



## Calculation of Cross-Rod Spatial Structures for Seismic Impacts

*Isabekov Komolboy, Aslonov Murod*

*Samarkand State University of Architecture and Civil Engineering*

*Ibragimov Nizom*

*Ph.D., doctoral student, Samarkand State University of Architecture and Civil Engineering*

**Abstract:** *The article describes a method for determining the vertical and horizontal components of the seismic load in cross-rod spatial structures with different support options and different design schemes. The distribution of seismic loads between vertical and horizontal frame elements is studied.*

**Keywords:** *Seismic, load, support, vertical, horizontal, structural.*

*Date of Submission: 28-4-2022*

*Date of Acceptance: 27-5-2022*

### **Введения.**

Сейсмические нагрузки относятся по своей природе к динамическим нагрузкам. Поэтому для расчета перекрестно-стержневых пространственных конструкций (ПСПК) на сейсмические нагрузки применяется система динамических уравнений. Пространственные стержневые конструкции зданий, проектируемых для строительства в сейсмических районах, должны удовлетворять следующим расчётам:

- ✓ на основные и особые сочетания нагрузок без учета сейсмического воздействия;
- ✓ на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий;

При расчёте на особое сочетание с учетом сейсмических воздействий к величинам расчётных нагрузок вводятся коэффициенты сочетания, значения которых принимаются для постоянных нагрузок - 0,9, для временных длительных - 0,8, для кратковременных нагрузок - 0,5.

При расчёте ПСПК на сейсмические воздействия горизонтальные сейсмические силы от масс на гибких подвесах, динамическое воздействие от оборудования и транспорта, тормозные и боковые усилия от движения кранов не учитываются. Грузоподъёмность крана и вес тележки учитываются только при определении вертикальной сейсмической силы, при этом грузоподъёмность учитывается с коэффициентом 0,3.

Расчёт зданий и сооружений с покрытиями из ПСПК производится:

- a) на изгиб из плоскости - на вертикальные сейсмические нагрузки;
- b) горизонтальных поясов ПСПК - на горизонтальные нагрузки в плоскости покрытия;

- с) узлов сопряжения ПСПК с вертикальными несущими конструкциями - на совместное действие усилий от горизонтальных и вертикальных сейсмических нагрузок;
- д) вертикальных несущих конструкций - на горизонтальные сейсмические нагрузки,

Вертикальную составляющую сейсмического воздействия необходимо учитывать при расчете:

- ПСПК покрытий, включая их горизонтальные консольные участки;
- капитальных участков колонн;
- узлов соединения ПСПК с вертикальными несущими конструкциями;
- крановых консолей колонн.

Краевые условия для дискретных систем принимаются в зависимости от расположения блока в системе покрытия. Связи между сосредоточенными массами считаются упругими, невесомыми и воспринимающими только осевые усилия.

### Результаты и обсуждения.

При расчёте ПСПК на вертикальные сейсмические воздействия расчетные модели покрытий рекомендуется принимать в виде дискретных систем с шарнирными узлами и массами, сосредоточенными в узлах стержней структурного блока в уровне только верхнего пояса или верхнего и нижнего пояса (рис.1).

