

В даний час будівництво у великих містах проводиться в районах з щільною міською забудовою, відмітною особливістю цього міського будівництва є прагнення до освоєння підземного простору. Проектування і будівництво будівель і споруд в цих умовах пов'язане з необхідністю вирішувати складні геотехнічні проблеми, з метою забезпечити нормальні умови експлуатації знову споруджуваних і існуючих будівель і споруд, і недопустити аварійних ситуацій.

Нове будівництво в межах забудованих територій, особливо в зонах історичної забудови поблизу архітектурно-історичних пам'яток, пов'язано із влаштування глибоких (12–20 м) котлованів, що призводить до значних змін напруженого стану ґрунтового масиву, змін фізико-механічних властивостей ґрунтів в основах прилеглих споруд. Характер цих змін визначається багатьма чинниками і в першу чергу наявністю на території тих із них, що визначають сприятливість чи несприятливість ділянок з точки зору інженерно-будівельної оцінки відповідно ДБН-360-92 [42]. Проекти розробки котлованів складають у випадках коли їх глибина перевищує 2 м і при їх влаштуванні необхідно застосовувати ті чи інші спеціальні захисні заходи — складні конструкції огорожі, водовідлив, дренаж і т.п. [60]. Важливо також враховувати тип і вид фундаментів споруд біля яких проектується котловани під фундаменти нових висотних будинків, характер і стан ґрунтів основ, на які безпосередньо будуть впливати роботи з виїмки ґрунтів, огороження і закріплення стінок котлованів.

Перш за все враховується характер ґрунтів, в яких проводиться розробка котлованів і які виступають як основи прилеглих споруд. З огляду на значну поширеність на території України лесових і лесоподібних ґрунтів, їх непридатність як основ для висотних споруд, більшість глибоких котлованів влаштовується саме в лесових ґрунтах і більшість будівель в

минулому зводились на лесових ґрунтах безпосередньо або з певним видом підготовки цих ґрунтів [61].

Лесові ґрунти України — це один з основних об'єктів техногенного навантаження. З усіх порід четвертинного покриву України вони найбільш поширені. Займаючи приблизно 380 тис.кв.км, що складає більш як 65% усієї площі держави, лесові породи мають майже суцільне поширення, особливо в центральній та південній частині території України — нема їх лише в місцях глибоких розмивів та на наймолодших ділянках рельєфу — в днищах глибоких балок та ярів, на заплавах та на перших надзаплавних терасах рік, на сучасних морських і лиманних терасах, косах та пересипах. Більш як 50% усієї площі лесових порід мають потужність 15-25 м.

Аналіз змін лесового покриву в межах міста — це складна проблема, оскільки зміна компонентів природного середовища (атмо-, біо-, гідро- та літосфери) впливають на стан геологічного середовища. Найбільше значення мають водно-вологісні, температурні, гравітаційні, динамічні зміни, які впливають на стан порід і породжують негативні, дуже часто, незворотні процеси, які відбуваються в лесових породах.

Будівництво споруд суттєво змінює вологість ґрунтів основи фундаментів, навіть при глибокому заляганні ґрунтових вод, оскільки чинить перепону вологообміну атмосфери з ґрунтом. Інтенсивність накопичення вологи визначається температурним режимом лесових ґрунтів. Одним з основних критеріїв просадки цих ґрунтів є їх критична вологість, при якій починаються просадочні деформації.

Посилення просадок лесових основ пов'язано із зростанням маси і поверховості будівель та споруд, тому що статичні навантаження від будівель в 9 та більше поверхів можуть досягати 0,5 МПа. І в масовому масштабі перевищують початкове навантаження просадочності. Під будівлями та спорудами утворюються воронки осідання, формуючи в масштабах міста стільниковидну чашу зсідання.

Як показують випробування [60], час та характер розвитку осідання фундаментів на водонасичених лесових ґрунтах визначаються величиною прикладеного навантаження, товщиною однорідного шару і залежить від фізико-механічних характеристик ґрунту. Враховуючи особливі структурно-механічні властивості водонасичених лесових ґрунтів, слід відмітити, що для них характерна нелінійна стискуваність.

Достатня несуча здатність лесових ґрунтів вторинних вододілів підтверджується довголітньою практикою будівництва споруд в подібних умовах, наглядом за їх стійкістю. Лесові ґрунти в межах Київського лесового плато на вододілі Дніпра та Либіді з давніх здавен використовуються як основа споруд. Софіївський, Михайлівський, Успенський собори, Десятинна церква були споруджені на лесових ґрунтах і збереглися в стійкому стані протягом віків. Несуча здатність цих ґрунтів в достатній мірі втримується до сьогодні, що дає змогу будувати споруди на фундаментах стрічкового типу з питомим навантаженням під подошвою до 0,3–0,5 МПа [62].

