



**ЧЕРВИНСЬКИЙ ЯКІВ
ЙОСИПОВИЧ**

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу досліджень технічного стану будівель та гідротехнічних споруд при небезпечних геологічних процесах Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій».

Автор понад 70 наукових робіт.
E-mail: niiskcher@yandex.ru



**ТИТАРЕНКО ВОЛОДИМИР
АНАТОЛІЙОВИЧ**

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії досліджень будівель і споруд на слабких ґрунтах (м. Полтава) Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій».

Автор понад 30 наукових робіт.
E-mail: 0679199507@ukr.net



**ДОМБРОВСЬКИЙ ЯРОСЛАВ
ГОРОВИЧ**

Старший науковий співробітник, керівник групи досліджень динамічних властивостей ґрунтів Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій».

Автор понад 10 наукових робіт.
E-mail: niiskgts@yandex.ru



**ДВОРНИК АНТОН
МИКОЛАЙОВИЧ**

Науковий співробітник Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

Автор понад 6 наукових робіт.
E-mail: niiskgts@yandex.ru

УДК 624.131.6

ГЕОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЛІ «ГОСТИННИЙ ДВІР» НА КОНТРАКТОВІЙ ПЛОЩІ В м. КИЄВІ

Ключеві слова: реконструкція, підсилення, метод змінних коефіцієнтів жорсткості основи, струминне ін'єктування

У статті розглянуто основні аспекти геотехнічних завдань, при реконструкції будівель в складних інженерно-геологічних умовах. Наведені приклади рішень геотехнічних завдань, реалізованих на конкретному об'єкті.

В статье рассмотрены основные аспекты геотехнических задач, решаемых при реконструкции зданий в сложных инженерно-геологических условиях. Приведены примеры решаемых геотехнических задач, реализованных на конкретном объекте.

The article considers the main aspects of geotechnical problems solved in the reconstruction of buildings in difficult engineering-geological conditions. Examples of solved geotechnical tasks implemented in a concrete object.

Вступ. Після будівництва в конструкціях споруди і в ґрунтовій основі формується відповідний напружено-деформований стан системи «будівля-основа». В процесі експлуатації будівлі при впливах техногенного і природного характеру цей стан змінюється. Зміни мають випадковий характер, тому перед реконструкцією фактичний характер напружено-деформованого стану описати неможливо. Реконструкція будівель в загальному вигляді це зміна конструктивної системи будівлі, в результаті чого відбувається перерозподіл навантажень на несучі конструкції і основу будівлі.

При реконструкції будівлі вирішуються наступні технічні

задачі: 1) формулювання мети реконструкції (кінцевий результат); 2) візуальне і інструментальне обстеження конструктивних елементів; 3) геодезичні і інженерно-геологічні вишукування; 4) аналіз результатів геодезичних і інженерно-геологічних вишукувань; 5) оцінка технічного стану конструкцій, конструктивних елементів і будівлі в цілому; 6) розробка проектної документації реконструкції; 7) виконання монтажно-будівельних робіт; 8) прийняття об'єкту і його експлуатація. Рішення всіх цих задач, у більший або менший мірі, пов'язано з геотехнічними питаннями. Розглянемо коротко у чому полягає цей зв'язок і визначимо основні геотехнічні задачі на кожному етапі:

1. Формулювання мети реконструкції. Визначення величини додаткових навантажень, а також прийняття рішення якою буде конструкція фундаментів. Слід враховувати те, що навантаження на основу не обов'язково збільшуються на усіх ділянках фундаменту будівлі.
2. Візуальне і інструментальне обстеження конструктивних елементів будівлі. Формулювання додаткових вимог для геодезичних і інженерно-геологічних вишукувань. Як це вже було відмічено раніше, фактична картина напружено-деформованого стану системи «будівля-основа» залежить від впливів техногенного і природного характеру, які мають випадковий характер. При візуальному обстеженні будівлі фіксуються пошкодження і дефекти в несучих конструктивних елементах. Аналіз цих пошкоджень може вказати на характер деформування основи будівлі.

3. Геодезичні і інженерно-геологічні вишукування. Визначення об'єму і складу вишукувань, які залежать від результатів рішення перших двох задач, а також контроль обов'язкового виконання всього об'єму вишукувань.
4. Аналіз результатів геодезичних і інженерно-геологічних вишукувань. Визначення наявності на прилеглий території небезпечних геологічних процесів, особливостей гідрогеологічного режиму в основі, а також наявності ґрунтів з особливими властивостями.
5. Оцінка технічного стану конструкцій, конструктивних елементів і будівлі в цілому. Рішення контактної задачі і визначення напружено-деформованого стану системи «будівля-основа».
6. Розробка проектною документації реконструкції. Розробка проекту конструктивної системи підсилення фундаментів і, при необхідності, способу закріплення ґрунтів, які мають особливі властивості.
7. Виконання монтажних-будівельних робіт. Контроль технологічних операцій під час виконання робіт по підсиленню фундаментів і закріпленню ґрунтів.
8. Прийняття об'єкту і його експлуатація. Моніторинг деформування основи, будівлі і споруд навколо реконструйованого об'єкту.

Розглянемо ці основні геотехнічні задачі на прикладі роботи на об'єкті реконструкції будівлі «Гостинний двір».

Коротка історична довідка. Гостинний двір у Києві — торговельний комплекс на Контрактовій площі на Подолі, зведений 1809 році замість старого двору (60-ті роки XVIII ст., архітектор Іван Григорович-Барський).

У 1808 році архітектор Л. Руска запропонував новий проект Гостинного двору в стилі класицизму. Це мав бути монументальний торговельний комплекс у вигляді замкненого прямокутника з внутрішнім службовим приміщенням, до якого вели шість воріт.

Одразу його завершити не вдалось через пожежу 1811 р., яка охопила велику частину Києва, а також через війну 1812 р. На той час збудували лише перший поверх будівлі, хоча за планом архітектора Л. Руски їх мало бути два. Довелось лише накрити перший дахом і залишити будинок одноповерховим. Зовнішні сторони двору були оточені арковими



Рис. 2. Видяг фасаду в цифрових осях.

