

## ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ОСЕЙ КОЛОНН ОТ ВЕРТИКАЛИ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ФУНДАМЕНТОВ

При монтаже каркаса зданий имеют место отклонения колонн от вертикали, достигающие до 100мм, что вызывает еще большее давление на грунт под подошвой фундамента. В связи с этим можно рекомендовать исполнительные съемки каркаса зданий непосредственно по окончании его монтажа и для колонн с отклонением от вертикали производить перерасчет давления на грунт, по результатам которого выполнять усиление фундаментов до полного загрузки здания.

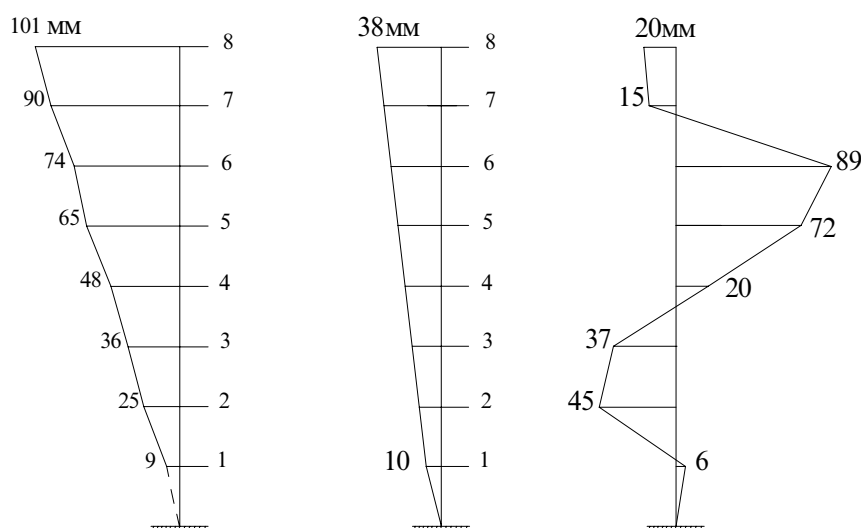
Расчет элементов каркаса зданий ведется по установленной расчетной схеме, предполагая, что ось колонн имеет строго вертикальное положение. При монтаже каркаса зданий по технологическим причинам невозможно обеспечить строго отвесное положение оси колонн, она практически оказывается в виде ломаной линии разной геометрической формы.

Изучение результата исполнительной съемки каркаса 8-этажного экспериментального жилого дома высотой 24 м г. Оренбурга показало следующую картину отклонения колонн от вертикали при их свободном монтаже (рисунок 1): часть колонн после их монтажа имеют зигзагообразный характер оси, другая, меньшая часть, имеют одностороннее отклонение оси колонны от вертикали по всей ее высоте. Отклонение оси ко-

лонны от ее проектного вертикального положения создает эксцентриситет в приложении сил, действующих на колонну. В результате этого возникают дополнительные изгибающие моменты, которые, если не превышают отклонения по допуску, установленному СНиПом, при расчете каркасов не учитываются.

В узлах соединения диафрагм и колонн дополнительные изгибающие моменты на каждом уровне приложения к колонне внешних сил передаются диафрагмам, вызывая в узлах соединения сжимающие или растягивающие усилия.

При податливости узлов соединений, что имеет место при низкой технологической дисциплине и качестве строительства, о чем свидетельствуют многочисленные примеры аварийности и разрушений зданий, можно



а – одностороннее отклонение по результатам исполнительной съемки;  
б – отклонения по нормам СНиП 3.03.01 – 84;  
в – зигзагообразное отклонение.

Рисунок 1. Характерные примеры отклонения оси колонны от вертикали.

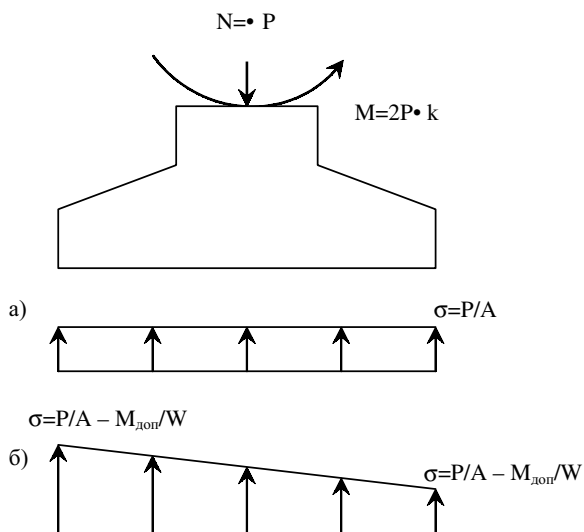
Таблица 1. Значения коэффициента k для зданий разной этажности

Этажи здания	Коэффициент k	Этажи здания	Коэффициент k
3	2	9	5
4	2,5	10	5,5
5	3	11	6
6	3,5	12	6,5
7	4	13	7
8	4,5	14	7,5

допустить, что дополнительные моменты, возникающие на каждом уровне приложения внешних сил к колонне, передаются в конечном счете на фундамент (стаканы), а через его подошву – на грунтовое основание.

Рассмотрим, какое дополнительное напряжение на грунт под подошвой фундамента может возникнуть в результате одностороннего отклонения колонны от вертикали при предельном значении, установленном СНиПом (рисунок 2).

