

**УСТОЙЧИВОСТЬ
НЕСУЩЕГО Остова СТВОЛЬНО-КАРКАСНОЙ
КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ**

Одна из важных проблем для системы «высотный объект – деформируемое основание» – обеспечение его общей устойчивости [3]. Под общей устойчивостью будем понимать устойчивость исходного строго вертикального состояния равновесия каркаса здания по отношению к смежным равновесным состояниям, характеризующимся эксцентриситетами центра сил тяжести [4]. Потеря устойчивости исходного вертикального состояния равновесия может быть обусловлена не только жесткостными характеристиками каркаса здания, но и жесткостью деформируемого основания здания [5]. Это тем более вероятно, так как для такого объекта основание является наиболее слабым конструктивным звеном. На ограниченном по площади пятне застройки на основание действует значительное давление от веса здания, а грунтовая среда основания значительно более деформативная, чем конструкционные материалы каркаса здания, такие как сталь и железобетон [2].

В качестве примера рассмотрим задачу бифуркационной устойчивости системы в виде несущего остова ствольно-каркасной конструктивной системы высотного здания и деформируемого основания. Для несущего остова [6] ствольно-каркасной конструктивной системы сопряжения элементов каркаса (ригелей) со стволом шарнирное (рис. 1, *а*). Общая устойчивость, как и восприятие горизонтальных (ветровых) нагрузок обеспечивается ядром жесткости (стволом несущего остова). Другой вариант конструктивной системы несущего остова – ствольно-каркасная, безригельная (рис. 1, *б*). Общая устойчивость несущего остова обеспечивается колоннами, диафрагмами жесткости в виде ствола и горизонтальными жесткими дисками перекрытий и покрытия (рис. 1, *б*).

Расположение вертикальных связей в плане здания в виде стволов симметрично расположенных относительно центральной оси перпендикулярной направлению с наименьшим центральным моментом инерции площади подошвы фундаментной плиты (Рис. 1б). Размеры стволов указаны на рис. 1б. Жесткость основания под фундаментной плитой примем в соответствии с гипотезой Винклера: $C_1 = 1961 \text{ кН/м}^3$, $C_2 = 0$. Вертикальные размеры указаны на рис. 2. Размеры фундаментной плиты в плане 20000×50000 мм.

Рассмотрим общую устойчивость высотного здания относительно оси с наименьшим центральным моментом инерции площади основания фундаментной плиты. Введем понятие вириала (V) сил тяжести относительно центра тяжести основания фундаментной плиты согласно [1], который будет выражать параметрическую нагрузку системы:

$$V = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N H_i \cdot \sum_{i=1}^N P_i, \quad (1)$$

где P_i , H_i – вес (16455 кН) и высота (5 м) этажа здания.

В соответствии с [2,3] критическое значение вириала будет равно:

$$V_{kr} = C_1 J_{oc}. \quad (2)$$

Здесь J_{oc} – наименьший центральный момент инерции площади основания фундаментной плиты.

На рис. 3 сопоставляются вириал (V) сил тяжести относительно центра тяжести основания фундаментной плиты согласно (1) и критическое значение вириала по формуле (2). Это позволяет найти критическую высоту здания.

Для остова ствольно-каркасной конструктивной системы с шарнирным сопряжением элементов каркаса (ригелей) со стволом (рис. 4, *а*, *б*) возникает во-

прос общей устойчивости ствола, фундамент которого взаимодействует с основанием с жесткостью C_1 [кН/м³]. Потеря общей устойчивости ствола несущей системы вызовет деформации крена, что окажет неблагоприятное воздействие на шарнирные узлы сопряжения элементов и геометрию каркаса.

