

**ОБЩАЯ БИФУРКАЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ
НЕСУЩЕГО ОСТОВА СТВОЛЬНО-КАРКАСНОЙ
КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОТНОГО ОБЪЕКТА**

*В.К. ИНОЗЕМЦЕВ, доктор технических наук, профессор
О.В. ИНОЗЕМЦЕВА, кандидат технических наук, доцент
Е.А. НАЩИНЦЕВ, аспирант
Саратовский государственный технический университет,
410054, Саратов, ул. Политехническая, д. 77,
Тел.: +7-919-838-61-47; E-mail: naschintsew@mail.ru*

В статье рассматриваются результаты расчета критической нагрузки для высотных объектов с шарнирной конструктивной схемой каркаса (общая устойчивость, как и восприятие горизонтальных (ветровых) нагрузок, обеспечивается ядром жесткости (стволом несущего остова) и жесткой (общая устойчивость несущего остова обеспечивается колоннами, диафрагмами жесткости в виде ствола и горизонтальными жесткими дисками перекрытий и покрытия).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: критическая нагрузка, бифуркационная устойчивость, несущий остов, вириал.

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.

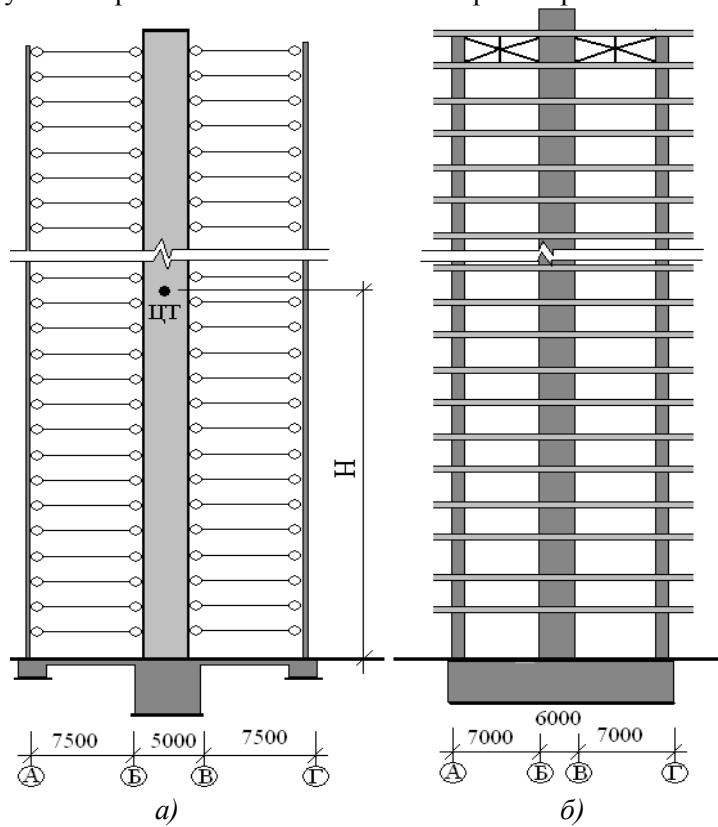


Рис. 1

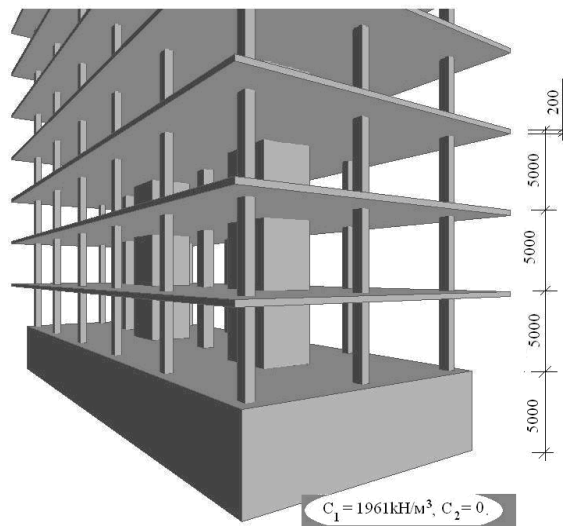


Рис. 2

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).

