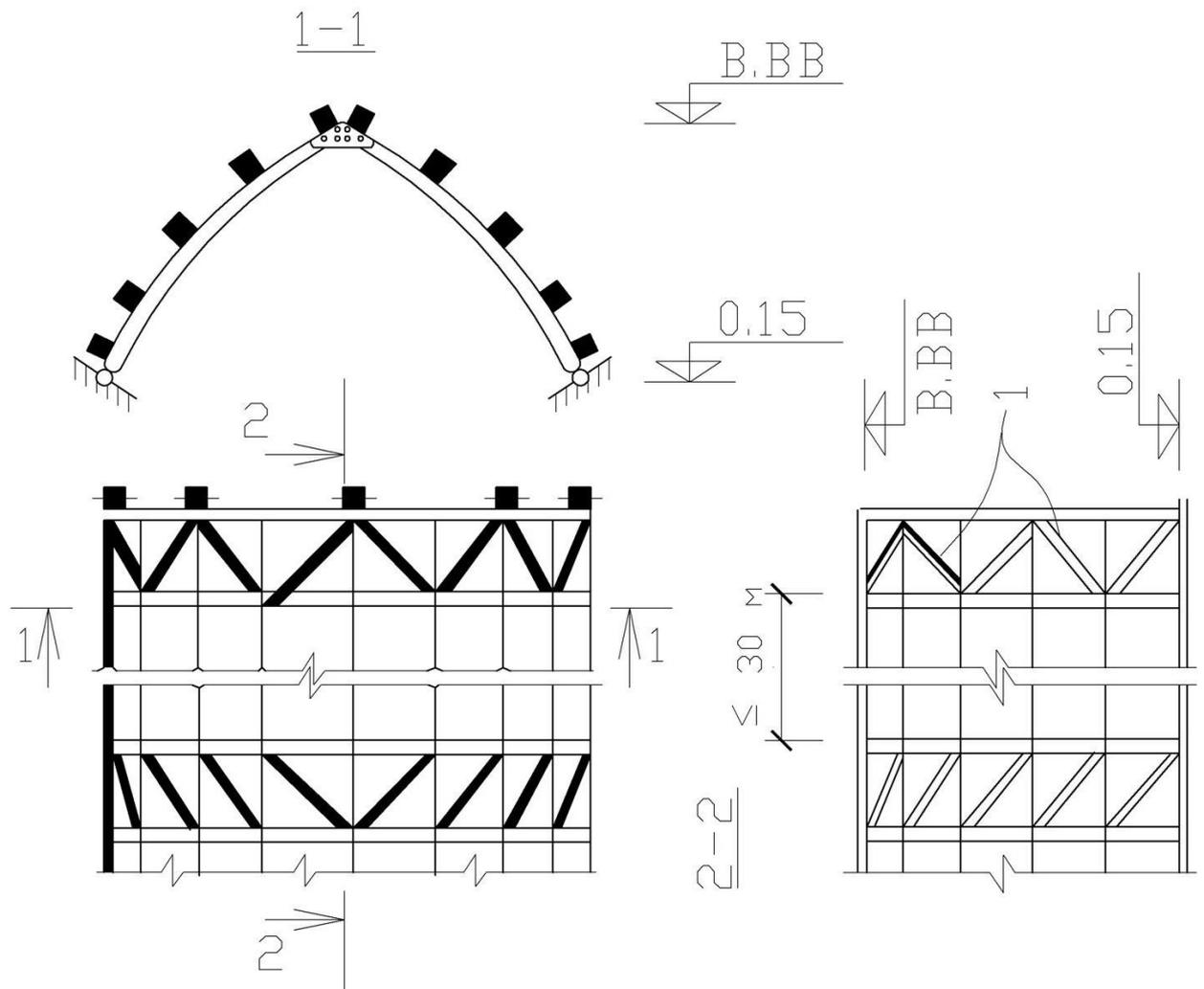


Рис. 2. Схема каркаса здания на основе трехарочной арки: 1 – горизонтальные связи в покрытии.

