

ВЛИЯНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ЭТАПОВ РЕКОНСТРУКЦИИ НА НДС КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ НА ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

**В. В. Яркин к.т.н., доцент; Е. О. Брыжатая к.т.н., доцент;
А. В. Кухарь к.т.н., доцент; Н. С. Масло**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Аннотация. В статье исследовано влияние очередности этапов реконструкции с надстройкой на напряженно-деформированное состояние конструкций здания, эксплуатирующегося на подрабатываемой территории. Исследование выполнено на примере здания гостиницы «Олимп» в г. Донецке, в котором предусмотрена надстройка двумя этажами блока «А» и блока «Б». Напряженно-деформированное состояние здания определялось совместным расчетом системы «основание-фундамент-здание» с учетом деформаций земной поверхности от подработки до реконструкции, в процессе реконструкции и после реконструкции. При этом рассматривалась разная очередность этапов реконструкции. Приведен анализ напряженно-деформированного состояния несущих конструкций исследуемого здания и определена наиболее рациональная последовательность надстройки блоков «А» и «Б» гостиницы.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, подрабатываемые территории, вынужденные деформации основания, реконструкция.



Яркин
Виктор Владимирович



Брыжатая
Екатерина Олеговна



Кухарь
Анна Владимировна



Масло
Николай Сергеевич

Введение. Особенностью развития и роста крупных городов в настоящее время является то, что наиболее интенсивные строительные работы ведутся в их центральной части. Это обусловлено привлекательностью для инвесторов строительства в районах с уже развитой инфраструктурой и наибольшей концентрацией населения [1]. При этом значительную часть строительных работ составляют работы по реконструкции существующих зданий как за счет освоения подземного пространства, так и их надстройки. Изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового основания в этом случае может привести к дополнительным усилиям и деформациям конструкций как реконструируемых зданий, так и рядом расположенных [2, 3]. При выполнении реконструкции на подрабатываемых территориях ситуация осложняется еще и наличием в конструкциях зданий дополнительных усилий, вызванных деформациями земной поверхности от подработки [4, 5, 6, 7, 8]. Изменение параметров мульды сдвижения при движении фронта горных работ может привести к смене знака усилий в отдельных конструктивных элементах здания. Очередность выполнения строительных работ по реконструкции также может повлиять на напряженно-деформированное состояние конструкций здания [9, 10, 11]. В связи с этим в данной статье рассмотрена возможность снижения дополнительных усилий в конструкциях здания, эксплуатирующегося на подрабатываемой территории, путем изменения очередности этапов его надстройки.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Исследование влияния очередности этапов надстройки на напряженно-деформированное состояние

конструкций здания выполнено на примере гостиницы «Олимп», расположенной в Ворошиловском районе г. Донецка.

Здание гостиницы «Олимп» состоит из двух блоков, разделенных деформационным швом, и имеет разнотипные фундаменты с различной глубиной заложения, а также сложное напластование различных по деформативности слоев грунта. Все это предус-

полагает к возникновению неравномерных деформаций основания, которые усугубляются воздействием подработки. Блок «А» в осях А–Г представляет собой сборный железобетонный каркас по серии ИИ-04-2, а блок «Б» в осях Д–К – сборный железобетонный каркас по серии ИИ-22. Реконструкция предусматривает надстройку двумя этажами блока «А» и блока «Б» (рис. 1).

