

УДК 624.048

канд. техн. наук Сьомчина М.В.,
masha.syom@gmail.com , ORCID: 0000-0002-3034-8951,
Запорізька державна інженерна академія

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ РОЗРАХУНКОВИХ СХЕМ БУДІВЕЛЬ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ В УМОВАХ ПРОСІДАЮЧИХ ҐРУНТІВ

Пропонується використання методики розрахунку системи «будівля-основа» з врахуванням можливих посадовчих деформацій по тривимірній моделі. На прикладі будівлі гуртожитку по вул. М.Гончаренко, 13 в м. Запоріжжі виконаний розрахунок і аналіз результатів по можливості надбудови додаткового поверху в будівлі. Несуча здатність будівлі з врахуванням реконструкції забезпечується за умови виключення замочування просідаючих ґрунтів основи і розробці комплексу водозахисних заходів.

Ключові слова: розрахункова модель, напружено-деформований стан, просадка, деформації ґрунту, реконструкція

Актуальність проблеми. В наш час в Україні спостерігається зниження обсягів нового будівництва та все більше обертів набирає реконструкція будівель. Особливо актуальною стала надбудова додаткових поверхів над існуючими та недобудованими будівлями і зміна функціонального призначення їх приміщень. Це пов'язано з потребою у додаткових площах громадських будівель, відсутністю вільних площ під будівництво у районах із забудовою, що вже склалася, зниженні витрат на придбання земельних ділянок, а також виключенням вартості існуючих конструкцій будівель і всіх інженерних мереж. Переважно реконструюються будівлі, розташовані в центральній частині міст, побудовані в 60-70-х рр., які проектувалися без урахування впливу можливих деформацій ґрунтової основи. Тому зараз гостроти набула проблема збереження несучої здатності таких будівель після їх реконструкції.

Аналіз проведених досліджень. Рішенню проблем, пов'язаних з моделюванням зовнішніх впливів на будівлі і споруди, урахуванням їх взаємодії з ґрунтовими основами, прогнозування їх поведінки при можливих просідаючих явищах присвячений ряд досліджень А. С. Городецького, С. Н. Клепікова, А. В. Перельмутера, В. А. Банаха та інших [1...4].

Метою дослідження є аналіз напружено-деформованого стану (НДС) будівлі від дії просідаючих впливів, на підставі якого вибирається спосіб посилення та оцінка резерву несучої здатності будівлі, що реконструюється.

Методика розрахунку. Одним з методів оцінки несучої здатності будівлі, що реконструюється, є дослідження його НДС від дії можливих

просідаючих впливів на ґрунтову основу будівлі.

Сучасна обчислювальна техніка дозволяє використання у розрахунковій практиці моделей з тривимірною основою. Ефективні обчислювальні методи, наприклад, метод скінчених елементів (СЕ), надають можливість розраховувати будівлі спільно з просідаючою основою за прийнятний час розрахунку.

Така методика розрахунку будівель розроблена на кафедрі міського будівництва та господарства Запорізької державної інженерної академії. Вона дозволяє досліджувати НДС конструкцій будівлі спільно з просідаючою основою по тривимірній розрахунковій моделі, дає можливість виключити недоліки, властиві попереднім розрахунковим моделям. Для стадійності оцінки результатів розрахунків умовно розділяється на три послідовні етапи.

На першому етапі оцінюється можливість і обсяги запланованої реконструкції без урахування просадки. На цьому етапі розрахункова модель будівлі включає всі елементи несучих стін, фундаментів, які моделюються пластинчастими елементами скінченої товщини, а також конструкцій перекриттів і покриття будівлі, представленими стержневими СЕ еквівалентної жорсткості. Результатами розрахунку є напруга, що виникає в існуючих несучих стінах, а також таких, що надбудовуються. За результатами розрахунку на даному етапі цілком можна судити про можливість або ж масштаби реконструкції, а також доцільність подальшого дослідження НДС будівлі. Проте, враховуючи той факт, що розрахунок виконується без врахування впливу ґрунтових умов, ці результати не можуть бути використані для остаточного аналізу, оскільки не відображують реальну ситуацію.

