

*Сыкулев Вячеслав Игоревич*

магистрант

*Сон Марк Петрович*

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический университет»

г. Пермь, Пермский край

## **ПРАВИЛА РАССТАНОВКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПИЛОНОВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСАХ**

*Аннотация:* в статье приведены основные правила по размещению пилонов в плане здания. Рациональное размещение пилонов на плане позволяет не только добиться оптимальной работы здания в целом, но и создавать удобные архитектурные решения, уменьшать стоимость здания и трудоемкость его возведения.

*Ключевые слова:* железобетон, пилон, диафрагма, каркас здания, проектирование.

На сегодняшний момент в сфере гражданского строительства широкое распространение получила каркасная конструктивная схема зданий с применением железобетонных элементов. Основной причиной применения данной конструктивной схемы являются относительно низкая цена, короткие сроки возведения и свобода архитектурно-планировочных решений.

Затраты на возведение здания зависят в первую очередь от решений, принятых при проектировании – от компоновки каркаса. Вопрос рациональной компоновки каркаса имеет большое значение [1], и должен решаться на первоначальной стадии проектирования при разработке планировок.

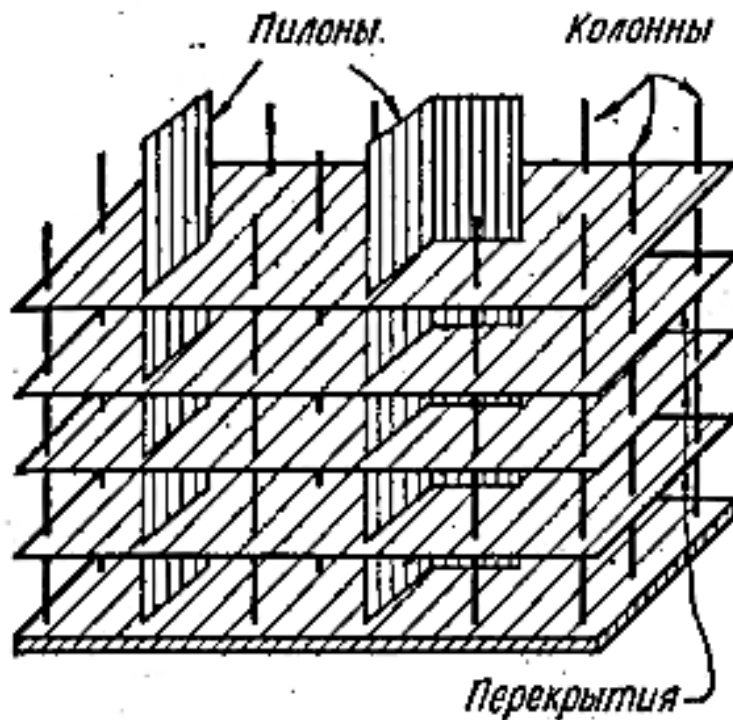


Рис. 1. Основные элементы железобетонного каркаса

Для грамотной компоновки каркаса необходимо определить функции его элементов:

1. Колонны служат для восприятия вертикальных нагрузок от плит перекрытий и покрытий, и передают их на фундаменты. Восприятие ветровых нагрузок колоннами мало.

2. Пилоны служат для восприятия ветровых и сейсмических (горизонтальных) нагрузок, части нагрузок от элементов перекрытий и покрытий (вертикальных) и передают их на фундаменты. Также они служат для обеспечения жесткости и общей устойчивости здания.

3. Покрытия и перекрытия зачастую служат для восприятия постоянных и временных вертикальных нагрузок (плиты работают на изгиб) и передачи их на колонны. Помимо этого, они воспринимают горизонтальные нагрузки (ветровые и сейсмические) и передают их на пилоны.

За оптимальную компоновку каркаса примем такую, у которой:

1. Элементы каркаса выполняют свои непосредственные функции – в них не возникает дополнительных усилий.

2. Минимизированы затраты на материалы, за счет передачи нагрузки через наименьшее число элементов.

Наибольшее значение при компоновке каркаса имеет расположение пилонов в плане, так как от этого зависит жесткость и устойчивость здания.

Рассмотрим основные правила расстановки пилонов:

1. Пилон является кинематической связью в плоскости плиты перекрытия, т. е. пилон лишает перекрытия одной степени свободы – перемещения вдоль оси пилона. Так как перекрытие является жестким диском в своей плоскости, следовательно, оно имеет три степени свободы (линейные перемещения в плоскости перекрытия и поворот относительно оси перпендикулярной перекрытию). Значит, для обеспечения геометрической неизменяемости диска перекрытия необходимо минимум три пилона. При этом продольные оси пилонов не должны пересекаться в одной точке, в противном случае диск перекрытия будет иметь возможность беспрепятственного поворота относительно точки пересечения [2] (рис. 1). Также недопустимо параллельное расположение всех пилонов, так как будет возможность беспрепятственного перемещения перекрытия в направлении перпендикулярном пилонам (рис. 1).