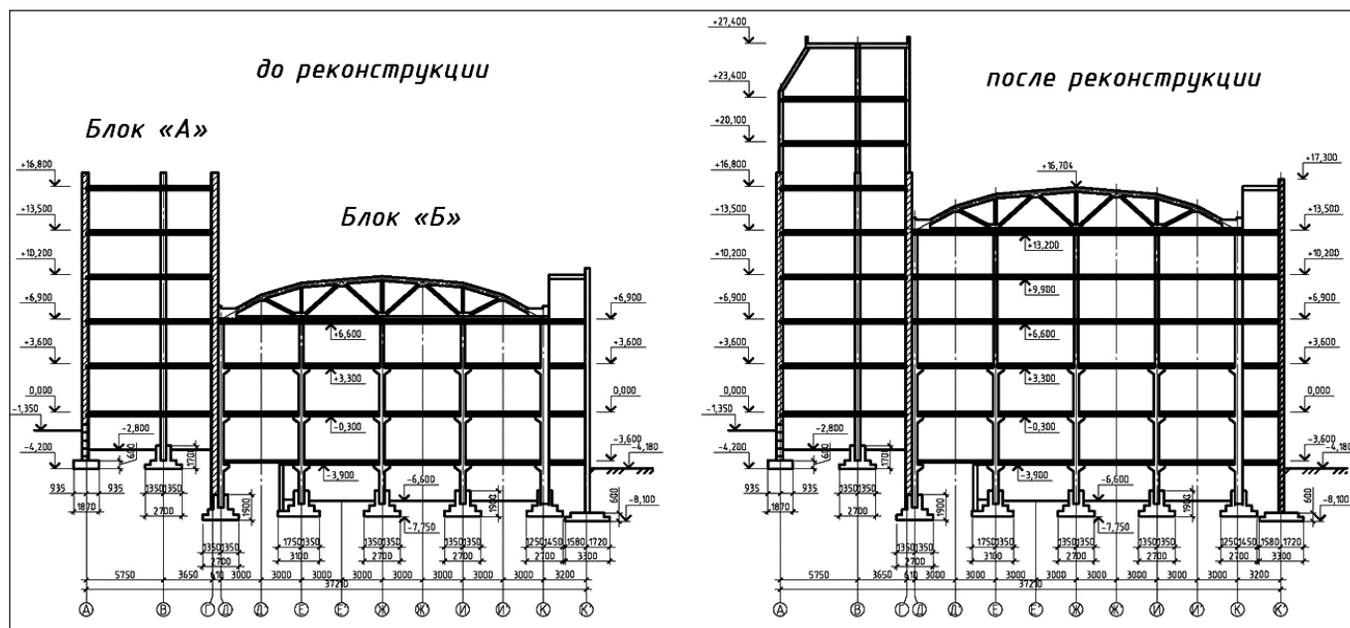


Рис. 1. Разрез гостиницы «Олимп» до и после реконструкции

Фундаменты решены в виде монолитных лент под несущие стены и столбчатых фундаментов под колонны. Естественным основанием фундаментов является суглинок желто-бурый твердый со следующими основными физико-механическими характеристиками: удельный вес грунта $\lambda = 19,03 \text{ кН/м}^3$; удельное сцепление грунта $c = 25 \text{ кПа}$; угол внутреннего трения грунта $\varphi = 19^\circ$; модуль деформации грунта $E = 13 \text{ МПа}$.

Площадка строительства относится к III группе подрабатываемых территорий, поскольку величины вероятных деформаций земной поверхности составляют: наклоны, $i = 6,7 \text{ мм/м}$; относительные горизонтальные деформации, $\varepsilon = 4,0 \text{ мм/м}$; радиус кривизны, $R = 10,6 \text{ км}$.

В здании предусмотрены конструктивные меры защиты от подработки.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнялось путем совместного расчета системы «основание-фундамент-здание» [12, 13], в котором основание моделировалось контактной моделью переменного коэффициента жесткости [5]. Определение коэффициентов жесткости основания выполнялось с учетом взаимного влияния фундаментов при помощи программного обеспечения Descop, разработанного на кафедре «ОФиПС» ГОУ ВПО «ДОННАСА».

Расчетная схема расположения элементов фундаментов, разработанная в ПО Descop, представлена на рис. 2.

Вертикальные деформации основания фундаментов и коэффициенты жесткости основания определялись для разных этапов нагружения здания: без надстройки, с учетом одновременной надстройки блока «А» и блока «Б», с учетом первоначальной надстройки блока «А» и с первоначальной надстройкой блока «Б».

Схемы мозаик осадок (S , $S+S_{\text{нр}}$) и коэффициентов жесткости основания фундаментов C_z гостиницы «Олимп» без надстройки и с учетом различной очередности надстройки здания представлены на рис. 3.

Выявлены участки фундаментов с наибольшей неравномерностью деформаций основания от нагрузок основного сочетания, которые расположены в зоне деформационного шва (элементы фундаментов Ф34 и Ф51; Ф5 и Ф35; Ф62 и Ф87; Ф58 и Ф83).