галереями, фасади (південний і північний — довжиною по 100 м, східний та західний — по 60 м) прикрашені пілястрами та пофарбовані в жовтий та білий кольори.

Перша реконструкція була проведена 1828 р. архітектором Андрієм Меленським після пожежі, а у другій половині XIX ст. будівля була знову перебудована (замуровані аркові галереї).

Наступна масштабна реконструкція проведена у 1980–1982 рр. до 1500-річчя Києва під керівництвом архітектора В. П. Шевченко. Тоді надбудували другий поверх, так як було заплановано ще першим проектом, та оновили будинок зсередини. Фактично це було нове будівництво на окремих фрагментах старих фундаментів. Старі надземні конструкції були повністю демонтовані.

Сучасний від будівлі «Гостинний двір» наведено на рисунках 1 і 2.

Мета реконструкції. На даний момент будівля являє собою дві П-подібні частини, що утворюють замкнений внутрішній простір (дивись рисунок 3). Розміри в осях — 122,2x65,5 м. Будівля двоповерхова з підвалом. В ній були розміщені проектний інститут, театр, бібліотека та інші адміністративні приміщення.

Проектом реконструкції будинку Гостинного двору передбачається функціональне переобладнання будинку в торговельно-офісний центр, влаштування одного підземного поверху у внутрішньо-дворовому просторі, влаштування мансардного поверху, перекриття внутрішнього двору та інші заходи.

Візуальне і інструментальне обстеження. Перед початком реконструкції будівлі було виконане обстеження надземних несучих будівельних конструкцій і фундаментів будівлі.

В результаті обстеження будівельних конструкцій встановлено, що основними пошкодженнями є вертикальні і горизонтальні тріщини в цегляних стінах із шириною розкриття до 3,0 мм, розкриття деформаційних швів — вивітрювання і випадання із них розчину; тріщини із шириною розкриття до 1,0 мм в стиках плит перекриття; замокання



Рис. 1. Видяг фасаду в буквених осях.

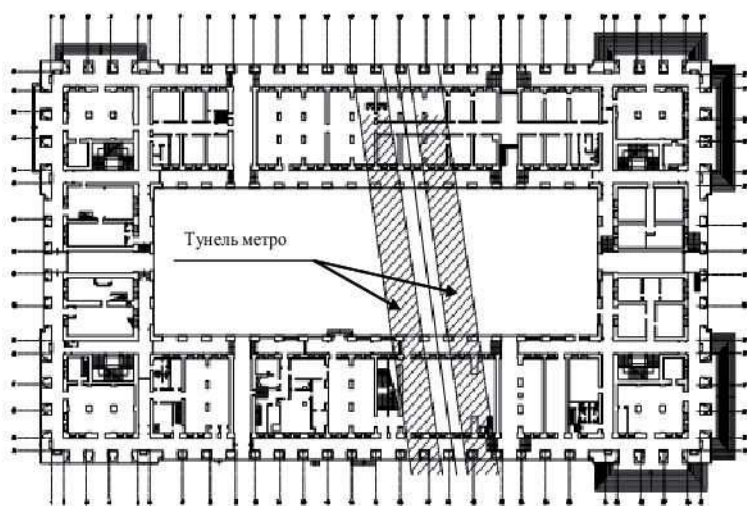


Рис. 3. План-схема першого поверху будівлі.

конструкцій атмосферними опадами.

Характер пошкоджень (окрім замокань) вказує на те, що основною причиною їх виникнення є нерівномірні деформації основи фундаментів.

Конструктивна схема будівлі змішана: в підвалі і на першому поверсі несучими є поперечні і повздовжні стіни, на другому поверсі і горіщі несучими елементами є цегляні стовпи-колони, що спираються на поперечні стіни. Перекриття будівлі збірні залізобетонні за виключенням перекриттів над внутрішніми і зовнішніми галереями, що проходять по внутрішньому і зовнішньому периметрах будівлі і перетинаються між собою. Ці галереї мають цегляні склепінчасті перекрыття.

На будівлю відбувається динамічний вплив від лінії метрополітену, що безпосередньо проходить під будівлею на глибині біля 1,0 м нижче підшви фундаментів і руху автомобільного транспорту. За результатами вібродинамічних випробувань додаткове вертикальне динамічне навантаження від власної ваги об'єкту при русі

потягів метрополітену складає: на фундаменти будівлі до 1,0%, на ґрунт біля будівлі до 7 %, на перекрыття будівлі до 5 %

Геодезичні і інженерно-геологічні вишукування. Програмою вишукувань передбачено визначення: особливостей рельєфу площадки об'єкту і прилеглої території; конструктивних параметрів фундаментів будівлі; рівня і типу підземних вод; склад і характер залягання ґрунтів основи; виділення інженерно-геологічних елементів; дослідження фізичних і механічних характеристик ґрунтів; дослідження ґрунтів з особистими властивостями і визначення технічних параметрів цих властивостей.

Аналіз результатів геодезичних і інженерно-геологічних вишукувань.

В результаті інженерно-геологічних обстежень основи і фундаментів [1] встановлено, що фундаменти будівлі стрічкові, мілкого закладання на природній основі. Конструкції як монолітні так і збірні залізобетонні. Глибина закладання також різна, під частиною будівлі над лініями метрополітену влаштовані захисні монолітні фундаментні плити, функцією яких був захист старої будівлі від можливих додаткових деформацій при прокладанні лінії метрополітену в 70-х роках минулого століття. При реконструкції в 80-х роках минулого століття ці плити були частково демонтовані, а частково збережені і використані як основа фундаментів.

У геоморфологічному відношенні ділянка вишукувань приурочена до правобережної першої надзаплавної тераси р. Дніпро. Рельєф ділянки рівний, спланований за рахунок підсипки ґрунту. Абсолютні відмітки поверхні знижуються з заходу на схід від 103,5 до 102,1 м. Значна частина території покрита асфальтом. Підлога підземної галереї (підвалу) покрита бетоном.

У геоструктурному відношенні ділянка приурочена до південно-західного борту Дніпровсько-Донецької впадини. У розвіданій геологічній будові ділянки беруть участь породи четвертинного періоду. На формування четвертинних алювіальних відкладів значний вплив мало знесення на заплаву пилувато-глинистих ґрунтів тимчасовими водотоками правобережних яруг та приярків.