Связи подразделяют на продольные и поперечные. Продольными связями в покрытии могут служить прогоны или продольные ребра плит покрытия. Поперечные связи в покрытии устанавливают в плоскости верхних граней стропильных конструкций. Конструктивная схема поперечных связей, характер их работы и материал определяются шагом расстановки несущих конструкций и длиной связевого элемента (рис.3).

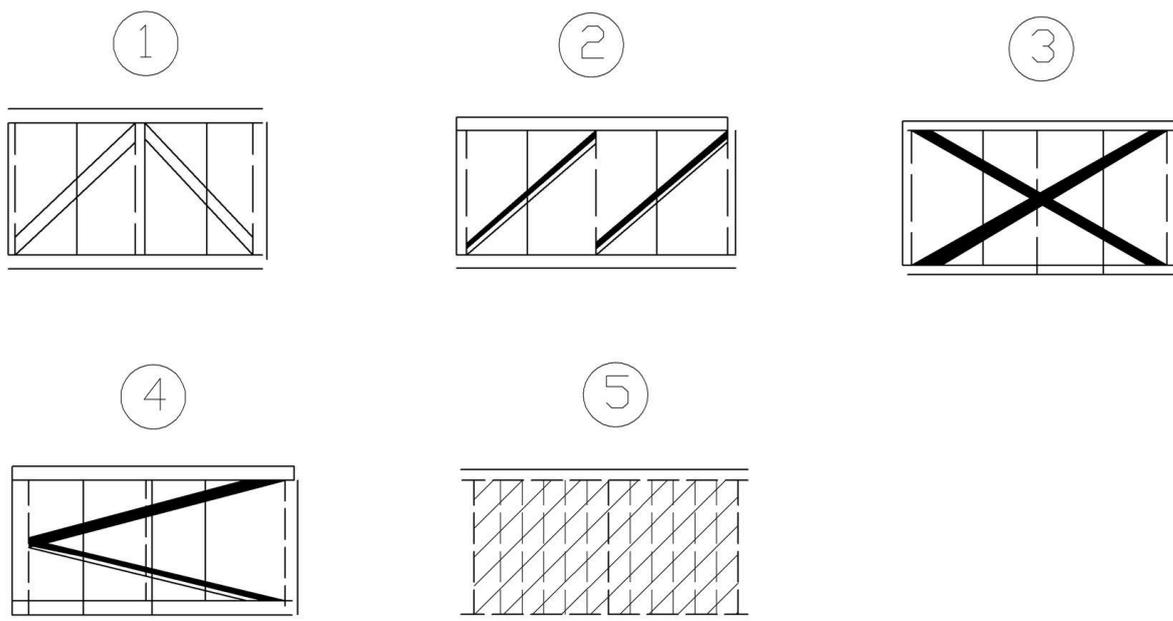


Рис. 3. Схемы связей. 1 – 3 при шире конструкций до 4,5 м, 3-5 – при шаге конструкций 6 м: 1 – треугольные ; 2 – подкосные; 3 – крестовые; 4- порталного типа; 5 – перекрестный настил из досок.

При шаге конструкций не более 4,5 м и длине связевых элементов не более 6 м следует применять деревянные связи, передающие сжимающие усилия (схемы 1 и 2), в остальных случаях - металлические, работающие на растяжение (сх. 3) или деревянные порталного типа (сх. 4). Так же возможно объединение соседних конструкций перекрестным дощатым настилом (схема 5), который устанавливается на гвоздях по прогонам и создает жесткий диск. Продольные и поперечные связи вместе с поясами несущих конструкций покрытия образуют поперечные связевые фермы, которые располагают в торцах здания, а также в промежуточных секциях на расстоянии друг от друга не более 30 м. В тех же секциях располагают вертикальные связи по колоннам.

Включение ограждающих конструкций - клефанерных плит в работу совместно с несущими конструкциями, т.е. не только как продольных элементов связей, но и как составных частей элементов жесткости, применяется при создании пространственных конструкций. При этом совместная работа каркаса и клефанерных плит покрытия обеспечивается конструкцией соединений плиты с дощатоклееными элементами покрытия с восприятием усилий, возникающих в сопряжениях плит со стропильными конструкциями. Так же следует зачеканивать зазоры между плитой и стропильной конструкцией полимерцементным раствором.