Для заданных условий подработки (ε ; R ; i) для всех элементов фундаментов были определены вынужденные перемещения основания, вызванные относительными горизонтальными деформациями и кривизной земной поверхности, а также дополнительная горизонтальная нагрузка от смещения центра тяжести здания при наклонах земной поверхности [14, 4, 5]. Наиболее неблагоприятным для здания является попадание на край мульды сдвига, при котором оно подвергается воздействию кривизны выпуклости земной поверхности и горизонтальным деформациям растяжения.

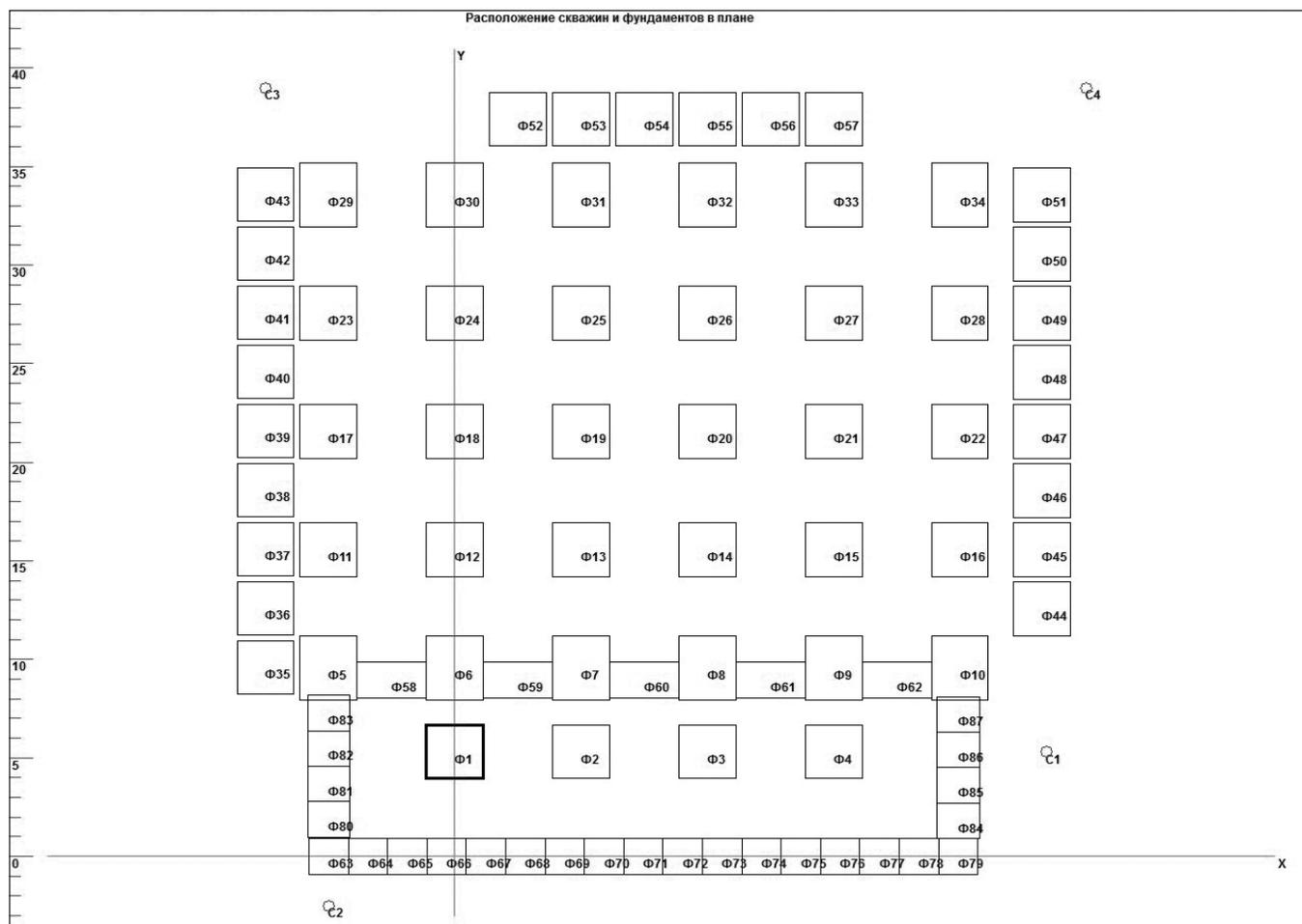


Рис. 2. Схема расположения элементов фундамента здания гостиницы «Олимп» (центр системы координат выбран на пересечении осей 2 и А)

Совместный расчет системы «основание-фундамент-здание» выполнялся в программном комплексе ЛИРА-САПР. Расчетная схема блока «А» до надстройки и с надстройкой представлена на рис. 4.