Слід враховувати, що природний режим існування лесового покриву території України значно порушений завдяки гідротехнічному, меліоративному будівництву, освоєнню підземного простору в різноманітних цілях. Регулювання річкового стоку шляхом створення водосховищ та ставків призвело до підйому рівня води. Великі масиви лесових ґрунтів опинились безпосередньо на рівні ерозії, а їх обводненість ввійшла в безпосередній зв'язок з водним режимом водоймищ, що обумовило різку активізацію процесів переробки берегів, схилових гравітаційних процесів.

Лесові ґрунти, як середовище прокладання інженерних мереж (водопровід, каналізація, теплотраси, кабелі електропередач і зв'язку), змінюються при прокладці мереж та в ході їх експлуатації. Траншейний засіб прокладки, іноді на глибину всієї потужності лесових порід, призводить до суттєвих змін умов аерації та фільтрації ґрунтових вод в лесах, а часті прориви мереж при експлуатації є однією з причин розвитку процесів підтоплення.

Лесові породи, які виявились нижче рівня води, поступово деградують, змінюють свій специфічний вигляд, склад та властивості, стають менш карбонатними, більш щільними, вологими, глинистими, втрачають просідні властивості, набувають певну структуру.

Процес зміни лесових порід при техногенному впливі слід розглядати як прагнення до зниження рівня запасу потенціальної енергії масиву. В залежності від співвідношення регіональних, зональних та техногенних факторів будуть різними траєкторії переходу від квазістійкого до стійкого стану.

Основна кількість лесових порід характеризується порівняно близькими значеннями кута внутрішнього тертя ($21-29^\circ$). Зчеплення найнижче у лесів ($0,01-0,06$ МПа) порівняно з лесоподібними і лесовидними породами ($0,15-0,3$ МПа). Як показують дослідження, при зростанні вологості кут внутрішнього тертя зменшується рівномірно на $4-5$ град. на кожні 2% вологості; зниження зчеплення більш значне — від $1,8$ разів у супісків до $2,6$ разів у легких суглинків.

Деформації просідання спостерігаються у всіх випадках, коли навантаження, яке передається на ґрунт, буває вище граничного початкового навантаження просідання $R_{пн}$, що для лесів центральних та південних районів України складає біля $0,1$ МПа. Одним із найважливіших факторів просідання є зниження міцності структурних зв'язків при зволоженні внаслідок трансформації перехідних контактів в коагуляційні. Проникливість лесового ґрунту зменшується з зростанням його ступеня вологості, що відображається в більших величинах природної вологості, зменшенні вільної пористості і зростанні коефіцієнта водопоглинення.

Відповідно до Європейського міжнародного стандарту з геотехнічного проектування "Eurocode 7 – Geotechnical design – EN 1997-1:2004" [2.3.4], подібне будівництво відноситься до третьої, найбільш складної геотехнічної категорії. Аналіз аварій останніх років, що сталися у нас в країні і за кордоном, показує, що понад 70% катастроф будівель відбувається з

причини помилок на стадії геотехнічних робіт, в рамках проведення яких вирішується ряд завдань, пов'язаних з визначенням фізико-механічних і міцнісних характеристик ґрунтів майбутньої будівельного майданчика, гідрологічних умов будівництва, та інші не менш складні завдання.

Однією з геотехнічних проблем досліджень простору в умовах щільної забудови є оцінка геотехнічної ситуації будівництва, яка полягає у комплексних інженерно-геологічних вишукуваннях з урахуванням можливих геодинамічних процесів і явищ, а також оцінці стану ґрунтів основи і фундаментів поблизу існуючих будівель і споруд. Вирішення таких проблем з одного боку пов'язане з оцінкою геологічної обстановки в районі майбутнього будівництва, змін, які відбулися за час експлуатації побудованих будівель, і можливої зміни міцнісних і деформативних властивостей ґрунтового масиву під час нового будівництва. З іншого боку, рішення таких проблем пов'язане з оцінкою технічного стану фундаментів та конструкцій існуючих будівель з точки зору можливості сприйняття ними впливу і додаткових навантажень від глибоких котлованів, що влаштовуються, і будинків, що знову зводяться.