У складі четвертинних відкладів виділені нижне-верхне-четвертинні алювіальні (а II-III) та сучасні алювіальні (а IV) і техногенні (t IV) утворення. Геолого-літологічна будова ділянки приводиться від низу до верху і представлена на рисунках 4 і 5.

Четвертинні відклади представлені пісками та супісками. Піски дрібні та середньої крупності поширені на всій території вишукувань. Піски середньої крупності прорізають товщу пісків мілких. Покривля пісків

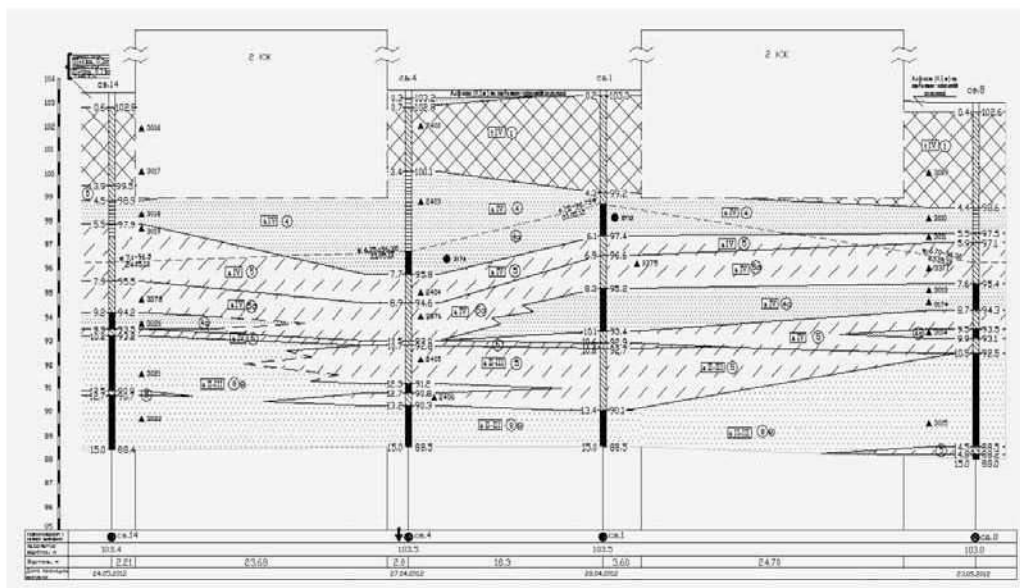


Рис. 4. Інженерно-геологічний розріз вздовж будівлі.

дрібних зафіксована на глибинах від 10,0 до 13,2 метри, що відповідає відміткам 93,8 та 90,4 метри. Вивчена сумарна потужність пісків дрібних змінюється від 7,6 до 11,3 метри. Піски середньої крупності залягають в інтервалі глибин 16,5...22,1 (свердловина №6) і в інтервалах глибин 14,8...16,5 та 23,0...24,1 метри (свердловина №3). Покрівля шару супісків зафіксована тільки у свердловинах №1 та №4 на глибинах 10,8м, а підошва-13,4м. Іноді тонкі прошарки супісків спостерігаються в товщі вище описаних пісків.

Сучасні алювіальні відклади представлені пісками дрібними, супісками та суглинками. Їх просторове поширення у вигляді прошарків та лінз є дуже незакономірним.

Шар суглинків потужністю від 0,2 до 0,8 метра відокремлює сучасну алювіальну товщу від четвертинних відкладів. Вище по розрізу на них лежать піски і супіски. Потужності супісків змінюються від 0,3 до 7,5 метрів, а потужності шарів пісків – від 0,4 до 4,3 метри. Сумарна потужність цих відкладів змінюється від 5,3 (свердловина №5) до 7,9 метра (свердловина №13). Супіски незначно превалюють у геологічній будові ділянки. Іноді вони прорізають (вклинюються) товщу пісків або включають в себе тонкі прошарки пісків. Характерним для пісків, супісків та суглинків є включення органічних речовин, деревини та мулу. Визначений максимальний вміст органічних речовин становить 7,2 %. Піски дрібні, жовто-сірі, мають незакономірне поширення та не витриману потужність. Для них характерна шаруватість та включення органічних домішок і тонких прошарків супісків.

Гідрогеологічні умови ділянки вишукувань, розташованої у межах Дніпровського артезіанського басейну, вивчені до глибини 25 метрів (абсолютна відмітка 77,8м). Перший від поверхні четвертинний водоносний комплекс ґрунтових вод приурочений до піщано-супіщаної товщі четвертинних відкладів які вміщують в собі спорадичні лінзочки та тонкі прошарки (до 2-5см) заторфованих ґрунтів. Водотриві до вивченої глибини не зустрінуті.

Зафіксовані глибини залягання рівня ґрунтових вод (РГВ) коливаються від 4,85 до 7,1 метра. Відмітки РГВ змінюються, відповідно, від 98,75 до 96,30 м. Сезонні коливання рівня ґрунтових вод складають (+)1,3м-(-)0,5м. Значні перепади рівня ґрунтових вод обумовлюють високі градієнти руху води, що може сприяти виникненню на локальних ділянках механічної суфозії ґрунтів.

Проходження тунелю метрополітену крім динамічних навантажень оказує також вплив на гідрогеологічний режим в межах плями забудови.

Експлуатація будівлі відбувається в складних інженерно-геологічних і техногенних умовах. Інженерно-геологічні особливості ділянки представлені високим рівнем ґрунтових вод, наявністю в основі фундаментів водонасичених дрібних і пилуватих пісків, для яких при динамічних впливах можливі прояви вібродинамічних властивостей.

Аналіз інженерно-геологічних умов ділянки забудови дає можливість виділити несприятливі фізико-геологічні фактори:

- суттєву неоднорідність залягання як по площі так і по глибині ґрунтів основи;
- залягання безпосередньо під плямою забудови лінії метрополітену і створення додаткових динамічних навантажень на конструкції будівлі;
- можлива здатність до динамічного розрідження і віброкомпресійного доущільнення водонасичених пісків з подальшим проявом віброповзучості, що залягають безпосередньо під підошвою фундаментів і в межах стисненої товщі основи фундаментів;

- можливість механічної суфозії на локальних ділянках ґрунтів основи.