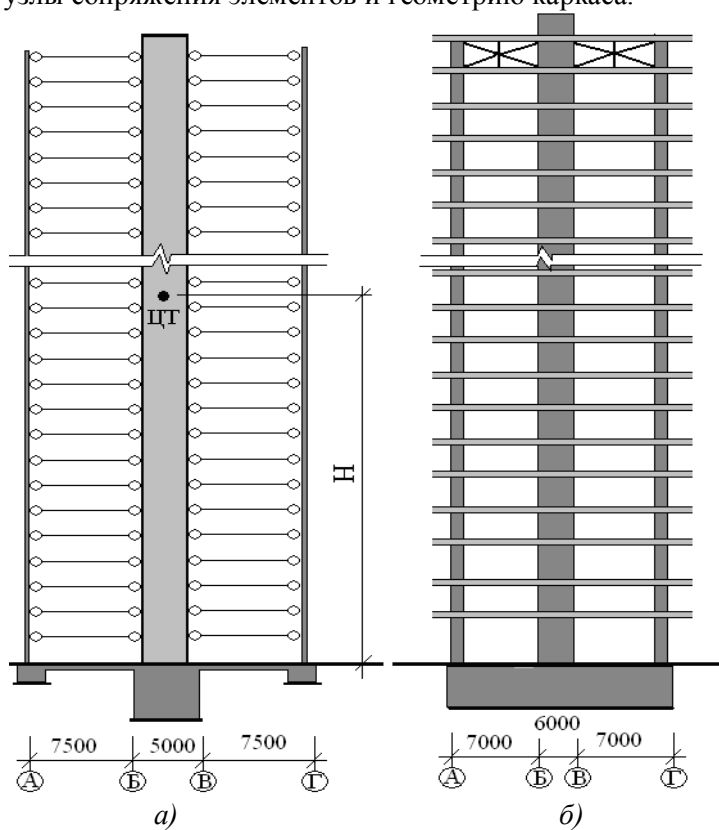


Рис. 1

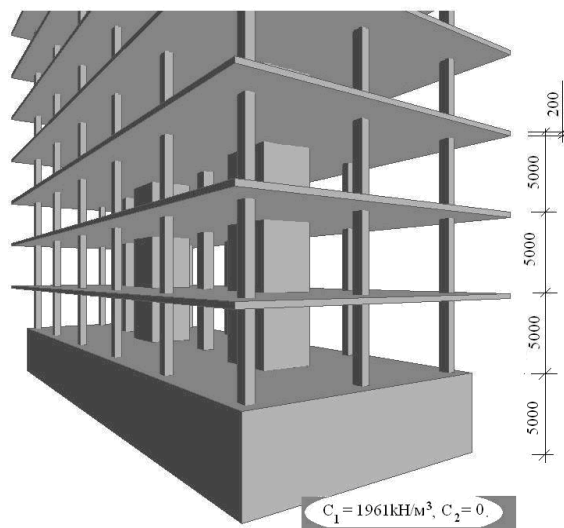


Рис. 2

Рассмотрим пример конструктивной системы несущего остова – ствольно-каркасная, ригельная (рис. 4, а). Общая устойчивость несущего остова обеспечивается пилонами, диафрагмами жесткости в виде ствола и горизонтальными жесткими дисками перекрытий и покрытия (рис. 4, б).

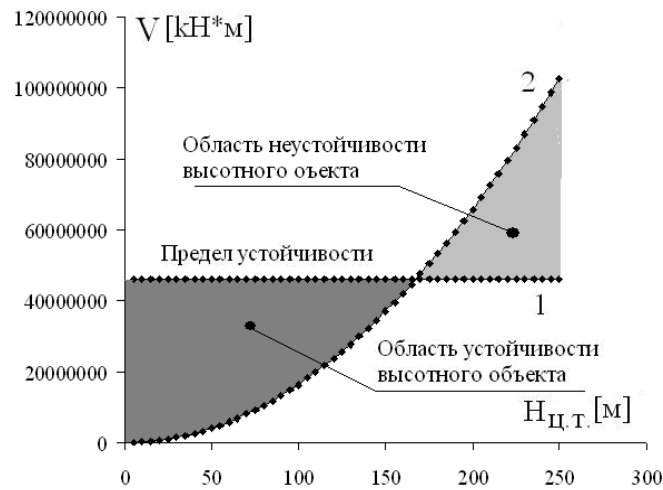
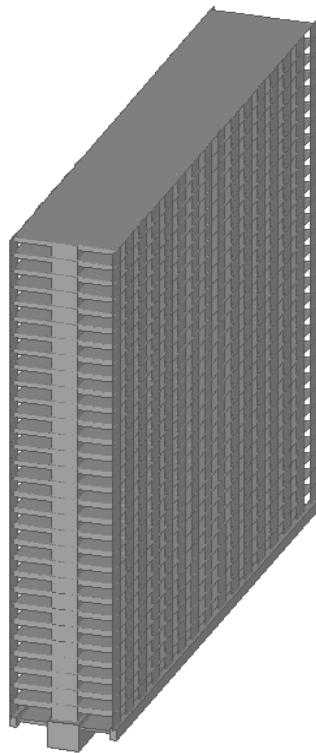
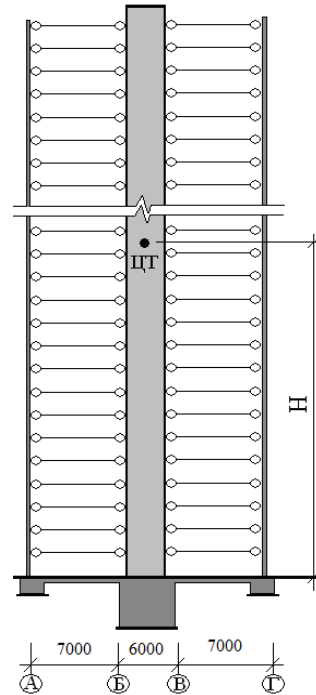