На другому етапі проводиться розрахунок будівлі спільно з основою. Розрахункова модель будівлі аналогічна попередній, а основа моделюється просторовими тривимірними СЕ, що пошарово моделюють масив ґрунту відповідно до інженерно-геологічних умов майданчика. При цьому для правильного обліку впливу ґрунту за межами будівлі і запобігання впливу закріплень на результати розрахунку цей масив включає ґрунт на відстані 10-15 м від крайніх несучих конструкцій будівлі. Результатами розрахунку на цьому етапі також є напруги в несучих стінах будівлі, а також величини осідань будівлі і горизонтальних переміщень ґрунту від діючих навантажень.

На третьому етапі виконується розрахунок просідаючої ґрунтової основи від можливого замочування відповідно до рекомендацій [5, 6]. При цьому враховується вірогідність замочування просідаючих ґрунтів з водонесучих комунікацій (інженерних мереж водопроводу та каналізації, включаючи зливу) та аналізуються можливі варіанти розташування просідаючої воронки.

Конструкції будівель на просідаючих ґрунтах проєктують з урахуванням можливості прояви вертикальних просадок ґрунту від навантажень, що

передаються фундаментам у межах зони, що деформується, від власної ваги ґрунту в нижній частині просідаючої товщі та від горизонтальних переміщень.

Максимальна просадка (вертикальне переміщення) ґрунту від власної ваги (рис. 1) визначається за формулою:

$$S_{np.зр.}^M = \sum_{i=1}^n \delta_{np.i} \cdot h_i \cdot m,$$

де n – число шарів, на які розбита зона, що деформується;

$\delta_{np.i}$ – відносна просадочність ґрунту i -го шару в межах товщини зони просадки від власної ваги в умовах повного водонасичення ґрунту при тиску, рівному природному тиску в середині даного шару;

h_i – товщина i -го шару ґрунту, м;

m – коефіцієнт умов роботи основи (приймається 1,0).

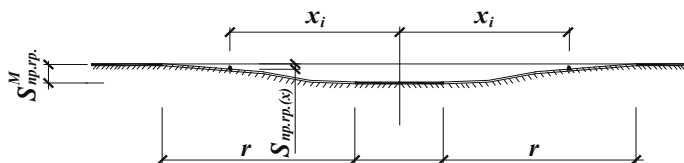


Рис. 1. Крива вертикальних переміщень ґрунту при замочуванні

Величина просадок ґрунтів від їх власної ваги $S_{np.зр.}^M(x)$ на криволінійних ділянках r їх розвитку в плані визначається по формулі:

$$S_{np.зр.}^M(x) = 0,5 \cdot S_{np.зр.}^M \left(1 + \cos \frac{\pi \cdot x}{r}\right),$$

де $S_{np.зр.}^M$ – максимальна просадка ґрунту від власної ваги в центрі замочуваної площі, см;

x – відстань від центру замочуваної площі або від початку горизонтальної ділянки просадки до i -ї крапки, в якій визначається величина просадки $S_{np.зр.}^M(x)$ (у межах $0 < x < r$), см;

r – довжина криволінійної ділянки просадки ґрунту від власної ваги, см, визначається за формулою $r = H_{sl} (0,5 + m_{\beta} \cdot tq\beta_l)$,

H_{sl} – повна величина просідаючої товщі, м.

Значення величини $0,5 + m_{\beta} \cdot tq\beta_l$ приймається по таблиці [6] залежно від будови просідаючої товщі.

На даному етапі використовується попередня розрахункова модель «будівля-основа», а просідаюча воронка з розрахунковими характеристиками в результаті прогнозованого замочування просідаючих ґрунтів моделюється локальною зміною жорсткісних характеристик СЕ, що моделюють основу у вигляді локальної зони замочування. Характеристики просідаючих шарів ґрунту у водонасиченому стані приймаються відповідно до результатів інженерно-геологічних досліджень. При цьому враховується найбільш несприятливе розташування зони замочування ґрунтів основи. Проте оскільки повне замочування всієї просідаючої товщі маловірогідне, при такому розрахунку область замочування слід задавати пошарово, відповідно змінюючи на кожному етапі розрахункові параметри воронки. Це дозволить визначити максимально можливу величину замочування просідаючої товщі, при якій ще виконуватиметься умови за граничними деформаціями та будівля ще відповідатиме умовам нормальної експлуатації, а також оцінити результати НДС будівлі, що реконструюється, з урахуванням просідаючої основи на кожному етапі замочування. Такий розрахунок дозволяє найточніше оцінити можливі наслідки реконструкції.