Конструктивна система будівлі спеціально пристосована для експлуатації в складних інженерно-геологічних умовах - передбачені монолітні пояси на рівні низу перекриттів і по підошві фундаментів, плити перекриття мають додаткове анкерування, влаштовані монолітні розпірки і балки для мінімізації дії додаткових нерівномірних деформацій основи від динамічних впливів. Слабке місце в конструктиві – це застосування цегляних склепінчастих перекриттів, які з початку експлуатації (з 80-х років минулого століття) отримали пошкодження у вигляді поздовжніх тріщин і до початку реконструкції будівлі уже були частково підсилені в різні роки.

Оцінка технічного стану конструкцій, конструктивних елементів і будівлі в цілому.

Технічний стан будівлі - сукупність властивостей конструкцій будівлі, які змінюються при його експлуатації і ремонті, яка характеризується в певний момент часу значеннями показників (технічних параметрів) і якісними ознаками, встановленими в експлуатаційній та ремонтній документації. На даний час в Україні технічний стан будівлі або споруди визначається за трьома методиками, які регламентуються відповідними нормативними документами.

1. Оцінка технічного стану будівлі за фізичним зносом [3]. Технічний стан за класифікацією по цієї методиці має п'ять оцінок: добрий (знос 0-20 %); задовільний (знос 21-40 %); незадовільний (знос 41-60 %); ветхий (знос 61-80 %); непридатний (знос 81-100 %).
2. Оцінка технічного стану конструкцій і будівлі за класифікаційними ознаками [3]. Технічний стан за класифікаційними ознаками має чотири оцінки: нормальний; задовільний; непридатний до експлуатації; аварійний.
3. Оцінка технічного стану будівлі дається по результатах виконаних розрахунків. Визначені величини напруження і деформації в несучих елементах будівлі співставляються з міцнісними характеристиками матеріалів конструкцій. Додатково аналізуються технічні параметри, які характеризують основу.

Оцінка технічного стану будівлі за результатами аналізу напружено-деформованого стану може бути виконано лише за умови, що вирішується контактна задача, тобто розглядається не окрема будівля, а виконується розрахунок системи «основа-будівля» з врахуванням просторової жорсткості будівлі і особливостей деформування ґрунтової основи.

В НДІБК з 70-х років минулого століття розробляється метод змінних коефіцієнтів жорсткості основи (МЗКЖ), ідею і теоретичну базу методу розробив відомий вчений Сергій Миколайович Клепиков [4...10].

Сучасний стан МЗКЖ базується на наступній теоретичній основі. Основоположною концепцією МЗКЖ є апроксимація безперервної величини, жорсткісних характеристик основи, множиною кусково-неперервних функцій, визначених на кінцевому числі подобластей - контактних вузлів основи.

Взаємодію споруди та основи можна розглядати як взаємодію їх контактних вузлів. На рисунку 6 наведена розрахункова схема системи «споруда-основа», яка складається з двох підсистем верхнього рівня дискретизації: G – «споруда» і H – «основа». Підсистеми G і H мають сітку дискретизації на елементарні підсистеми, побудовані на вузлах I, J, S і T , для яких множини I і J , також як і множини S і T – непересічні, а множини J і T мають загальні вузли, ці

вузли мають назву – контактні вузли, тобто

$$I \cap J = \emptyset; \quad S \cap T = \emptyset; \quad (I \cup J) \cap (S \cup T) \neq \emptyset,$$

де $I = \{i_1, i_2, \dots, i_{N_i}\}$ – множина внутрішніх вузлів підсистеми «споруда»;

$J = \{j_1, j_2, \dots, j_{N_j}\}$ – множина контактних вузлів споруди;

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_{N_s}\}$ – множина внутрішніх вузлів основи;

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_{N_t}\}$ – множина контактних вузлів основи;

N_s, N_j – відповідно, кількість внутрішніх і контактних вузлів споруди;

N_s, N_t – відповідно, кількість внутрішніх і контактних вузлів основи.

Рівняння рівноваги для системи «споруда-основа» має вигляд

$$\left([K_{jj}] - [K_{ji}] [K_{ii}]^{-1} [K_{ij}] \right) \{w_j\} + [K_{ji}] [K_{ii}]^{-1} \{F_i\} - \{F_j\} = \\ = \{F_t\} - \left([K_{tt}] - [K_{ts}] [K_{ss}]^{-1} [K_{st}] \right) \{w_s\} - [K_{ts}] [K_{ss}]^{-1} \{F_s\}.$$

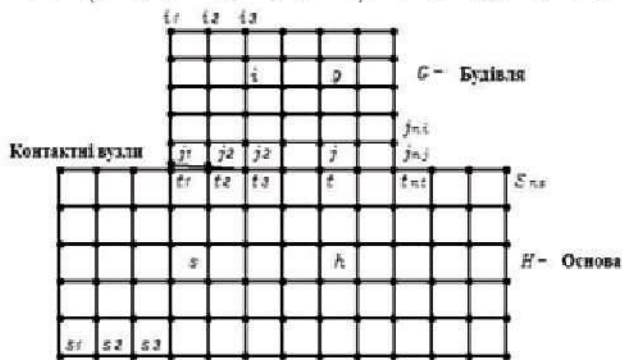


Рис. 5. Схема дискретизації системи «споруда-основа».

З структури цього рівняння можна зробити наступні висновки:

1. Рішення задачі взаємодії споруди та основи можна суттєво спростити, розглядаючи тільки взаємодію їх контактних поверхонь (контактних вузлів).
2. Рішення задачі взаємодії споруди та основи можна виконувати у вигляді двокрокового ітераційного процесу, коли послідовно розглядаються споруда і основа. При розрахунку споруди основа визначається коефіцієнтами жорсткості в контактних вузлах споруди. При розрахунку основи споруда задається навантаженнями від нього в контактних вузлах основи. Ітераційний процес рішення контактної задачі завершується після збіжності одного з параметрів контактних вузлів розрахункової схеми, наприклад, коефіцієнтів жорсткості основи.
3. В лівій і правій частинах рівняння фігурують два вектори - вектор контактних вузлів споруди і вектор контактних вузлів основи. Це дозволяє в процесі ітерацій при рішенні контактної задачі виконувати аналіз деформування контактних поверхонь споруди і основи. Розглядаючи рішення контактної задачі як взаємодію окремих пар контактних вузлів споруди та основи можна моделювати такі процеси як відрив споруди від основи, підробку, просідання, набухання, осідання та інші особливості деформування ґрунтів, що мають особливі властивості.