Основание моделировалось стержневыми элементами, жесткостные характеристики которых определялись в зависимости от коэффициента жесткости основания и размеров заменяемого участка основания [5].

Расчет здания гостиницы выполнялся на основное и особое сочетание нагрузок и воздействий. В особом сочетании нагрузок учитывалось влияние подработки, которое моделировалось вынужденными перемещениями основания, вызванными относительными горизонтальными деформациями и кривизной земной поверхности, а также дополнительной горизонтальной нагрузкой от смещения центра тяжести здания при наклонах земной поверхности. Вынужденные перемещения основания от подработки прикладывались к опорным сечениям стержней, моделирующих основание. При этом кривизна земной поверхности учитывалась вынужденными вертикальными перемещениями и углом поворота основания, а относительные горизонтальные деформации земной поверхности учитывались соответствующими горизонтальными перемещениями основания.

Следует также отметить, что при надстройке здания меняется относительная жесткость системы

«основание-фундамент-здание», так как жесткость здания увеличивается, а жесткость основания наоборот уменьшается [9, 10, 5]. Например, при надстройке блока «А» гостиницы «Олимп» двумя этажами жесткость основания фундаментов снижается на $\approx 15,5\%$. При этом, как известно, снижение жесткости основания позволяет уменьшить в конструкциях здания усилия и напряжения, вызванные вынужденными перемещениями основания [15]. То есть, в условиях подработки надстройка здания увеличивает уровень усилий и напряжений от основного сочетания нагрузок, но при этом снижает дополнительные усилия и напряжения, вызванные особым сочетанием нагрузок и воздействий. Это приводит также к увеличению разницы между вынужденными деформациями земной поверхности от подработки и фактическими деформациями основания фундаментов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Часть результатов НДС здания гостиницы, полученных при совместном расчете системы «основание-фундамент-здание», с учетом подработки, представлены на рис. 5-6.

Влияние последовательности надстройки здания на неравномерность деформаций основания фундаментов и максимальную величину вертикальных деформаций показаны на рис. 7-8.