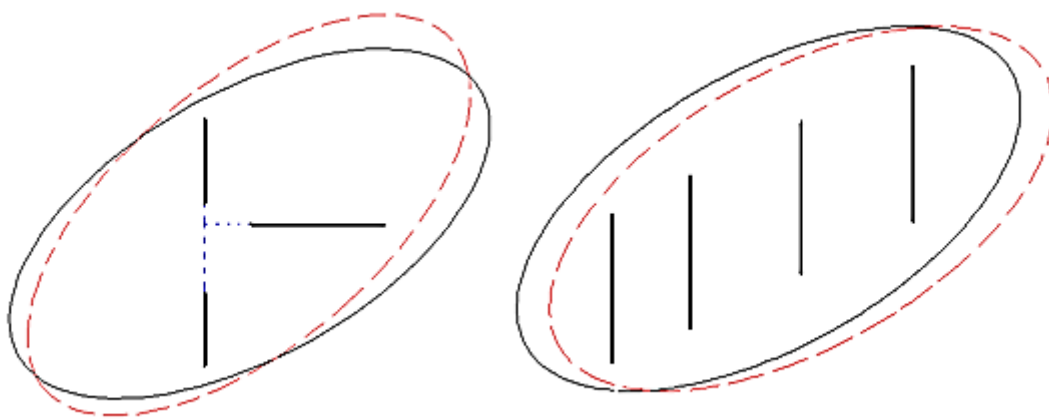


Рис. 2. Некорректное расположение пилонов

2. Геометрические размеры пилонов принимаются исходя из обеспечения прочности и жесткости. Первоначально можно принять размеры пилонов, рассмотрев приближенно расчетную схему в виде стержня, заделанного одним

концом в фундамент. Для обеспечения достаточной жесткости здания высоту поперечного сечения пилона принимают равной  $1/10 - 1/5$  высоты здания. Уменьшение данных размеров приведет к увеличению гибкости здания и появлению лишних усилий в колоннах (от действия горизонтальных нагрузок) или к увеличению количества пилонов (что противоречит принципу концентрации материалов). Увеличить жесткость можно, увеличив высоту сечения пилона или объединив несколько плоских пилонов в один.

3. Рассмотрим план здания (рис. 3), примем расстояние от торца здания до пилона  $a$ , а расстояние между пилонами  $b$ . При действии ветровой нагрузки возникают нежелательные усилия в плоскости плиты (мембранная группа). Порядок усилий можно определить, рассмотрев упрощенную расчетную схему в виде консольной и защемленной с двух сторон балки (рис. 3) и определив изгибающие моменты, которые разложатся на продольные силы в плоскости плиты. В консольной балке, заменяющей участок от торца до диафрагмы получим максимальный момент равный  $\frac{qa^2}{2}$ , для второй балки этот момент равен  $\frac{qb^2}{12}$ , оптимальным в данном случае будет такое соотношение размеров при котором максимальные моменты в двух балках равны. Таким образом  $b = a\sqrt{6} \approx 2.5a$ , что соответствует рекомендациям для связевого каркаса [4]  $a = 12\text{м}$ .  
 $b = 30\text{м}$ .

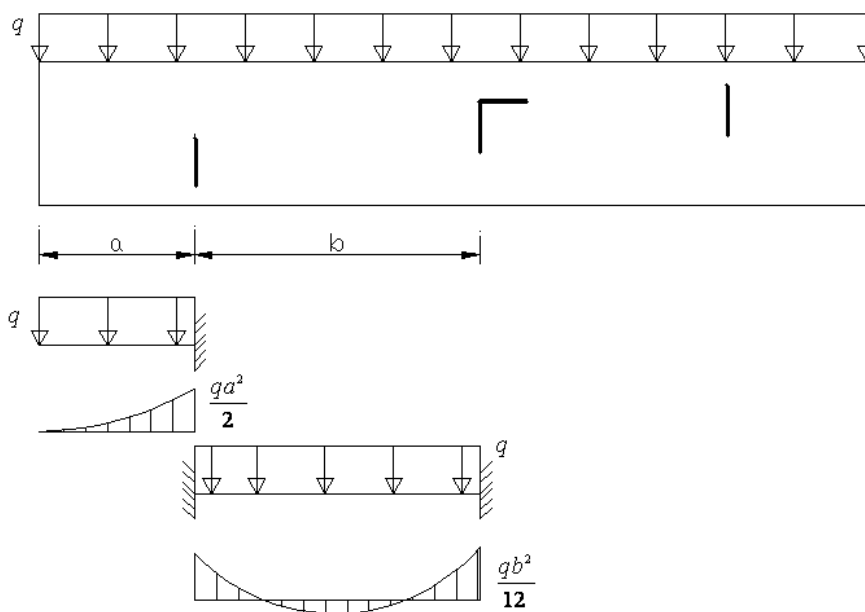


Рис. 3. Распределение усилий в плите

Значение размеров  $a$ ,  $b$  назначают исходя из величины ветровой нагрузки, которая зависит от количества этажей, ветрового района, и собственных частот колебаний.