Для оцінки напружено-деформованого стану системи «будівля-основа» з врахуванням просторової жорсткості будівлі була створена розрахункова модель (дивись рису-

нок 6), в основу якої покладені результати обстеження будівлі. Розрахункова модель основи будівлі – лінійно-деформуючого напівпростору. В ПК «ЛИРА» розрахункова модель основи представлена коефіцієнтом жорсткості основи по плоским скінченим елементам, розміщених в площині ХОУ, якими змодельований фундамент. Відмітки низу підшви фундаментів прийняті на основі аналізу результатів робіт по шурфуванню будівлі.

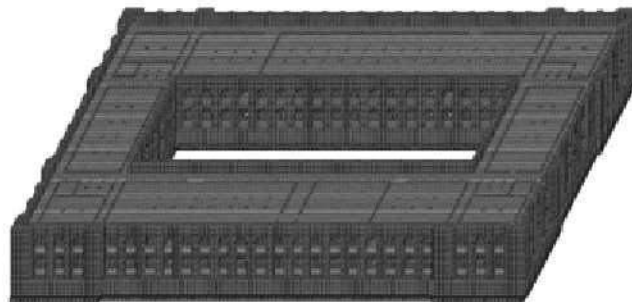


Рис. 6. Загальний вигляд комп'ютерної моделі будівлі.

Для виконання розрахунків основи по двох групах граничних станів, розрахункова схема основи представлена системою взаємно-впливаючих розрахункових ділянок фундаментів. Схема дискретизації фундаментів представлена на рисунку 7.

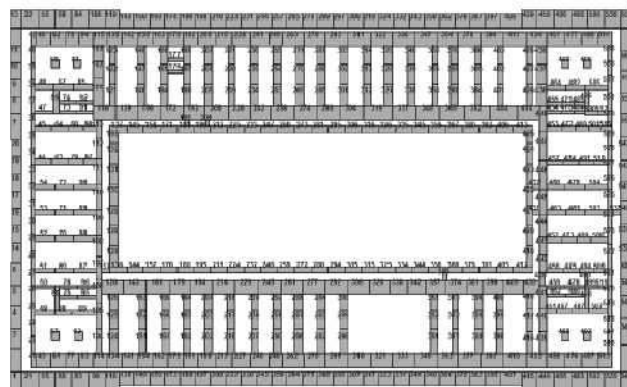


Рис. 7. Схема дискретизації фундаментів на розрахункові ділянки для розрахунку основи по деформаціях.

Коефіцієнти жорсткості основи в розрахункових схемах визначаються з рішення контактної задачі. Розрахунок виконувався ітераційним способом. У нульовій ітерації визначався напружено-деформований стан будівлі на однакових коефіцієнтах жорсткості основ для всіх розрахункових ділянок фундаментів. Далі виконувався розрахунок осідань і коефіцієнти жорсткості основ. У першій і подальших ітераціях послідовно виконувалися розрахунки будівлі з врахуванням перерахованих коефіцієнтів жорсткості основ і визначення коефіцієнтів жорсткості основ для наступної ітерації. Ітерації виконувалися до тих пір, поки не було отримано «урівноважений» напружено-деформований стан системи «будівля - основа». За результатами цього розрахунку виконаний аналіз напружено-деформованого стану будівлі.

Аналіз результатів розрахунків свідчить що:

- головні розтягуючі напруження в цегляній кладці не перевищують розрахунковий опір кладки з цегли М75 при розрахунку перерізу кладки, що проходить по цеглі, але на окремих ділянках перевищують розрахунковий опір кладки на розтяг при розрахунку перерізу

кладки, що проходить по горизонтальним і вертикальним швам;

- головні стискаючі напруження в цегляній кладці не перевищують розрахунковий опір кладки на стиск;
- розрахункові значення тиску по підшві фундаменту будівлі не перевищують граничних значень розрахункового опору ґрунту основи;
- середня осадка будівлі не перевищує граничних значень, але максимальна відносна різниця осідань на окремих ділянках перевищує допустимі граничні значення.

Розробка проектної документації реконструкції. Реконструкція будівлі Гостиний двір на Контрактовій площі, 4 проходить в умовах несприятливих фізико-геологічних процесів серед яких слід виділити:

- суттєву неоднорідність залягання як по площі так і по глибині ґрунтів основи;
- залягання безпосередньо під плямою забудови лінії метрополітену і створення додаткових динамічних навантажень на конструкції будівлі;
- високий рівень ґрунтових вод і здатність до динамічного розрідження і доущільнення водонасичених пісків, що залягають безпосередньо під підшовою фундаментів і в межах стисненої товщі основи фундаментів;
- зниження характеристик міцності і деформативності водонасичених пісків при динамічних впливах;
- можливість механічної суфозії пилюватих частинок ґрунтів основи.

Враховати всі ці фактори одночасно можливо лише при моделюванні напружено-деформованого стану системи «основа-будівля» з врахуванням просторової жорсткості будівлі.

Для сприйняття додаткових навантажень після реконструкції з надбудовою і зменшення негативного впливу від нерівномірних деформацій основи було прийняте рішення щодо підсилення основи фундаментів за допомогою технології «jet-grouting».

Технологія струминного ін'єктування є одним із шляхів вирішення задач підсилення ґрунтової основи, шляхом використання будівельних розчинів у всьому діапазоні типів ґрунтів з різним гранулометричним складом. Струминне ін'єктування - методика перетворення ґрунтової основи, що використовує спеціальні бурові долота, оснащені соплами, через які нагнітаються високонапірні струмені води, повітря і цементного розчину, для створення в ґрунті жорсткої цементної або ґрунтоцементної колони (Jet grouting).