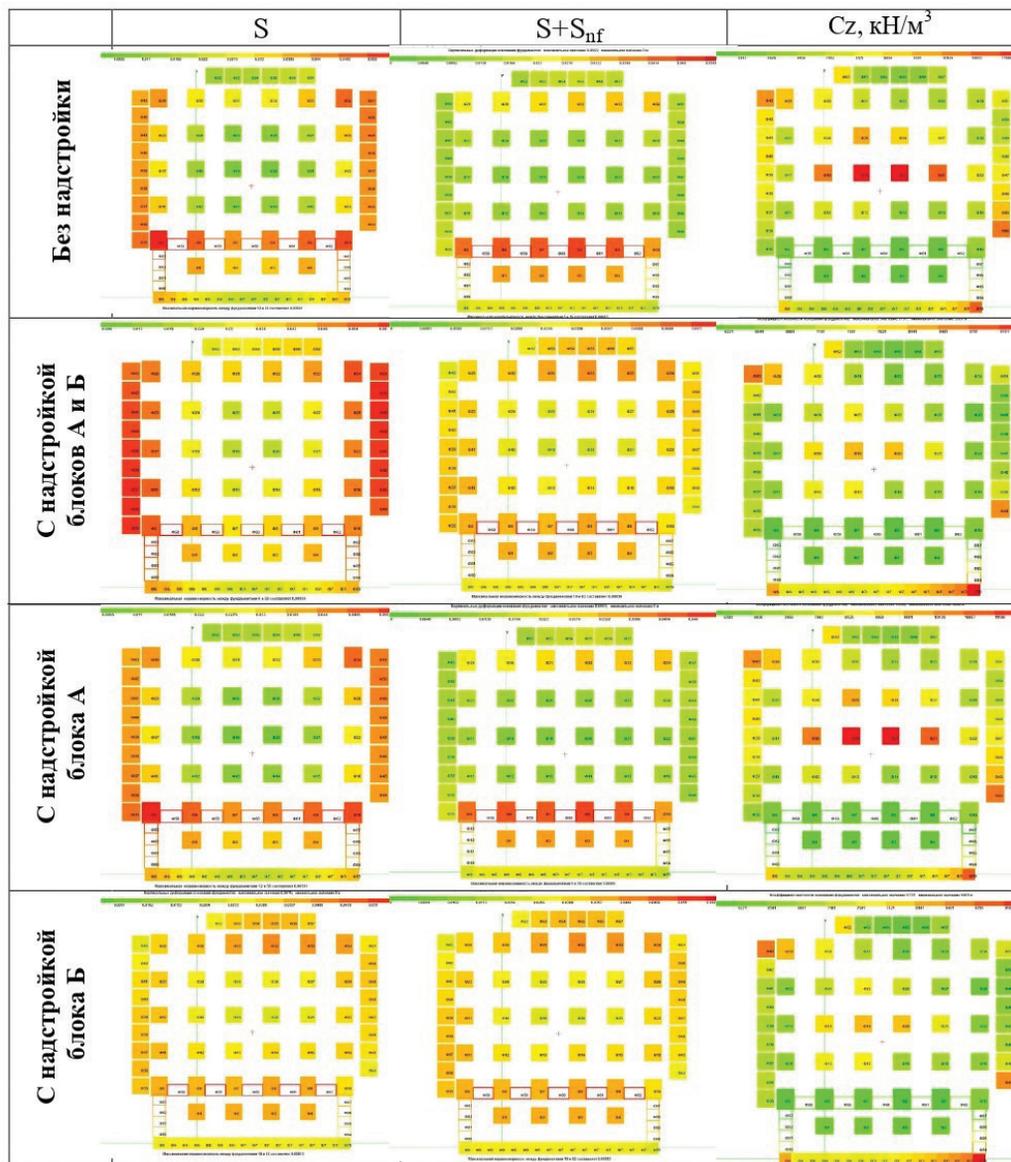


Рис. 3. Мозаика осадок (S , $S+S_{nf}$) и коэффициентов жесткости основания фундаментов C_z гостиницы «Олимп» с учетом различных этапов надстройки здания

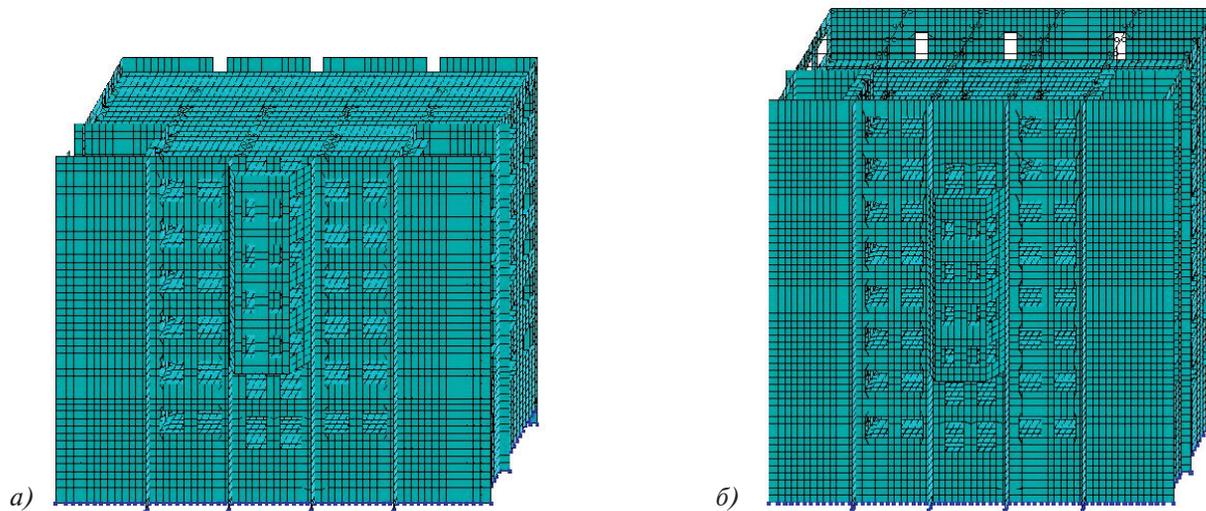


Рис. 4. Расчетная схема блока «А» гостиницы «Олимп» в ПК ЛИРА-САПР
а) без надстройки б) с надстройкой