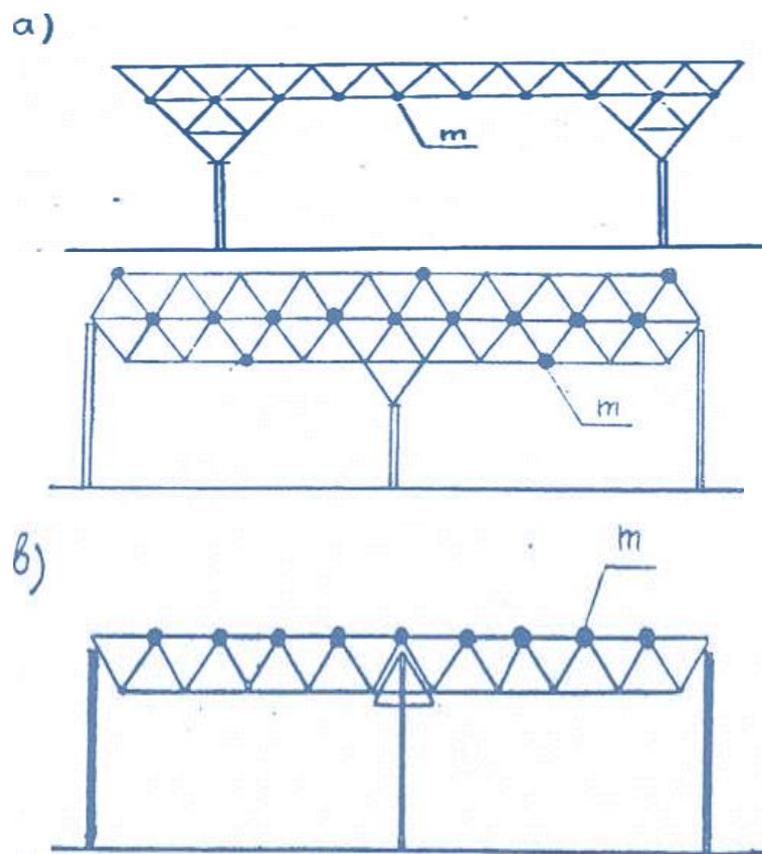


Рис.1. Дискретные системы при расчете ПСПК на вертикальные сейсмические воздействия: а - с массами в узлах нижнего пояса; б - с массами в узлах нижнего, среднего и верхнего поясов; в – с конструкций, условия сопряжения отдельных блоков между собой и с вертикальными несущими конструкциями, а также варианты опирания.

При этом принятая расчётная модель определяется структура и размер матрица податливости  $D_n$ . Для формирования матрицы  $D_n$  из элементов полной матрицы в соответствии с принятой

моделью, для расчёта на сейсмические воздействия можно использовать программу ЛИРА блок «Сейсмика».

Среднее значение условной вертикальной сейсмической нагрузки для  $i$  –того на собственных колебаний ПСПК, определяемая в предположении упругого деформирования конструкций по формуле:

$$S_{oik} = Q_k A K \psi \beta_i \eta_{ik} \quad (1)$$

где  $Q_k = mg$  - масса ПСПК, отнесённая к точке «К», определяемая с учетом нагрузок на покрытие,  $g$  - ускорение силы тяжести;

$A$  - амплитуда ускорений оснований (в долях), соответствующая расчётной сейсмичности; принимаемая равной 0,09, 0,18 и 0,36 для сейсмичности 7,8 9 баллов соответственно;

$\beta_i$  - спектральный коэффициент динамичности, соответствующий  $i$ -ой форме собственных колебаний ПСПК;

$\eta_{ik}$  - коэффициент, зависящий от формы деформаций ПСПК при его собственных колебаниях по  $i$  - ой форме и от места расположения точки «К»;

$K\psi$  - коэффициент, учитывающий диссипативный свойства конструкций и зависящий от вида материала, конструктивного решения, характера узловых соединений и стыков;

При определении расчётных вертикальных сейсмических нагрузок на ПСПК в связи с их пониженной способностью к затуханию колебаний (логарифмический декремент  $\delta = 0,015 - 0,065$ ), коэффициент  $K\psi$  принимается равным -1,25.

Значения коэффициента  $K\psi$  определяли на основании результатов экспериментальных исследований. Определение периодов собственных колебаний и коэффициентов  $K\psi$  производится на основе анализа результатов расчётных моделей конструкций. При этом учитываются особенности узловых сопряжений элементов массами в узлах верхнего пояса. Учитывая результаты экспериментальных исследований при расчёте зданий с внутриконтурным опиранием с выступающими капителями, консольные части конструкций рекомендуется рассчитывать на вертикальную сейсмическую нагрузку при значении  $\beta_\eta = 5,3$  кроме опорной зоне, а при встроенном варианте опирания  $\beta_\eta = 5,2$ .  $\beta_\eta = 5$  для консольной части конструкции[1].

Рекомендуется использовать симметрию конструктивных схем и нагрузок, что позволяет производить расчёт только четверти конструкции и следовательно, значительно снизить объём вычислительных работ.

При определении вертикальных сейсмических нагрузок для ПСПК пролётом не более 24м допускается рассматривать конструкцию как ортотропную пластинку с приведённой цилиндрической жесткостью и жесткостью на кручение. После определения сейсмических нагрузок расчет ПСПК на особое сочетание нагрузок с учётом сейсмических, выполняется как для дискретных систем, состоящих из стержней, работающих на центральное сжатие и растяжение, стыкуемых в узлах шарнирно по универсальным программам, например “ЛИРА”[2].

При этом жёсткость ПСПК в горизонтальной плоскости принимается бесконечной, а колонны жёстко заделанными в фундаментах и шарнирно присоединенными в ПСПК. Высота расчётной модели при точечном опирании принимается равной высоте колонн, а в случае ПСПК с капителями - расстоянию от уровня защемления колонн до центра масс от нагрузок на покрытие с учётом его собственного веса.

При этом горизонтальная сейсмическая нагрузка на ПСПК определяется по формуле:

$$S_{oik} = S = QAK\psi\beta\eta \quad (2)$$

Значения коэффициента  $K\psi$  при определении расчётных горизонтальных сейсмических нагрузок для зданий, в которых стеновое заполнение не оказывает существенного влияния на деформативность здания, рекомендуется принимать:  $K = 1,5$ .