На рисунку 8 показана схема пристрою цементної або ґрунтоцементної колони в ґрунтовому масиві способом струминного ін'єктування. В залежності від кількості компонентів, що використовуються при ін'єктуванні, розрізняють технології одинарного, подвійного або потрійного струменя.

Розміщення джет-паль виконувалося на основі аналізу

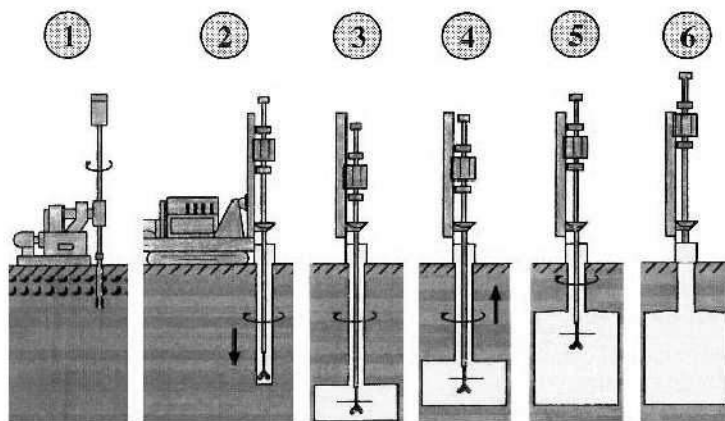


Рис. 8. Технологічна схема пристрою цементної (ґрунтоцементної) колони в ґрунтовому масиві способом струминного ін'єктування: 1 - установка машини в робоче положення; 2 - буріння свердловини; 3 - ін'єктування розчину при обертанні гідромонітора; 4 - швидкість підйому і обертання гідромонітора регулюється в залежності від ґрунтових умов; 5 - завершення ін'єктування цементного розчину при високому тиску; 6 - заповнення розчином верхньої частини свердловини.

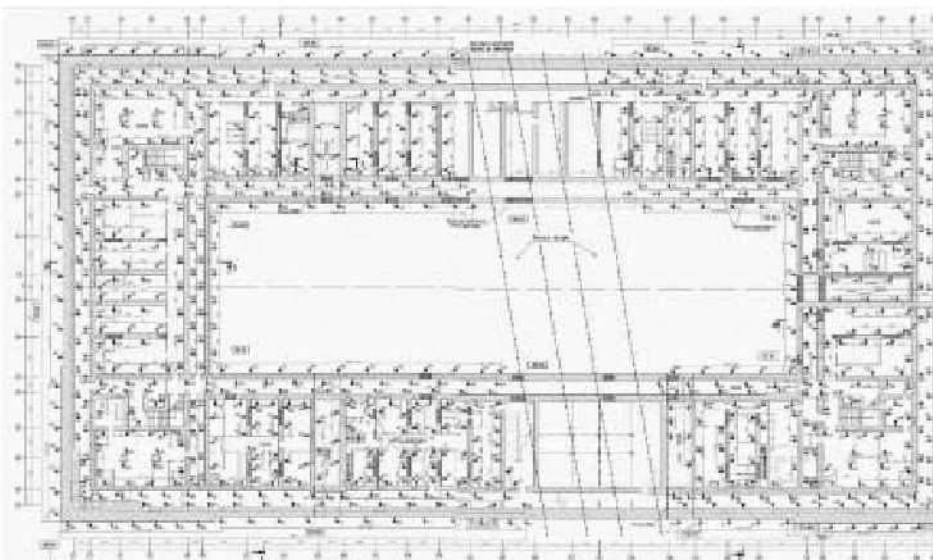


Рис. 9. Схема розміщення джет-паль.

напружено-деформованого стану конструкцій будівлі після надбудови, при цьому врахована необхідність забезпечення стійкості окремих фундаментних плит та максимально і мінімально допустимі відстані між джет-пальями. Особливості методики розрахунку системи «споруда-підсилена основа» наведено в статті [11].

Довжина джет-паль становить 10,0 м, діаметр – 0,6 м, нижній кінець занурений у пісок дрібний (ІГЕ-8). Загальна кількість джет-паль становить 883 шт. Схема їх розміщення наведена на рисунках 9,10.

В місцях проходження ліній метрополітену, де влаштування джет-паль неможливо, запропоноване влаштування монолітної залізобетонної плити на буроін'єкційних пальях, що розміщуються між тунелями. В цих місцях улаштовуються виступи-опори для монолітних балок стінок. На ці стінки будуть спиратися нові колони. Для влаштування цих опор передбачається вирізання фрагментів в існуючих фундаментних стрічках (дивись рисунки 11, 12).

Монолітна залізобетонна плита може бути або суцільною товщиною 700 мм або ребристою - товщиною 300 мм, має поздовжні та поперечні ребра жорсткості. Ширина ребер

500 мм, висота – 400 мм. Буроін'єкційні палі довжиною 11,75 м (використані для розвантажувальної плити в дворі будівлі). Основою для залізобетонних буроін'єкційних палей слугує пісок дрібний, середньої щільності, світло- і жовтувато-сірий, насичений водою (ИГЕ-8, $\rho=1,84 \text{ г/см}^3$;

$\varphi=29^\circ$; $E=30,0 \text{ МПа}$.

Виконання монтажно-будівельних робіт. На даний час на об'єкті роботи по реконструкції не завершені. НДІБК виконує роботи з моніторингу технічного стану об'єкту, а також виконується контроль технологічних параметрів геотехнічних робіт.

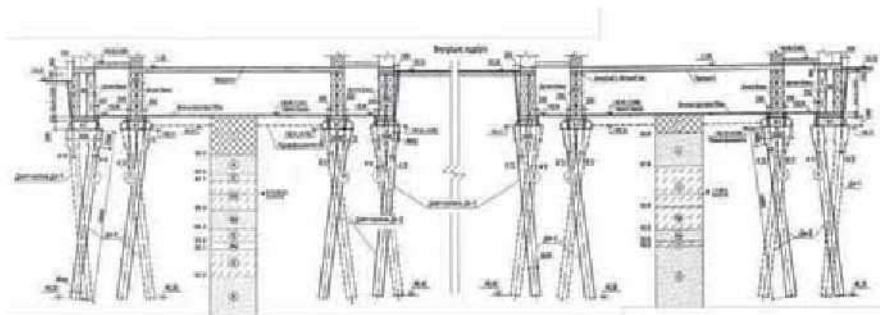


Рис. 10. Поперечний розріз будівлі з розташуванням джет-палей.