Матеріали дослідження. Така методика розрахунку застосовувалася для оцінки можливості реконструкції шляхом надбудови додаткових поверхів в громадських будівлях по вул. Лермонтова, 20, пр-ту Соборному, 180а, а також житлової будівлі по вул. М. Гончаренко, 13 в м. Запоріжжя. Результати розрахунків розглянемо на прикладі будівлі по вул. М. Гончаренко, 13.

Будівля має прямокутну форму в плані з габаритними розмірами 48х12 м. Будівля безкаркасна із застосуванням збірних залізобетонних елементів, а також подовжніх несучих цегляних стін. Будівля 3-поверхова з підвалом. Висота приміщень підвалу складає 2,37-2,60 м, висота приміщень 1...3-го поверхів будівлі складає 3,0 м.

Реконструкцією даної будівлі планувалося демонтувати дерев'яне покриття, а також частину збірного перекриття 3-го поверху будівлі. Також за проектом реконструкції надбудовується 4-й поверх з газобетонних блоків і влаштовується монолітний залізобетонний пояс поверх стін. На сталеві балки покриття і монолітний залізобетонний пояс зовнішніх і внутрішніх стінів спираються покриття з профільованих листів по сталевих балках.

При розрахунку використовувався програмний комплекс LIRA-Windows версії 9.4 (ліцензія для ЗДІА № 9У037014), що реалізовує метод СЕ [7].

Розрахункова модель будівлі представлена на рис. 2. За результатами статичного розрахунку будівлі, що реконструюється, на першому етапі отримані розподіли головної стискуючих і розтягуючих напружень у зовнішніх і внутрішніх стінах будівлі. Значення напружень порівнювалися із несучою

здатністю цеглини та газобетону, на стискування і розтягування та набуті значення не перевищують допустимих [8]. Таким чином, даний варіант реконструкції будівлі міг бути прийнятий для подальшого проектування.

На другому етапі розрахунку складена розрахункова модель будівлі спільно з основою, яка представлена на рис. 3. В результаті отримані розподіли головних напружень з урахуванням спільної роботи будівлі та ґрунтової основи, вертикальні осідання основи і фундаментів, а також горизонтальні деформації. Значення напружень в існуючих стінах з цеглини, а також тих, що надбудовуються з газобетону, не перевищили гранично допустимих, осідання будівлі склало 165 мм, що також менше гранично допустимого значення для даного типу будівель, яке складає 180 мм [9].

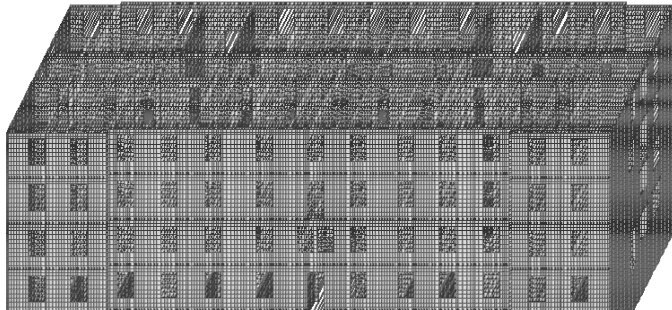


Рис. 2. Розрахункова схема моделі будівлі з врахуванням надбудови додаткового поверху

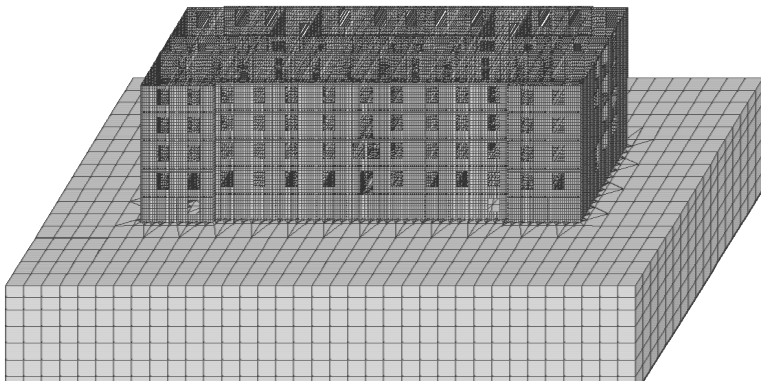


Рис. 3. Розрахункова модель системи «будівля-основа»

На третьому етапі обчислення дозволили визначити показники для розрахунку будівлі, що реконструювалася, на просідаючі дії:

- максимальна для території забудови просадка ґрунту від власної ваги в

центрі просідаючої воронки $S_{пр.вр}^M = 12,9$ см;

- повна величина просідаючої товщі $H_{sl} = 9$ м;

- радіус просідаючої воронки $r = 12,7$ м.

