

УДК 69.001.5 + 692.1.115

В.С.ШОКАРЕВ, И.В.СТЕПУРА, А.С.ТРЕГУБ, кандидаты техн. наук,
А.В.ПАВЛОВ, Р.В.САМЧЕНКО

*Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций,
г.Запорожье*

РАСЧЕТ ОСАДОК ЗДАНИЙ ПРИ ПЕРФОРАЦИИ ОСНОВАНИЙ

Перфорация грунтов под фундаментами горизонтальными шпурами применяется для регулирования жесткостью оснований в процессе выравнивания зданий, получивших крены под действием просадок лессовых грунтов, сдвижений на подрабатываемых территориях и прочих деформационных воздействий. Накопленный за 15 лет опыт дал возможность оценить жесткость оснований по результатам натурных испытаний и разработать надежный метод расчета, осадок фундаментов разнообразной формы, что весьма актуально для практики.

В процессе эксплуатации зданий и сооружений, построенных на площадках со сложными инженерно-геологическими условиями, во многих случаях возникают крены из-за неравномерных деформаций оснований. Крены зданий и сооружений могут происходить также при авариях природного и техногенного характера.

Критериями опасности кренов зданий при эксплуатации являются прекращение работы лифтов из-за перекосов шахт, потеря устойчивости зданий, столкновение смежных зданий или их блок-секций. При столкновении зданий или блок-секций могут возникать деформации конструкций и узлов с последующими их разрушениями в результате увеличения взаимных давлений во времени. При несвоевременном принятии мер по разъединению столкнувшихся зданий или блок-секций они могут прийти в аварийное состояние. Предотвращением перечисленных аварийных ситуаций на зданиях и сооружениях может быть выравнивание.

В Научно-исследовательском институте строительных конструкций разработан метод выравнивания зданий и сооружений путем задания неравномерных деформаций основаниям за счет ослабления слоя горизонтальными скважинами, которые выполняют со стороны менее просевшего фундамента. Под действием контактных напряжений скважины сжимаются, ослабленный слой основания деформируется, что сопровождается дополнительными осадками фундаментов и обратным поворотом здания. Для производства работ по выравниванию необходимо вырыть котлован на глубину ниже подошвы фундамента до 1 м в зависимости от требуемого количества рядов скважин. Разработаны технологии выравнивания зданий с развившимися кренами в ортогональных направлениях – вдоль, поперек и по косому вектору в плане. Каждая из этих технологий имеет свои особенности. Для вы-

равнивания в поперечном направлении котлован отрывают вдоль здания. В случае крена вдоль более рациональным является отрывка котлована со стороны бокового фасада. Если это невозможно, например, из-за блокировки со смежными зданиями или блок-секциями, котлован отрывают вдоль одного из фасадов – главного или дворового.

Экспериментальными исследованиями установлена зависимость осадок фундаментов от нагрузки, характеристик грунта оснований и технологических параметров – диаметра и шага скважин, количества их рядов и расстояния от фундамента. На основании этих исследований разработана методика расчетов технологических осадок фундаментов и параметров бурения, диаметров, шагов, глубины (длины) скважин, количества их рядов, расстояния от фундаментов, которая заключается в следующем.

Технология управления кренами основана на изменении жесткости основания, которая по действующим ДБН [1] для плитных фундаментов равна

$$K = \frac{P}{S}, \quad (1)$$

где P – давление под подошвой фундамента; S – требуемая осадка, определяемая величиной устранимого крена.

Максимальная величина осадки под фундаментами менее осевшей части накренившегося здания определяется по формуле

$$S = a \frac{I}{H}, \quad (2)$$

где a – величина отклонения здания от вертикали в уровне чердачного покрытия, мм; I – расстояние от предполагаемой линии поворота здания до обреза менее осевших фундаментов, м; H – высота здания от дневной поверхности до точки замера отклонения от вертикали, м.

Осадка здания подчиняется зависимости

$$S = \varepsilon h, \quad (3)$$

где ε , h – сжимаемость основания и толщина ослабляемого технологического слоя.

Сжимаемость основания зависит от диаметра, шага скважин, прочностных характеристик грунта, точности проходки, степени увлажнения грунта через скважины и других факторов. За 15-летний период внедрения метода накоплена статистика сжимаемости оснований, полученная при бурении скважин в распределительных подушках.

По результатам натуральных испытаний и осадок зданий составлена эмпирическая формула

$$\varepsilon = \frac{k_3 \cdot a_{осл}}{uh}, \quad (4)$$

где k_3 – эмпирический коэффициент; $a_{осл}$ – площадь перфорации на единице длины ослабленного слоя; u – шаг скважин; h – толщина ослабленного слоя.

Имитация жесткостного распределения, обеспечивающего контр-крену для фундаментов различного очертания, выполняется методом Монте-Карло. Для этого исследуемую область разбивают на конечные элементы размером $b \times l$ и составляют энергетический потенциал в виде интегральных сумм со случайными координатами ξ , η , жесткостями основания $K_{\xi\eta}$ и нагрузками $g_{\xi\eta}$

$$U = \frac{bl}{2} \sum_{i=1}^m K_{\xi\eta,i} W_{\xi\eta,i}^2 - bl \sum_{i=1}^m g_{\xi\eta,i} W_{\xi\eta,i}. \quad (5)$$

Ординаты плоскости фундамента принимают по выражению

$$W = W_{00} + \alpha L\xi + \beta B\eta, \quad (6)$$

где W_{00} – оседание в нулевой точке; α , β – углы наклона по направлениям X, Y.