Крім цього, весь комплекс зазначених геотехнічних робіт — з геологічних вишукувань, досліджень інженерно-геологічної обстановки, оцінки технічного стану будівель і споруд навколишньої забудови, зведення огорожувальних конструкцій зміцнення ґрунтових масивів, влаштування глибоких котлованів, — пов'язаний зі значними витратами на виконання зазначених робіт в умовах щільної міської забудови, у порівнянні з вільними територіями. Роботи так званого "нульового циклу" в таких умовах виявляються найдорожчими, а спроби економії в зрештою призводять до виникнення аварійних ситуацій, ліквідація яких зумовлює несумірно великі економічні витрати, і пов'язана з потребою виконання спеціальних відновлювальних робіт з посилення несучих конструкцій і стабілізації ґрунтової основи новозбудованих або споруджуваних будівель і споруд.

В даний час проекти з проведення реконструкції міських територій в умовах щільної забудови, передусім, пов'язані з реалізацією комплексу спеціальних заходів щодо зміцнення ґрунтових масивів, що дозволяє зберегти історичну забудову міст, і вигідно використовувати внутріквартальний простір. При цьому однією з основних проблем є підготовка території майбутнього будівельного майданчика, яка вимагає оцінки інженерно-геологічної ситуації та розробки заходів щодо запобігання впливу на розташовані поблизу будівлі під час виробництва всіх процесів, пов'язаних з новим будівництвом.

При виборі заходів щодо укріплення ґрунтових масивів в обмежених умовах будівництва необхідно враховувати складний напружено-деформований стан ґрунтової основи, який виникає через взаємний вплив існуючих і знову зведених будинків, з метою недопущення перенапруження, розвитку додаткових деформацій в основах, і, як наслідок, в конструкціях існуючих будівель і перехід їх у аварійний стан.

Необхідне проведення ряду досліджень напружено-деформованого стану як у процесі підготовки території, так і у процесі проведення будівельних робіт, внаслідок чого можуть бути прийняті оптимальні рішення щодо вибору типів і параметрів огорожувальних конструкцій, проведені роботи з їх проектування і методам їх влаштування з урахуванням всіх факторів можливого впливу на існуючу забудову, з подальшим забезпеченням геотехнічного моніторингу.

З урахуванням виконання всіх перерахованих вище вимог до проведення інженерної підготовки території та виробництва робіт в умовах щільної міської забудови необхідно застосовувати високоефективні види укріплень ґрунтових основ, які забезпечують високу надійність, не допускають впливу нової будівлі на навколишню забудову, як на етапі будівництва, так і впродовж нормативного терміну експлуатації будівлі, а також дозволяють ефективно використовувати внутріквартальний простір під час проведення реконструкції міської території.

При зведенні нових і реконструкції житлових, суспільних і промислових будинків має місце тенденція до збільшення корисного об'єму за рахунок пристрою і перебудови підземного простору. При зведенні значної по обсязі підземної частини використовують сучасні технології споруджень стінок огорожі котлованів в вигляді „стіни в ґрунті”, опор і стін з буроопускних паль у сполученні з анкерами або без них.

В якості сучасних огорож глибоких котлованів використовують:

- а) жорсткі стінки залізобетонні — з паль, або стіни в ґрунті;
- б) гнучкі підпірні стінки — шпунтові-дерев'яні, сталеві і залізобетонні з паль різних діаметрів, безанкерні й анкерні;

Шпунтові підпірні стінки виконуються з забитих упридул шпунтин – дерев'яних, металевих чи залізобетонних. Шпунтові анкерні підпірні стіни з анкерним пристроєм, що складається з двох основних частин - анкерної плити, або кореня й анкерної тяги.

При виборі матеріалу і конструкції огорожі враховують наступні основні фактори і вимоги:

- клас споруди і вимоги до довговічності;
- інженерно-геологічні умови — якість основи, характеристики ґрунту, підтримуваного огорожею, і т.п.;
- вимоги до водонепроникності огорожі;
- ступінь агресивності води, що межує з огорожею і фундаментами прилеглої забудови;
- умови ведення робіт з урахуванням механізації;
- сейсмічні умови місцевості.

Вибір конструкції огорож котлованів значної довжини проводять на основі техніко-економічного порівняння варіантів. Для огорожі, що в подальшому використовується як нероздільна частину будинку чи споруди, вибір конструкції визначається проектом основних споруд. При виборі матеріалу для високих і середніх стінок огорожі краще використовувати залізобетонні конструкції.