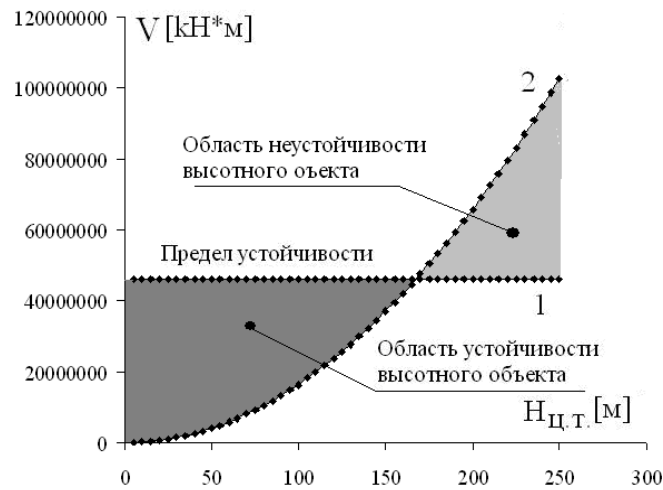


Рис. 3

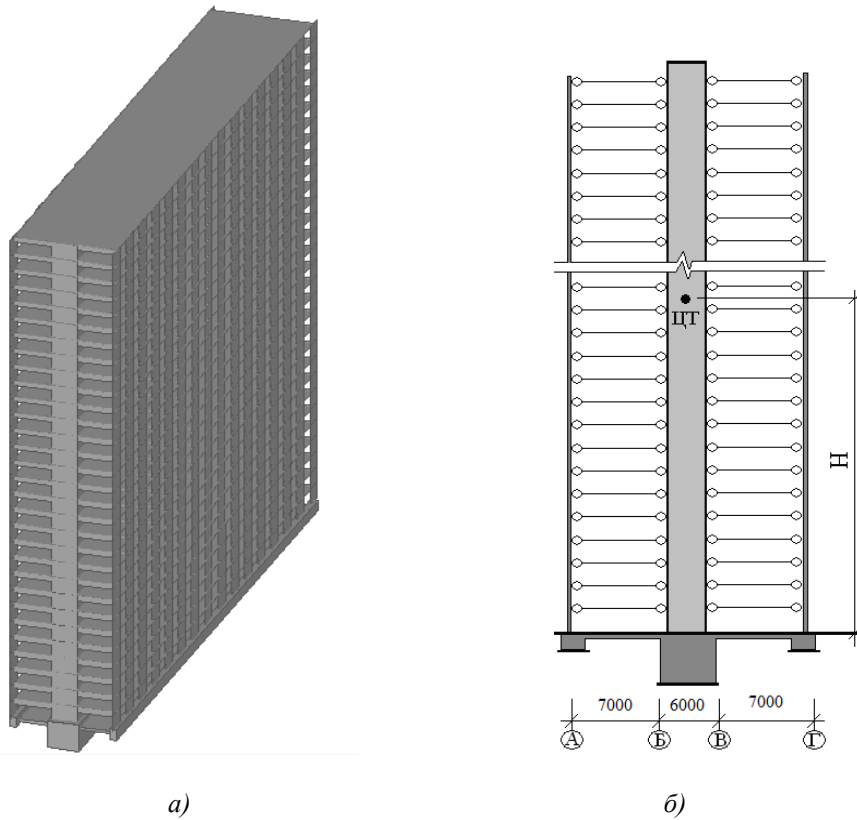


Рис. 4

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.