Узлы сопряжения конструкций с колоннами здания должны быть рассчитаны на усилия от совместного действия горизонтальных и вертикальных сейсмических нагрузок.

Результаты экспериментальных исследований моделей ПСПК в горизонтальной плоскости при инерционных воздействиях показали, что они работают как жесткий диск [3]. Поэтому при расчёте ПСПК на горизонтальные сейсмические воздействия расчётные модели в продольном и поперечном направлении принимаются в виде одно массового осциллятора (рис.2).

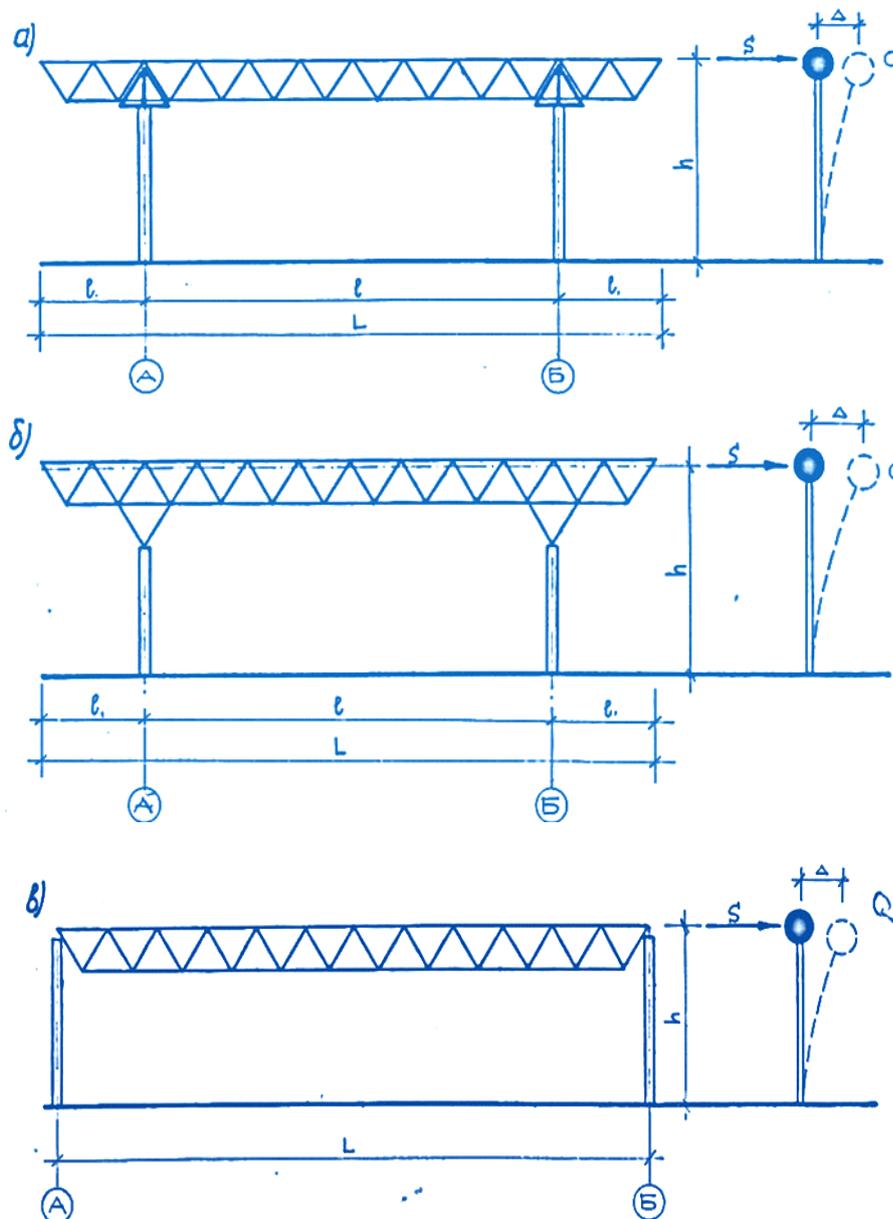


Рис.2. Расчётная схема здания с покрытием из ПСПК при расчёте на горизонтальные сейсмические воздействия а- с встроенными капителями; б- с выступающими капителями; в - с точечным опиранием.

Горизонтальная сейсмическая нагрузка  $S$ , вычисленная по формуле (2) распределяется:

- ✓ равномерно между четырьмя колоннами каркаса для отдельно стоящих ПСПК;
- ✓ пропорционально жесткостям колонн в продольном и поперечном направлениях зданий - для многопролётных зданий и при объединении модуля ПСПК по длине здания;
- ✓ в соответствии с фактическими жесткостями участков покрытий из ПСПК в горизонтальной плоскости.