При отсутствии отклонения колонны от вертикали внешние силы  $P_i$ , приложенные к колонне на  $i$ -м этаже с обеих сторон с эксцентриситетом  $e'_i$ , создают моменты, равные по величине, но обратные по знаку, то есть уравнивают друг друга. Дополнительный момент в этом случае не возникает.



а – эпюра давления без учета влияния изгибающего момента, б – эпюра давления с учетом влияния изгибающего момента.

Рисунок 2. Схема изменения давления под подошвой фундамента.

$$M_i^{допол.} = -P_i \cdot e'_i + P \cdot e'_i = 0 \quad (1)$$

При наличии отклонения колонны от вертикали возникает дополнительный изгибающий момент:

$$M_i^{допол.} = -P_i(e'_i + e_i) + P_i(e'_i - e_i) = -P_i e'_i - P_i e_i + P_i e'_i - P_i e_i = -2 P_i e_i \quad (2)$$

Знак дополнительного момента показывает отклонение колонны влево.

При учете отклонения по всем этажам суммарный дополнительный момент будет иметь значение:

$$M_{допол.} = \sum_{i=1}^n M_i^{допол.} = 2 \sum P_i e_i = 2 P_i \sum e_i, \quad (3)$$

где  $n$  – число этажей.

Приняв изменение отдельных значений  $e_i$  по этажам по линейному закону, как указано в СНиП (рисунок 1б), в зависимости от максимального отклонения  $\Delta$ ,  $e_i = i\Delta/n$ , можно выражение (3) записать в виде:

$$M_{доп.} = 2P\Delta(1/n + 2/n + \dots + n/n) \quad (4)$$

Обозначив выражение в скобках через «k», получим окончательное выражение для  $M_{доп.}$ :

$$M_{доп.} = 2P\Delta k \quad (5)$$

Выражение в скобках  $(1/n + 2/n + \dots + n/n)$  содержит  $n$ , где  $n$  – количество этажей, поэтому коэффициент «k» может быть вычислен заранее для зданий разной этажности. Например, для 8-этажного здания коэффициент  $k = (1/8 + 2/8 + 3/8 + 4/8 + 5/8 + 6/8 + 7/8 + 8/8) = 4,5$ .

Для зданий разной этажности коэффициент k имеет различные значения, приведенные в таблице 1.

Дополнительный изгибающий момент, передающийся на стакан фундамента, приводит к сложному сопротивлению, в результате чего возникает неравномерное давление на грунт под подошвой фундамента. Напряжение на грунт вычисляется:

$$\sigma = N/A \pm M_{\text{доп.}}/W,$$

где  $N$  – нормальное давление, действующее по центру тяжести;

$W$  – момент сопротивления. При равных сторонах стакана подошвы:

$$W = bh^2/6 = a^3/6.$$

$A$  – площадь подошвы фундамента.

С учетом влияния дополнительного момента эпюра давления на грунт под подошвой фундамента при отклонении колонны влево будет иметь вид, показанный на рисунке 2. При одностороннем отклонении оси колонны от вертикали наибольший дополнительный изгибающий момент возникает на уровне подошвы стакана, и он равен:  $M_{\text{доп.}} = 2P\Delta k$ .

Пример вычисления влияния дополнительного изгибающего момента на давление под подошвой стакана колонны 8-этажного здания. Примем  $P = 6$  т,  $\Delta = 38$  мм (по СНиПу),  $k = 4,5$ , тогда

$M_{\text{доп.}} = 2P\Delta k = 2 \cdot 6 \cdot 0,038 \cdot 4,5 = 2,052$  тонн·м, или 20520 кг·см.

При стаканах с площадью  $1,5 \times 1,5$  м  $W = 150^3/6 = 562500$  см<sup>3</sup>, тогда

$$\sigma = M_{\text{доп.}}/W,$$

$$\sigma = 205200/562500 = 0,36 \text{ кг/см}^2.$$

Таким образом, даже при допуске отклонения оси колонны от вертикали, установленном СНиПом, дополнительный изгибающий момент вызывает напряжение под подошвой фундамента  $0,36$  кг/см<sup>2</sup>, что со-

ставляет примерно 20% от расчетного сопротивления средних грунтов.

Фактически установленные СНиПом допускаемые отклонения колонн от вертикали, как показывает опыт, не могут быть соблюдены по ряду причин технологического характера. При свободном монтаже колонн на рассмотренном здании одностороннее отклонение колонн от вертикали на 8-м этаже доходило до 101 мм, несмотря на то, что строительство этого дома проходило под непрерывным техническим контролем и работы выполнялись квалифицированными рабочими.

Аналогичное отклонение колонн от вертикали было зафиксировано при строительстве межвузовской библиотеки в г. Оренбурге, несмотря на то, что колонны изготавливались монолитными, в металлической опалубке. Причиной этому была сложность сохранения в горизонтальном положении основания опалубки колонны, заполняемой бетоном, который уплотняется с помощью вибратора.

Расчеты, приведенные в статье, дают основание внести в СНиП дополнения:

1. По окончании монтажа каркаса здания провести исполнительную съемку.
2. При обнаружении отклонения осей колонн от вертикали проводить дополнительный расчет по усилению их фундамента.

#### Список использованной литературы:

1. Лебедев Н.Н. Курс инженерной геодезии. М.: «Недра» 1974, 360 с.
2. Шилов П.И. Геодезия. М., «Гостехиздат», 1963, 372 с.

Статья рекомендована к публикации 06.03.07