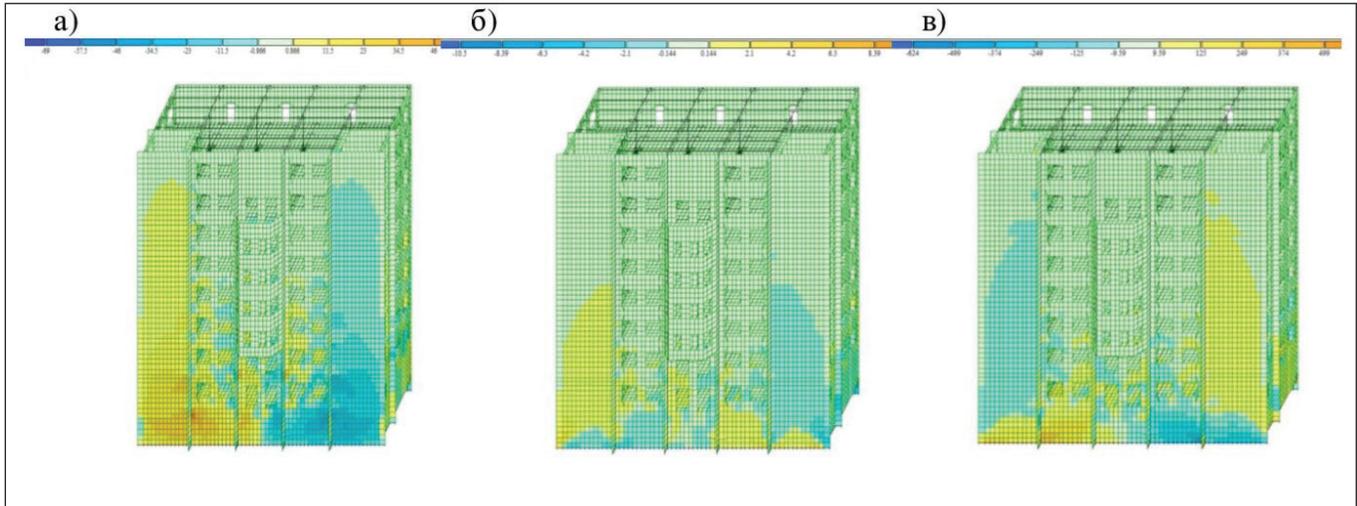


Рис. 5. Касательные напряжения τ_{xy} в конструкциях блока «А» гостиницы «Олимп» с надстройкой и учетом дополнительных вынужденных воздействий от влияния подработки: а) вертикальные перемещения, б) угол поворота, в) горизонтальные перемещения