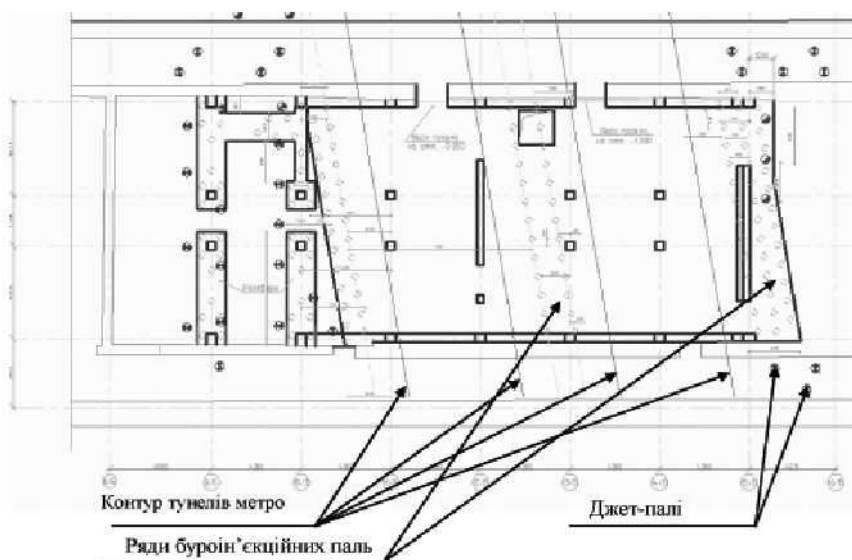


Рис. 11. Схема розміщення палей підсилення між тунелями метро.

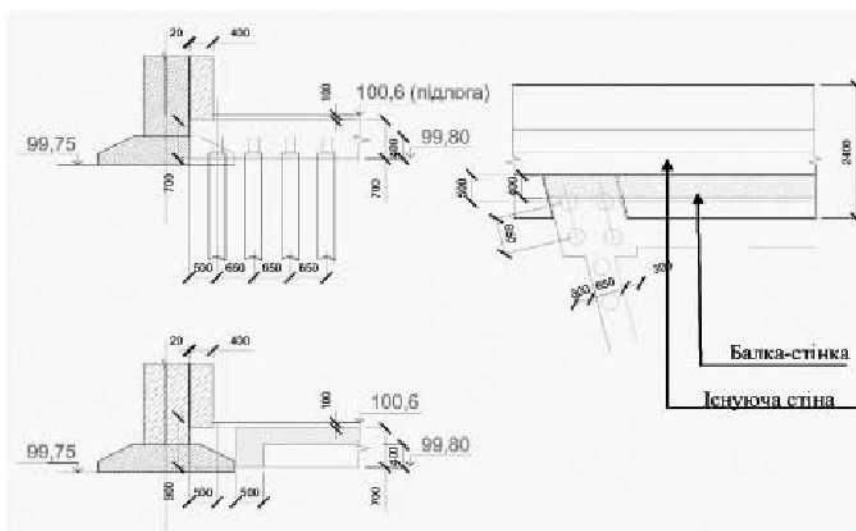


Рис. 12. Вузли примикання захисної монолітної плити над метрополітеном до існуючих фундаментів будівлі.

ВИСНОВКИ:

1. Розрахунок конструкцій з урахуванням деформаційних властивостей основи передбачає відповідну ідеалізацію різноманіття механічних властивостей ґрунтів, які характеризують її. Рівень абстракції при цьому залежить від вимог, що пред'являються до розрахункової схемою системи "будівля-основа". У загальному випадку зараз використовуються три основні групи методів розрахунків при рішенні контактної задачі: метод місцевих пружних деформацій; метод загальних пружних деформацій; комбіновані методи. Як це не парадоксально, але основними недоліками зазначених вище методів є їх основні концепції: ігнорування розподільної здатності основи у разі вінклеровської схеми і надмірна розподільча здатність пружного півпростору. Тому цілком природними були розробки комбінованих методів моделювання основи, у яких ці недоліки згладжувалися за рахунок введення додаткових умов при математичному формулюванні завдання. Одним з таких методів є метод змінних коефіцієнтів жорсткості основи (МЗКЖ).
2. Сучасні вимоги Замовника при реконструкції будівель і споруд потребують застосування високотехнологічних методів геотехнічних робіт по створенню властивостей ґрунтів основи. Високонапірне струминне ін'єктування відноситься до таких технологій. Зусилля в науково-дослідних і дослідно-конструкторських роботах, спрямовані на удосконалення робочих методів і обладнання, розробку систем спостереження і контролю, а також на спробу домогтися більш глибокого розуміння взаємодії ґрунтів різних типів і параметрів технології струминного ін'єктування. Комітет геотехнічного відділення Американського товариства інженерів будівельників (ASCE) зазначає, що фундаментальні аспекти застосування інженерних рішень, заснованих на технології струминного ін'єктування,

пов'язані з вирішенням завдань за призначенням складів будівельних розчинів, енергією струменя в соплі, швидкістю потоку розчину, обертанням штанги і швидкістю її підйому. Фахівці в області геотехніки володіють