С учётом принятого распределения горизонтальных сейсмических нагрузок между колоннами здания выполняются проверка несущей способности и устойчивости продольных и поперечных поясов модуля ПСПК.

Величина местной сейсмической нагрузки от собственного веса навесных стен определяется при значении произведения  $\beta\eta$ , соответствующем рассматриваемому уровню каркаса здания, но не меньше двух.

Горизонтальные перемещения здания на уровне верха колонн от действия расчётных горизонтальных сейсмических нагрузок определяются по формуле:

$$\Delta = S/C \quad (3)$$

где  $C = \sum \delta_{kk}$  - жесткость каркаса здания на уровне верха колонн;  $n$  - число колонн или связевых в каркасе здания;

$\delta_{kk}$  - перемещение отдельной колонны (связевой панели) на уровне её верха от действия горизонтальной единичной силы в том же уровне.

Стойки продольного и поперечного фахверка проверяются расчётом на изгиб от действия местных сейсмических нагрузок от собственного веса навесных тел. Стойки считаются шарнирно опертыми на конструкцию вверху и шарнирно соединенными внизу.

Узлы соединения несущих конструкций покрытий с колоннами должны быть рассчитаны на срез от усилий, возникающих в этих местах в соответствии с величинами горизонтальных сейсмических нагрузок, действующих на рассматриваемое соединение, при этом предполагается, что эпюры изгибающих моментов стоек, нагруженных сосредоточенными нагрузками, приложенными на уровне опирания покрытия, должны измениться по линейному закону [4].

Изгибающий момент в каком-либо сечении колонны определяются по следующей формуле:

$$M_x = 2 EI \varepsilon_x / h_1 \quad (4)$$

где  $\varepsilon_x$  - относительная деформация сечения;

$E I$  - жесткость сечения колонны;  $h_1$  - высота сечения колонны.

### **Заключения.**

Эпюры изгибающих моментов показывают, что узел соединения конструкций не является шарнирным, а обладает определённой жесткостью. Расчётная схема колонн представляется консолью, жёсткого защемлённой в основании и частично защемленной в узле сопряжения с конструкцией. Характеристикой жесткости узла сопряжения конструкции с колоннами может служить реактивный избегающий момент, вызываемый при приложении единичной горизонтальной силы в уровне верха колонны.

В колоннах зданий, несущих крановую нагрузку, необходимо учитывать местные горизонтальные сейсмические нагрузки: от собственного веса подкрановых балок и тормозных конструкций и от собственного веса мостовых кранов. При определении максимального давления на колонну от собственного веса мостовых кранов в каждом пролете здания учитывается по одному крану. Расчётная схема колонны принимается в виде стойки, защемлённой внизу, с не смещаемой верхней опорой и определяется по формуле:

$$S = 3 Q A K \psi , \quad (5)$$

При расчёте зданий длиной более 30м, кроме горизонтальной сейсмической нагрузки необходимо учитывать крутящий момент относительно оси здания, проходящей через центр жесткостей. Величина расчётного эксцентриситета между центрами масс и жесткостей в уровне покрытия здания принимается не менее  $0,02 B$ , где  $B$  - размер здания в направлении перпендикулярном действию силы  $S$ . В зданиях с большой протяженностью в плане усилия в элементах конструкции допускается определять с учетом скорости распространения сейсмических волн в грунте, параметры которых выбираются на основании анализа сейсмологических условий жесткости.

#### **Список использованной литературы:**

1. Исабеков К. Экспериментальные исследования перекрестно-стержневых пространственных конструкций на маломасштабных моделях. Монография. "Навруз полиграф", Самарканд-2021. 121 стр.
2. Ибрагимов Н.Х., Исабеков К., Косимов Т.К. К выбору математической модели стержневых систем типа ферм. "Проблемы архитектуры и строительства" (научно-технический журнал). Самарканд. 2021. №2. Стр.122-129.
3. Холмуродов Р.И., Худайназаров Х., Исабеков К. Экспериментально-теоретические исследования колебаний стержневых пространственных конструкций. "Проблемы архитектуры и строительства" (научно-технический журнал). Самарканд. 2022. №. Стр.102-110.
4. Isabekov Komolboy, Rakhimov Akram, Ibragimov Nizom. A NEW STRUCTURAL SOLUTION FOR EARTHQUAKE RESISTANT CROSS-BAR SPATIAL STRUCTURES. European Scholar Journal (ESJ) Available Online at: <https://www.scholarzest.com> Vol. 2 No.12, December 2021 ISSN: 2660-5562