Для первоначального назначения размеров  $a$  и  $b$  необходимо провести предварительные расчеты с целью минимизации и дальнейшего пренебрежения усилий в плоскости плиты перекрытия [3].

Кроме того для равномерного распределения усилий между пилонами необходимо ритмичное расположение пилонов в плане, с соблюдением рассмотренных выше соотношений.

4. Для совокупности пилонов, объединенных перекрытиями, можно определить центр изгиба. При несовпадении центра изгиба с центром тяжести в здании возникают лишние (дополнительные) усилия изгиба. Так же возможно возникновение нежелательных усилий закручивания. Это происходит, если положение равнодействующей ветровой нагрузки не совпадает с центром изгиба. При совпадении всех трех центров между собой компоновка каркаса будет оптимальной. Добиться этого можно при симметричном плане здания с симметричной расстановкой пилонов.

Рассмотренные правила не являются обязательными. Например, при высоте здания в 10 м пилоны для рассматриваемой конструктивной системы можно вообще не ставить. При высоте здания не более 50м удачным конструктивным решением можно пожертвовать в пользу рационального архитектурно-планировочного решения и оптимального расположения инженерных коммуникаций. Однако в зданиях от 75 метров и выше рассмотренные требования должны выполняться однозначно.

Принятую систему пилонов всегда проверяют расчетом здания (определяют максимальные перемещения, частоты, ускорения и др.).

В заключение рассмотрим пример. На рисунках 4, 5, 6 представлены планы сборного каркаса здания (черные точки-колонны, красные линии-диафрагмы, шаг колонн-6м). Спрашивается, какая компоновка каркаса наиболее удачна и почему?