різноманітними методами, що дозволяє збалансувати ці чинники таким чином, щоб вимоги, що накладаються конструкцією, поєднувалися б з їх досвідом і обладнанням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Науково-технічний звіт: Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції будівлі Гостинного двору під торговельно-офісний центр «Гостинний двір» у Подільському районі м. Києва. – К., ТОВ «Основа», 2012.
2. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. Міністерство праці та соціальної політики України. Держнаглядохоронпраці України. – 1997.
3. СОУ ЖКГ 75.11-35077234, 0015:2009. Житлові будинки. Правила визначення фізичного зносу житлових будинків. – Київ. 2009.
4. Клепиков С.Н. Расчет конструкций на упругом основании. – Киев: Будівельник, 1967. – 184 с.
5. Клепиков С.Н., Бобрицкий Г.М. Эффективный метод решения задачи взаимодействия фундамента с надфундаментной конструкцией. – Основания, фундаменты и механика грунтов. 1975, №1. – С. 9–12.
6. Клепиков С.Н., Червинский Я.И. Расчет конструкций на неупругом основании при совместном применении метода конечных элементов и метода переменных коэффициентов жесткости основания. – Киев, 1984. – 8 с. – Рукопись представлена НИИСК Госстроя СССР. Деп. в ВНИИИС 4 мая 1984, №5027.
7. Клепиков С.Н., Червинский Я.И. Экспериментальные исследования взаимодействия жесткого штампа и грунтового основания при сложном воздействии сдвигающего усилия. – Киев, 1984. – 13 с. – Рукопись представлена НИИСК Госстроя СССР. Деп. в ВНИИИС 25 января 1985, №5535.
8. Клепиков С.Н. Расчет сооружений на деформируемом основании. – К.: НИИСК, 1996. – 204с.
9. P. Krivosheev, Y. Slyusarenko, J. Chervinsky. Development of calculation methods of foundations on the pliable basis in Ukraine. – 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Alexandria, Egypt, 5–9 October 2009. Published by IOS Press under the imprint Mill press. ISBN 978-1-60750-031-5 (print). www.iospress.nl. P. 1818-1821.
10. Червинский Я.И. Совместный расчет системы «сооружение-основание» с применением метода переменных коэффициентов жесткости основания. – Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. Випуск 3 (28). Присвячений пам'яті доктора технічних наук, професора Олександра Григоровича Онищенка. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – С. 278-285.
11. Червинский Я.И., Домбровский Я.И., Дворник А.Н. Определение жесткостных параметров элементов усиления основания методом струйного иньектирования при расчетах реконструируемых зданий. Випуск 49. Частина 1. – Одеса: ОДАБА, 2013. – С.337-346.

КНИЖКОВИЙ ОГЛЯД

Слюсаренко Ю.С., Шимановський О.В., Галінський О.М. Науково-технічний супровід реконструкції Національно-го спортивного комплексу «Олімпійський» в Києві / За загальною редакцією Шимановського О.В. – К.: Видавництво «Сталь», 2013. – 325 с., рис.269, табл.19

Одним із шляхів вирішення проблем, пов'язаних із сучасною ситуацією у будівництві, є все більш широке використання ресурсів будівельної науки безпосередньо при створенні й відслідкуванні життєдіяльності будівельних об'єктів на всіх етапах їх життєвого циклу.

Використання будівельної науки при створенні будівельних об'єктів отримало спеціальну назву: науково-технічний супровід у будівництві. Відомо, що на сучасному етапі найбільшого поширення науково-технічний супровід набув при спорудженні нових незвичних типів будівельних об'єктів, таких як висотні будинки, великопрольотні будівлі та споруди, а також об'єкти, що розміщені на територіях із складними природно-кліматичними, геотехнічними та містобудівними умовами.

У цьому сенсі можна зазначити, що одним із найвизначніших об'єктів будівництва в Україні за останні роки стала реконструкція Національного спортивного комплексу «Олімпійський» в м. Києві (НСК «Олімпійський»), на якому відбулися матчі фінального турніру чемпіонату Європи 2012 року з футболу. Причому реконструкція НСК «Олімпійський» від самого її початку була запланована як складна різнопланова задача, яка передбачала розроблення і реалізацію багатьох нетрадиційних технічних, технологічних й організаційних рішень, більшість із яких наразі недостатньо врегульовані чинними будівельними нормами і не мають значного

досвіду застосування.

У новій книзі виданій ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій імені В.М.Шимановського», ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» з єдиних методологічних позицій викладено комплексний підхід до організації й проведення робіт із науково-технічного супроводу реконструкції НСК «Олімпійський» та визначено оцінку впливу проведених робіт на будівництво у цілому. Представлено загальну характеристику сучасної нормативної бази України з науково-технічного супроводу будівництва. Наведено загальні дані щодо проектних рішень із реконструкції НСК «Олімпійський». Розкриті питання науково-технічного супроводу робіт із обстеження та проектування реконструкції існуючих конструкцій будівель і споруд як на території НСК «Олімпійський», так і на території, що його оточує, а також нового проектування й будівництва електропідстанції «Олімпійська» і споруд зони гостинності. Викладено результати робіт із науково-технічного супроводу проектування і спорудження висячого покриття над трибунами НСК «Олімпійський». Висвітлені питання науково-технічного супроводу складних технологічних процесів, які входили до складу виконаних при реконструкції НСК «Олімпійський» різних будівельно-монтажних робіт.

У додатку наведено загальні відомості

щодо низки запроектованих і побудованих останнім часом в Україні новітніх стадіонів, які були як пов'язані, так і не пов'язані з проведенням чемпіонату Європи 2012 року з футболу. Висвітлені дані щодо їх концептуальних і конструктивних рішень, аналізу результатів розрахунку й аеродинамічних досліджень, а також особливостей виготовлення і монтажу металоконструкцій.

Автори цього видання сподіваються, що книга не лише зацікавить, але й буде корисною широкому колу спеціалістів, і в першу чергу спеціалістам-будівельникам, причетним до проведення робіт із науково-технічного супроводу будівництва найважливіших і найскладніших комплексних об'єктів. Причому ця надія базується на декількох моментах. По-перше, в книзі з єдиних методологічних позицій викладений великий теоретичний і практичний матеріал із науково-технічного супроводу будівництва. По-друге, у ній розглянуті не лише загальні поняття науково-технічного супроводу, вона насичена також реальними задачами, методами їх вирішення й відповідними прикладами, які були реалізовані під час реконструкції НСК «Олімпійський», - одного із найвизначніших об'єктів будівництва в Україні за останні роки. Більше того, саме ці відмічені моменти роблять книгу дуже доступною для самостійного вивчення студентами, бакалаврами, магістрами, аспірантами, викладачами, інженерами, науковцями й усіма, кому ці задачі цікаві з практичної точки зору.