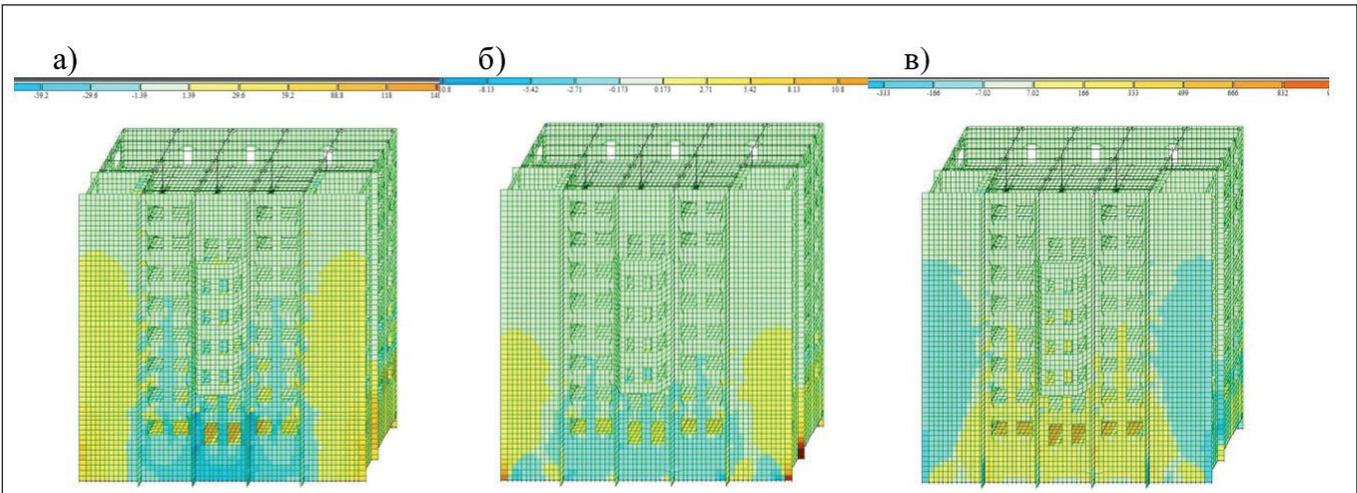


Рис. 6. Напряжения N_x в конструкциях блока «А» гостиницы «Олимп» с надстройкой и учетом дополнительных воздействий от влияния подработки: а) вертикальные перемещения, б) угол поворота, в) горизонтальные перемещения

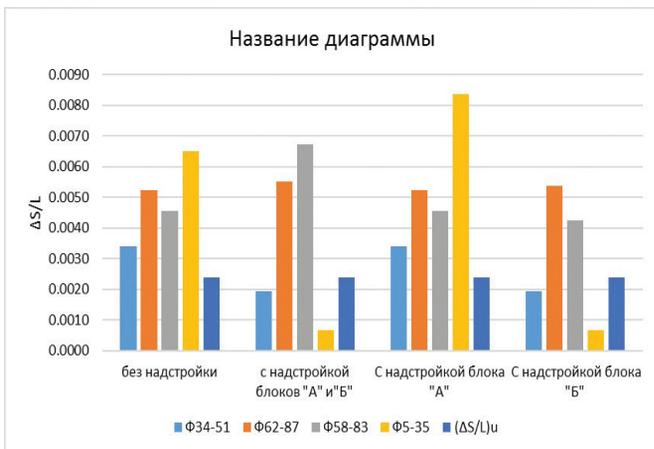


Рис. 7. Влияние последовательности надстройки здания на неравномерность осадок фундаментов, расположенных в наиболее неблагоприятных местах здания

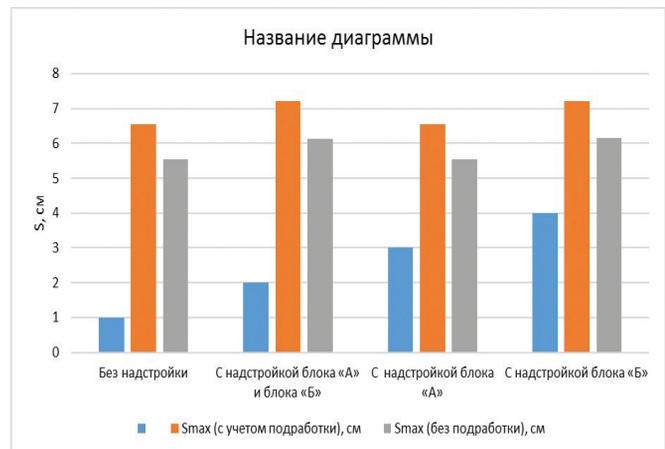


Рис. 8. Максимальные вертикальные деформации основания при различной очередности надстройки

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие основные выводы:

Абсолютные значения осадок фундаментов после реконструкции увеличиваются не более чем на 1 см и не превышают допустимых значений осадок, однако неравномерность осадок на некоторых участках превышает допустимые значения.

Очередность надстройки блоков «А» и «Б» здания гостиницы «Олимп» влияет на неравномерность осадок фундаментов как в процессе надстройки, так и после стабилизации осадок. При надстройке сначала блока «А», а затем блока «Б» неравномерность осадок фундаментов практически совпадает со значениями до реконструкции. При надстройке сначала блока «Б», а затем блока «А» на некоторых участках неравномерность осадок можно даже уменьшить по сравнению со значениями до реконструкции.