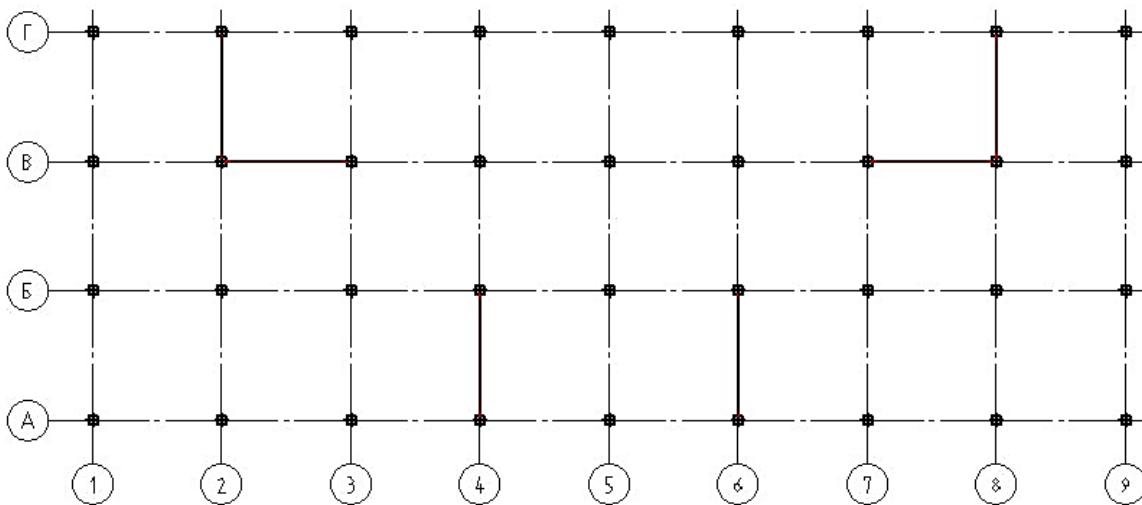


Рис. 4. Компоновка сборного каркаса здания №1

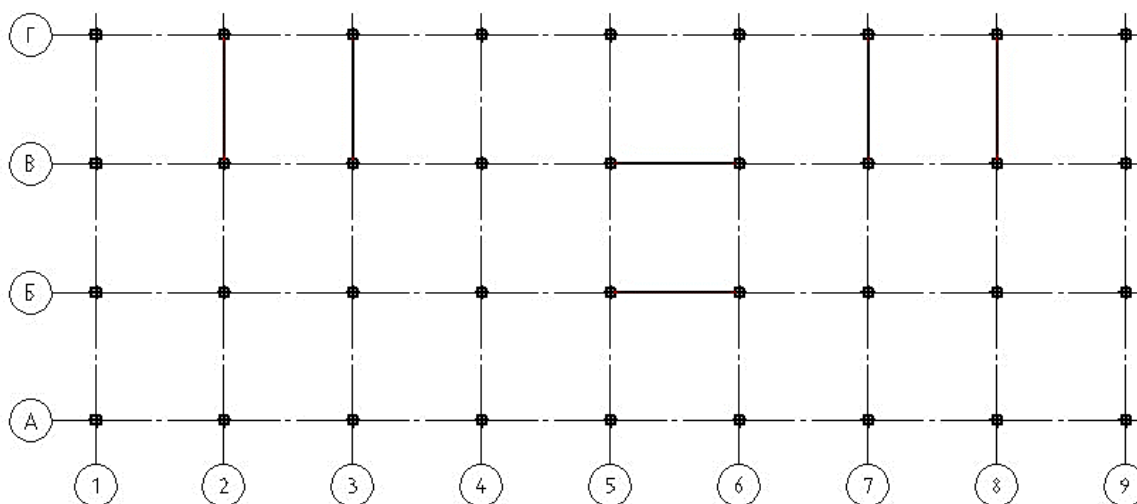


Рис. 5. компоновка сборного каркаса здания №2

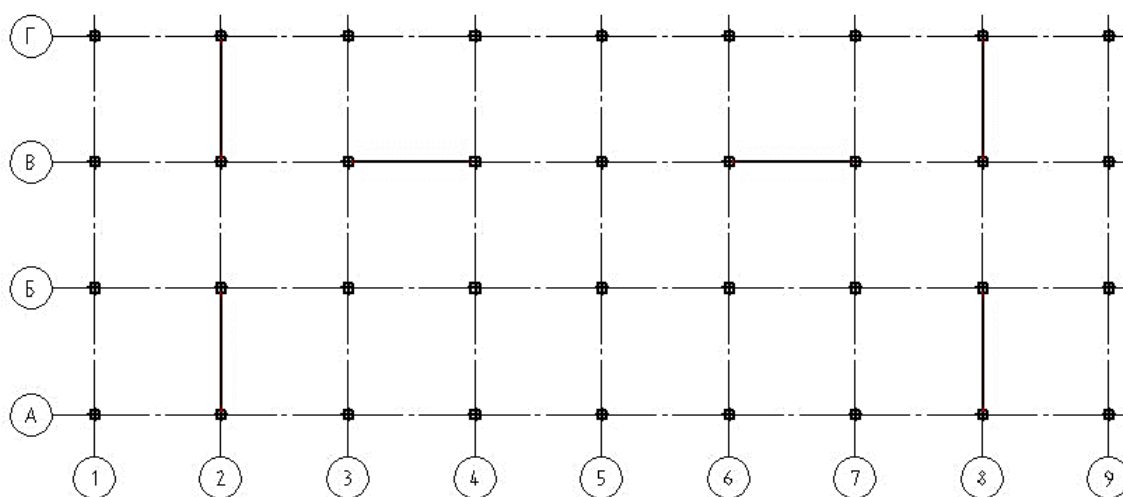


Рис. 6. компоновка сборного каркаса здания №3

*Ответ:* из 3 вариантов размещения пилонов в здании с протяжённым планом лучшим является №1. №2, во-первых, не симметрична, во-вторых, все вертикальные диафрагмы расположены в одном (верхнем) пролете, что делает верхнюю часть плана здания значительно жестче нижней части, что может привести к отрыву нижней части перекрытия от верхней. Горизонтальные пилоны схемы №2 также расположены в одном пролете, что менее удачно. В схеме №3 расстояние между вертикальными пилонами 36м, а расстояние от торца здания до вертикального пилонa 6 м, что приведет к увеличенному перекосу конструкций между вертикальными диафрагмами. Схема №1 лишена описанных проблем и кроме того объединенные плоские пилоны в г-образные

приведет к лучшей работе и увеличению жесткости здания при тех же затратах материала.

### *Список литературы*

1. Стальные конструкции высотных зданий / И.И. Ведяков [и др.]. – АСВ, 2014.
2. Строительная механика / А.В. Дарков, Н.Н. Шапошников / Высшая школа, 2004.
3. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер / ДМК пресс, 2007.
4. Расчет многоэтажных зданий со связевым каркасом / В.В. Ханджи. – Стройиздат, 1977.