Горизонтальные нагрузки, действующие вдоль здания, воспринимает система связей, установленных в покрытии и по колоннам. Горизонтальные нагрузки, действующие в направлении поперечной рамы здания, воспринимают колонны, имеющие жесткую заделку в фундаменте (разрез 1-1 на рис.1), или несущие конструкции в виде арок или рам, непосредственно опирающихся на фундамент (рис.2). Положение стоек торцевого фахверка, на которых крепится стеновое ограждение, должно совпадать с положением узлов фермы горизонтальных связей.

Связевая система покрытия образуется из поперечных связевых ферм - горизонтальных связей в плоскости верхних граней стропильных конструкций, вертикальных связей между ними и продольных элементов, работающих на растяжение или сжатие (рис. 1)

Поперечные связевые фермы располагаются по торцевым секциям здания или во второй от торца секции и по промежуточным секциям не реже чем через 30 м. Вертикальные связи между колоннами. располагаются в тех же секциях.

В качестве поясов поперечных связевых ферм следует использовать верхние пояса стропильных конструкций или всё сечение деревянных элементов плоскостных сплошных конструкций. Высота поперечных связевых ферм соответствует шагу стропильных конструкций.

В плоскости кровли роль продольных элементов связей, соединяющих элементы жесткости и стропильные конструкции, обычно выполняют прогоны или продольные ребра плит.

Основные положения и пример расчета связевых ферм рассматривается в Пособии по проектированию деревянных конструкций /1/. Усилия в связевых фермах, обеспечивающих пространственную жесткость зданий и сооружений, определяются из расчета на действие горизонтальной нагрузки, направленной вдоль здания, и вертикальной нагрузки на покрытие с учетом начальных отклонений формы и положения плоскостных несущих конструкций от проектных. К таким отклонениям относятся погибь из плоскости наибольшей жесткости и отклонение поперечных сечений от вертикали. В процессе деформирования под нагрузкой величины этих отклонений изменяются. Их окончательные значения не должны превышать величин, регламентируемых нормами на производство и приемку работ.

Допускается при расчете заменять несущие конструкции как элементы системы покрытия их силовыми воздействиями в плоскости связей по верхним граням конструкций. Для системы связей указанное воздействие является внешней нагрузкой, которая приближенно принимается равномерно распределенной. Интенсивность этой горизонтальной нагрузки от каждой несущей конструкции (фермы, балки, арки, рамы) определяется по формуле

$$q_{г.к} = k_{св}q,$$

где q - расчетная вертикальная равномерно распределенная нагрузка. Нагрузка другого вида приводится к равномерно распределенной;

$k_{св}$ - коэффициент, зависящий от вида и геометрических параметров несущих конструкций, который следует принимать равным:

$k_{св} = 0,02$ для покрытий по балкам постоянного сечения, фермам и пологим аркам с $f/l \leq 1/6$;

$k_{св} = 0,024$ для покрытий по двускатным балкам;

$k_{св} = 0,01$ для покрытий по рамам и аркам с $f/l \geq 1/3$ (для арок с $1/6 < f/l < 1/3$ величина $k_{св}$ определяется по интерполяции).

Допускается также производить расчет без учета деформируемости продольных элементов, обеспечивающих связь всех несущих конструкций с поперечными связевыми фермами или устойчивыми торцевыми конструкциями. При этом нагрузка на каждую поперечную связевую ферму определяется по формуле

$$q_{\text{сф}} = (q_{\omega} - q_{\text{г.к}}n)/t,$$

где q_{ω} - внешняя горизонтальная нагрузка в продольном направлении, вызываемая ветровым напором, торможением кранового оборудования и тому подобное;

n - общее число несущих конструкций (балок, ферм, арок, рам) на всю длину здания в рассматриваемом пролете;

t - общее число поперечных связевых ферм.

Расчет продольных вертикальных связей, раскрепляющих растянутый пояс шпренгельных систем, следует производить на нагрузки, определяемые по формуле

$$P = 0,01V,$$

где V - расчетные сжимающие усилия в стойках шпренгельных систем, соединяемых связями.