При розрахунку враховувалася можливість зміни фізико-механічних характеристик ґрунтів при замочуванні просідаючої основи з водонесучих комунікацій. При цьому найбільш вірогідним і несприятливим варіантом замочування визначено місце розташування точкового або лінійного джерела замочування посередині будівлі.

В результаті розрахунку отримана деформована схема системи «будівля-основа» при частковому замочуванні ґрунтової товщі з утворенням просідаючої воронки під серединою будівлі. При частковому замочуванні просідаючої товщі (на глибину 1 м від рівня підшви фундаментів) осадка будівлі складає 169 мм. Також отримана головна максимальна стискаюча і розтягуюча напруга в стінах з врахуванням замочування шарів просідаючої основи.

Висновки. Аналіз отриманих результатів розрахунку показав, що в разі розвитку просідаючих деформацій навіть при частковому і незначному замочуванні основи, несуча здатність цегельних і газобетонних стін при реконструкції будівлі недостатня.

За результатами проведених досліджень за оцінкою напружено-деформованого стану будівлі, що реконструюється, з урахуванням можливих просідаючих деформацій, можна зробити висновок, що прийняті конструктивні рішення з реконструкції дозволяють забезпечити необхідну несучу здатність будівлі за умови виключення замочування просідаючих ґрунтів основи.

Список використаних джерел

1. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Факт, 2005. – 344 с.
2. Клепиков С.Н., Трегуб А.С., Матвеев И.В. Расчет зданий и сооружений на просадочных грунтах. – К.: Будівельник, 1987. – 200 с.
3. Перельмутер А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А. В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 595 с.
4. Банах В.А. Использование результатов обследования существующих зданий для формирования и корректировки их расчетных моделей // Коммунальное хозяйство городов. – 2007. – № 76. – С. 101-106.
5. Инструкция по проектированию бескаркасных жилых домов, строящихся на просадочных грунтах с применением комплекса мероприятий : РСН 297-78. – К., 1978. – 85с.
6. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. ДБН В.1.1-5-2000//Ч.ІІ. Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах. – К., 2000. – 84 с.

7. ПК ЛИРА, версия 9. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций : [под ред. А.С.Городецкого]. – К.-М., 2003. – 464 с.
8. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. ДБН В.2.6-162:2010. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 98 с.
9. Основы та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10-2009. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 79 с.

к.т.н. Семчина М. В.,

Запорожская государственная инженерная академия

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ЗДАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ

Предлагается использование методики расчета системы «здание-основание» с учетом возможных просадочных деформаций по трехмерной модели. На примере здание общежития по ул. М. Гончаренко, 13 в г. Запорожье выполнен расчет и анализ результатов по возможности надстройки дополнительного этажа в здании. Несущая способность здания с учетом реконструкции обеспечивается при условии исключения замачивания просадочных грунтов основания и разработки комплекса водозащитных мероприятий.

Ключевые слова: расчетная модель, напряженно-деформированное состояние, просадка, деформации грунта, реконструкция, основание

c.t.s. Syomchina M.,

Zaporizhzhia State Engineering Academy

FEATURES OF FORMING THE BUILDINGS CALCULATION MODELS AT RECONSTRUCTION IN THE CONDITIONS OF SUBSIDED GROUND

The use of methodology of the system «building-foundation» calculation taking into account possible subsident soil deformation on a three-dimensional model is offered. On the example of building of hostel on a street Panfilovtsev, 13 in Zaporozhye a calculation and analysis of results is executed on possibility buildings on of additional floor in building. Bearing strength of building taking into account a reconstruction is provided on condition of exception of soakage of unstable soils of foundation and to development of complex of waterproof measures.

Keywords: calculation model, stress-strain state, subsided soil, soil deformations, reconstruction, the ground