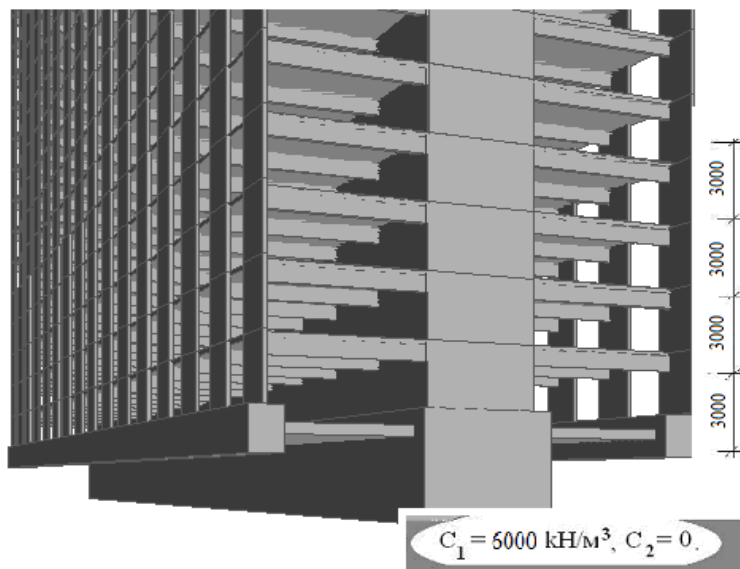


Рис. 5

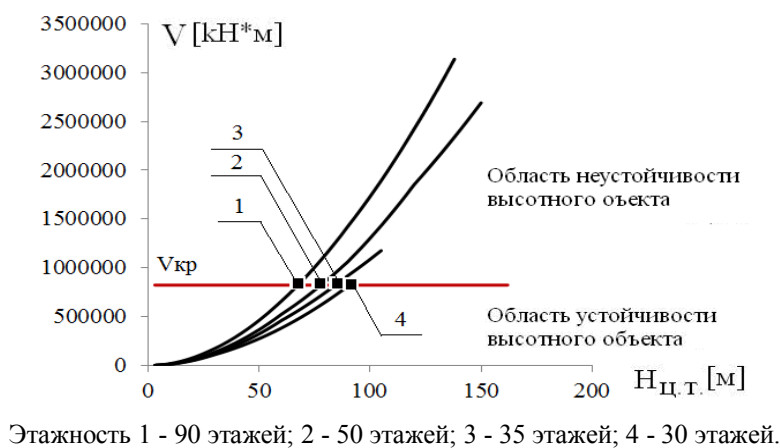


Рис. 6

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 МО-НОМАХ 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.

References

1. Kollatts L. (1978). *Zadachi Na Sobstvennyye Znacheniya*. M.: Nauka, GRFML.
2. Rzhانيتын AR (1949). K voprosu o teoreticheskom vese sterzhnevyykh konstruksiy. *Issledovaniya po Teorii Sooruzheniy*, Vol. IV.

3. *Belostotsky A* (2014). Dip Angle of Capital Gate. *Tall Buildings*, № 1, p. 94-98.
4. *Schofield J* (2012). Loads Numerical Simulation. *Tall Buildings*, № 3, p. 86-94.
5. *Inozemtsev VK* (2008). *Obshchaya Ustoychivost Sooruzheniy Na Neodnorodnom Nelineynno-Deformiruyemom Osnovanii*: Monografiya. VK Inozemtsev, NF Sineva, OV Inozemtseva, Saratov: Sarat. gos. tekhn. un-t, 242 p.
6. *Inozemtsev VK, Inozemtseva VK, Nashchintsev YeA* (2013). Mnogoetazhnyye i vysotnyye zdaniya. Bifurkatsionnyy kriteriy obshchey ustoychivosti. Raschetnyye komplekсы MONOMAKh 4.0 i LIRA 9.6. *Problemy Prochnosti Elementov Konstruktsiy Pod Deystviyem Nagruzok I Rabochikh Sred*: Mezhvuz. Nauch. Sb., Saratov: SGTU, p. 80-102.

**OVERALL STABILITY BIFURCATION BEARING RECEIVER
SKELETON-FRAME STRUCTURAL SYSTEM OF TALL OBJECTS**

V.K. Inozemtzev, O.V. Inozemtzeva, and E.A. Nachshintsev

The article discusses the results of calculation of the critical load for high-rise buildings with a hinged frame design scheme (total resistance as the perception of horizontal (wind) loads, provided the kernel hardness (trunk bearing skeleton.) And hard (total resistance provided by the carrier core columns, diaphragm stiffness a horizontal trunk and hard drives overlap and cover)

KEYWORDS: critical load bifurcation stability bearing skeleton virial.