Расчет продольных вертикальных связей, раскрепляющих внутреннюю сжатую кромку рам или арок, следует производить по усилиям, определенным по формуле

$$P = 0,015qS_{\text{св}},$$

где $S_{\text{св}}$ - горизонтальная проекция расстояния между продольными связями.

В покрытиях по стропильным дощатоклееным балкам рекомендуется использовать уточненную методику определения нагрузки $q_{\text{г.к}}$. В этом случае учитывается, что нагрузка $q_{\text{г.к}}$ состоит из двух частей, одна из которых зависит от величины начальных отклонений, а другая - от величины горизонтального перемещения балки в плоскости покрытия при действии нагрузок.

Перемещения балки и отклонения в ее геометрических размерах принимаются изменяющимися по длине балки в виде одной полуволны синусоиды.

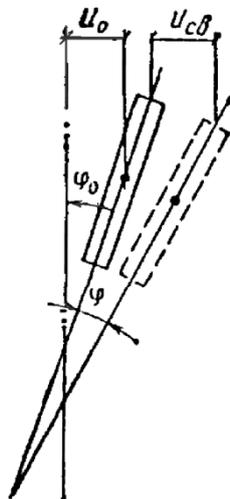


Рис. 4. Перемещения поворота и погиби дощатоклееной балки покрытия из ее плоскости в середине пролета, выполняющей функции пояса поперечной связевой фермы

Вводятся обозначения (рис. 4)

U_0 - начальная погибь продольной оси балки в середине пролета из плоскости наибольшей жесткости;

$U_{св}$ - горизонтальное перемещение нагруженной балки в середине пролета на уровне связей, раскрепляющих ее сжатую кромку;

φ_0 - начальный угол поворота поперечных сечений балки относительно ее продольной оси;

φ - добавочный угол поворота поперечного сечения нагруженной балки в середине пролета;

b, h - соответственно ширина и высота (для двускатных балок наибольшая высота) поперечного сечения;

l - пролет балки;

M - наибольшая величина изгибающего момента в балке от вертикальной нагрузки (без учета нагрузки от подвесного транспорта);

$$\alpha = 7,02h/l;$$

β - отношение высоты h_0 балки на опоре к высоте в середине пролета;

$$\gamma = 0,7 + 0,3\beta; \psi = 0,3 + 0,7\beta; m = 60M/(E'b^3); t = \gamma m/\psi.$$

Средние расчетные значения перемещений балки принимаются равными:

$$U_0 = l/600, \text{ но до } 3 \text{ см};$$

$$U_{\text{св}} = l/1200, \text{ но до } 1,5 \text{ см};$$

$$\varphi_0 = 25 \cdot 10^{-4} \text{ рад.}$$

Используются безразмерные величины

$$k_{\text{н}} = m^2/(\alpha^2\beta\psi); S = 0,9\alpha\beta b^3/[l^3(1 + t)].$$

Интенсивность горизонтальной нагрузки определяется по формуле

$$q_{\text{Г.К}} = AU_{\text{св}} + BU_0 + c\varphi_0,$$

где

$$A = E'S(k_{\text{н}} - 1); B = E'S(k_{\text{н}} + 0,5t); C = E'Sh[0,5\gamma k_{\text{н}} + m/(\alpha^2\beta)].$$

Величина A имеет механический смысл «единичной реакции» (коэффициента жесткости) балки в основной системе метода перемещений с наложенными фиктивными закреплениями, препятствующими перемещениям балки в плоскости горизонтальных связей. Два последних члена в выражении нагрузки $q_{\text{Г.К}}$ являются грузовой реакцией в той же основной системе от начальных несовершенств балки. Правило знаков для реакций - положительное направление реакции противоположно направлению перемещений $U_{\text{св}}$ и U_0 .

Если при вычислении $A < 0$, то принимается $A = 0$.

При расчете связевых ферм с применением программных комплексов на основе МКЭ предварительное назначение размеров поперечного сечения связевых элементов производится из условия:

$$[\lambda \text{ связей}] \leq 200.$$