Метод Монте-Карло дает возможность вычислять часть потенциала, применяя случайные числа в количестве $m < M$, где M – общее количество конечных элементов. При $m \rightarrow M$ решение будет приближаться к точному при достаточно большом M .

Минимизируя потенциал по условиям $dU/dW_{00} = dU/d\alpha = dU/d\beta = 0$, получим систему уравнений

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 &= \Delta_1; \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 &= \Delta_2; \\ a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 &= \Delta_3, \end{aligned} \quad (7)$$

где $X_1 = W_{00}$; $X_2 = \alpha$; $X_3 = \beta L$ – неизвестные величины;

$$a_{11} = \sum_{i=1}^m K_{\xi\eta,i}, \quad a_{21} = a_{12} = \sum_{i=1}^m K_{\xi\eta,i} \xi_i, \quad a_{31} = a_{13} = \sum_{i=1}^m K_{\xi\eta,i} \eta_i,$$

$$a_{22} = \sum_{i=1}^m K_{\xi\eta,i} \xi_i^2, \quad a_{23} = a_{32} = \sum_{i=1}^m K_{\xi\eta,i} \xi_i \eta_i,$$

$$a_{33} = \sum_{i=1}^m K_{\xi\eta,i} \eta^2, \quad \Delta_1 = \sum_{i=1}^m g_{\xi\eta,i}, \quad \Delta_2 = \sum_{i=1}^m g_{\xi\eta,i} \xi_1,$$

$$\Delta_3 = \sum_{i=1}^m g_{\xi\eta,i} \eta_i \quad (8)$$

– коэффициенты при неизвестных и грузовые члены по аналогии с задачами строительной механики.

Решая систему уравнений (7), получаем значения W_{00} , α , β , а затем крен здания как перпендикуляр к плоскости фундамента (6). Основное значение вектора наклона корректируется технологическими приемами – дополнительным бурением в ограниченном объеме либо увлажнением основания через пробуренные скважины.

Для обеспечения осадок фундаментов по требуемой эпюре расчет диаметров скважин или их ступеней на соответствующих участках определяют по формуле

$$d_i = \sqrt{\frac{4S_{pi}U_i}{n_p\pi K_1R_2K_3}}, \quad (9)$$

где S_{pi} – расчетное значение осадок фундаментов на соответствующем участке здания (из эпюры требуемых осадок), мм; U_i – шаг скважин на i -м участке ориентировочно задают в пределах 250-300 мм; n_p – количество рядов скважин; K_1 – безразмерный коэффициент, учитывающий увеличение диаметра скважин в результате биения колонны шнеков при бурении грунта и зависящий от диаметра шнеков, частоты вращения и характеристик грунта; K_2 – безразмерный коэффициент, учитывающий упруго-пластические деформации грунта в ослабляемом слое основания в процессе бурения скважин и зависящий от вертикальных напряжений под подошвой фундаментов, плотности и влажности грунта; K_3 – безразмерный коэффициент, учитывающий недоуплотнение грунта нарушенной структуры, заполняющего полости пробуренных скважин и зависящий от вертикальных напряжений и физико-механических характеристик грунта.

После определения расчетным путем диаметров скважин выбирают фактический ближайший диаметр шнеков из набора, который имеется у исполнителей, а достижение параметров эпюры требуемых осадок здания для его выравнивания уточняют расчет шагов скважин

на каждом участке под пятном здания по формуле, вытекающей из (9)

$$U_i = \frac{\pi n_p d_{if}^2}{4S_{pi}} K_1 K_2 K_3, \quad (10)$$

где d_{if} – фактический диаметр шнека на i -м участке здания, мм.

Коэффициенты K_1, K_2, K_3 определяются из графиков, полученных при обработке данных экспериментальных, лабораторных и натурных исследований на фрагментах фундаментов и уточненных по результатам исследований в процессе выравнивания зданий [2].

Параметры бурения при необходимости корректируются в процессе выравнивания здания, например, в случае появления на графиках осадок фундаментов кривизны, свидетельствующей об изменении прямолинейной зависимости осадок и напряженно-деформированного состояния здания. Особенно важно выполнять это требование потому, что выравнивание зданий осуществляется, как правило, без отселения жильцов.

Данная методика расчета осадок проверена при выравнивании 33 зданий и сооружений в различных регионах Украины.

1. ДБН В.1.1-5-2000. Здания и сооружения на просадочных грунтах. Ч. II / Госстрой Украины. – К.: Укрархбудінформ, 2000.

2. Выравнивание 14-этажного здания жилого дома 12А по ул. Воронежской: Отчет о НИР / Запорожское отделение научн.-иссл. ин-та строит. констр. Инв. № 42. – З., 1997. – 44 с.

3. Степура И.В., Шокарев В.С., Павлов А.В. Устранение кренов зданий и сооружений // Современные проблемы строительства. – Донецк: ООО «Лебедь», 1997. – С. 58-60.

Получено 17.05.2002

УДК 624.04

И.Я.ЛУЧКОВСКИЙ, д-р техн. наук

*Харьковский государственный технический университет
строительства и архитектуры*

МЕТОДИКА АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ТРЕБУЕМОЙ ДЛИНЫ ВИСЯЧИХ ЗАБИВНЫХ СВАЙ

Приводится метод оценки несущей способности и назначения оптимальной длины забивных свай, используемых в гражданском и промышленном строительстве.

Как известно, несущая способность F_d висячих забивных свай на действие вертикальной сжимающей нагрузки определяется суммированием сил сопротивления грунта сжатию под нижним концом сваи и сил трения по боковой поверхности. При этом расчетное сопротивление