Рис. 3



а)



б)

Рис. 4

Размеры сечений вертикальных изменяются по высоте здания. Жесткость основания под фундаментной плитой примем в соответствии с гипотезой Винклера: $C_1 = 6000 \text{ [кН/м}^3\text{]}$, $C_2 = 0$. Вертикальные размеры указаны на рис. 5. Размеры фундаментной плиты в плане $6000 \times 60000 \text{ мм}$. Также как и в предыдущем примере, рассмотрим общую устойчивость высотного здания относительно оси с наименьшим центральным моментом инерции площади основания фундаментной плиты. Из графиков на рис. 6 видно, что при данном варианте несущего остова высотного здания его общая устойчивость будет обеспечена при высоте только до 90 метров.

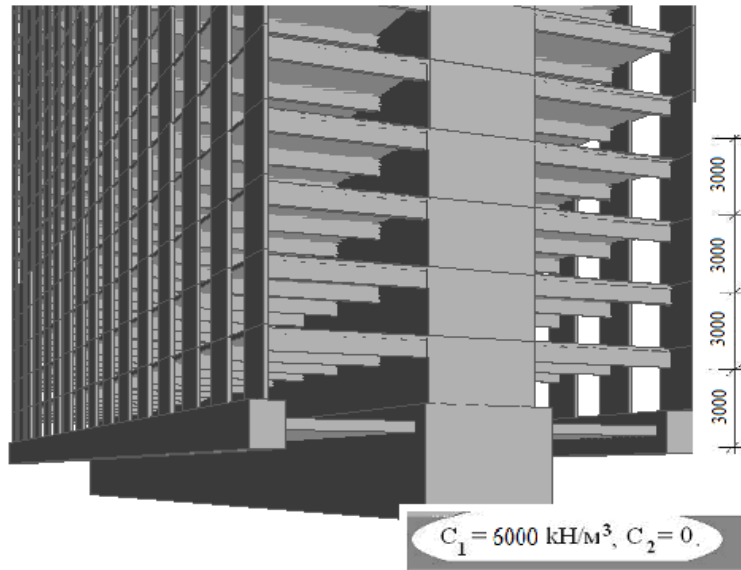


Рис. 5

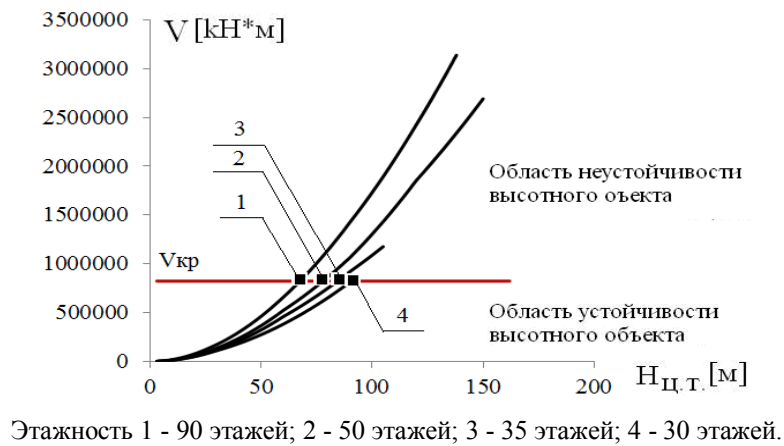


Рис. 6

Л и т е р а т у р а

1. Коллатц Л. Задачи на собственные значения / Л. Коллатц. М.: Наука, Гл. ред. физ. мат. лит., 1978.
2. Ржаницын А.Р. К вопросу о теоретическом весе стержневых конструкций. – Исследования по теории сооружений. – 1949. – Вып. IV.
3. Belostotsky A. Dip Angle of Capital Gate // Tall Buildings. – 2014. – №1. – P. 94-98.
4. Schofield J. Loads Numerical Simulation // Tall Buildings. – 2012. – №3. – P. 86-94.
5. Иноземцев В.К. Общая устойчивость сооружений на неоднородном нелинейно-деформируемом основании: Монография / В.К. Иноземцев, Н.Ф. Синева, О.В. Иноземцева. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2008. – 242 с.
6. Иноземцев В.К., Иноземцева В.К., Нащинцев Е.А. Многоэтажные и высотные здания. Бифуркационный критерий общей устойчивости. Расчетные комплексы МОНОМАХ 4.0 и ЛИРА 9.6 // Проблемы прочности элементов конструкций под действием нагрузок и рабочих сред: Межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2013. – С. 80-102.