Снижение жесткости основания за счет увеличения уровня его нагружения при надстройке позволяет уменьшить в конструкциях здания дополнительные усилия и напряжения, вызванные воздействием подработки. Так как в здании были предусмотрены конструктивные меры защиты от подработки, и имелся определенный запас прочности и жесткости конструкций, надстройку здания гостиницы «Олимп» можно выполнить без дополнительных мероприятий по усилению оснований и фундаментов.

Рекомендуется снизить значения относительных осадок в зоне деформационного шва здания между блоками «А» и «Б» за счет надстройки в первую очередь блока «Б», а потом блока «А».

Список литературы

1. Пономарев, А. Б. Реконструкция подземного пространства / Учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2006. 232 с.
2. Улицкий, В. М. Геотехническое сопровождение развития городов / В. М. Улицкий, А. Г. Шашкин, К. Г. Шашкин. СПб.: «Стройиздат Северо-Запад», Группа компаний «Геореконструкция», 2010. 551 с.
3. Мангушев, Р. А. Технологические осадки зданий и сооружений в зоне влияния подземного строительства / Р. А. Мангушев, Н. С. Никифорова. М.: Изд-во АСВ, 2017. 168 с.
4. Милоков, Д. А. Строительство и защита жилых и гражданских зданий на подрабатываемых территориях / Д. А. Милоков, А. А. Петраков. К.: Будівельник, 1981. 104 с.
5. Яркин, В. В. Моделирование системы «основание-фундамент-сооружение» в сложных инженерно-геологических условиях [Электронный ресурс]: монография / В. В. Яркин; под редакцией А. А. Петракова. Макеевка: ДонНАСА, ЭБС АСВ, 2020. 392 с.
6. Bolotov, U. Calculations and protection of buildings against mining subsidence / U. Bolotov, J. Slobodyan, V. Zotov // Budownictwo Politechniki Slaskiej. Gliwice, Zeczytu Naukowe. — 1995. — №2. — P. 15-19.
7. Olivier Deck. Numerical study of the soil–structure interaction within mining subsidence areas / Olivier Deck, Harlalka Anirudh // Computers and Geotechnics, No. 37, 2010. pp. 802-816.
8. Olivier Deck. Taking the soil–structure interaction into account in assessing the loading of a structure in a mining subsidence area / Olivier Deck, Marwan Al Heib, Françoise Homand // Engineering Structures 25, 2003. pp. 435–448.
9. Гарагаш, Б. А. Надежность пространственных регулируемых систем «основание-сооружение» при неравномерных деформациях основания. В 2-х томах. Учебное издание / Б. А. Гарагаш. М.: АСВ, 2012. 416, 472 с.
10. Перельмутер, А. В. Учет изменения жесткостей элементов в процессе монтажа и эксплуатации / А. В. Перельмутер, О. В. Кабанцев // Инженерно-строительный журнал, № 1(53), 2015. С. 6–14.
11. Яркин, В. В. Регулирование усилий в плитном фундаменте в процессе возведения здания / В. В. Яркин, А. В. Кухарь // Современное промышленное и гражданское строительство, Т. 12, № 3, 2016. С. 119-126.
12. Frank, R. Some aspects of soil-structure interaction according to Eurocode 7 'Geotechnical design' / R. Frank // Engenharia Civil, Vol. 25, 2006. pp. 5-16.
13. Imanzadeh S., Denis A., Marache A. Foundation and overall structure designs of continuous spread footings along with soil spatial variability and geological anomaly // Engineering Structures. — 2014. — №71. — P. 212-221.
14. Li, P.X. Calculation of maximum ground movement and deformation caused by mining / Li P.X., Tan Z.X., Deng K.Z. // Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Edition), Vol. 3(21), 2011. pp. 562-569. DOI:10.1016/S1003-6326(12)61641-0.
15. Яркин, В. В. Влияние вынужденных перемещений основания при подработке на напряженно-деформированное состояние многоэтажного каркасного здания / В. В. Яркин, Т. В. Морозова, Е. О. Брыжатая // Металлические конструкции, Т. 23, № 2, 2017. С. 59- 68.