Стіни глибоких котлованів зазнають впливу фізичних і геотехнічних факторів, внаслідок яких може статися їх обвалення. Такими факторами є активний і пасивний тиск ґрунту, гідростатичний тиск води, технологічні навантаження на укосі і дні котловану. Для котлованів з підвищеним заглибленням і несприятливими геологічними умовами є необхідним влаштування огорожувальних конструкцій стін та їх посилення. При розрахунку таких конструкцій підсилення огорожі котловану враховують відповідно наступні сили:

а) основні сили і навантаження: власна вага стінки, навантаження на стінку від постійних вантажів, що знаходяться на ній, стаціонарних пристроїв, фундаментів будинків і споруд і т.п.; тиск ґрунту на стінку; тиск води на стінку; сили тертя і зчеплення в основі стінки:

б) додаткові сили і навантаження, що діють короткочасно-тиск води при підвищенні нормального рівня води; рухоме навантаження; сили, що діють у процесі будівництва і ремонту споруд; тиск ґрунтових вод, що виникає в результаті порушення нормальної роботи дренажних пристроїв;

в) особливі сили і навантаження, що діють у виняткових випадках, — сейсмічні сили; тиск води при катастрофічному підйомі її рівня.

Конструкції укріплення глибоких котлованів можуть бути різних типів, серед яких дискретно розташовані забивні і бурові палі, стіна в ґрунті, шпунтові стіни різних конструкцій, струменева цементация, армування ґрунту, набризк-бетонні стіни та ін. Ефективність застосування тих чи інших конструкцій в кожному конкретному випадку залежить від містобудівних, геологічних, гідрогеологічних, технологічних та інших умов будівельного майданчика.

В даний час для укріплення глибоких котлованів найбільш широко застосовуються огорожі із застосуванням способу "стіна у ґрунті", що утворюються влаштуванням дискретно розташованих буронабивних паль. Для влаштування огорож котлованів і протифільтраційних стін у ґрунті

методом січних паль свердловини буряться свердловини діаметром 300-420 мм при відстані між центрами сусідніх паль дещо меншим діаметра паль.

Практика свідчить, що в більшості випадків конструкції огорож котлованів глибше 4-х метрів не здатні самостійно забезпечити стійкість укосів і допустимі опади прилеглих будівель, що викликає необхідність їх посилення за допомогою спеціальних конструкцій (рис. 2.3.1).

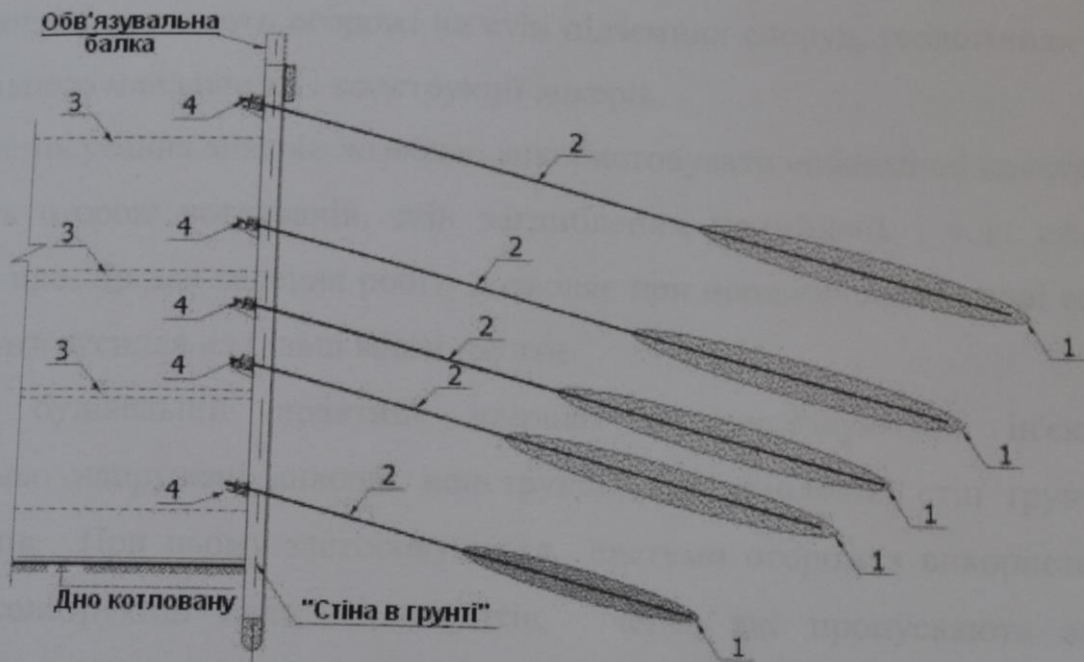


Рис. 2.10. Огороджувальна конструкція укріплення глибокого котловану із застосуванням ґрунтових анкерів: 1 – закладення анкера; 2 – вільна частина; 3 – перекриття, що влаштовуються; 4 – оголовок анкера.

До конструкцій посилення огорож котлованів внутрішнього типу відносять ґрунтові анкери, які призначені для передачі розтягуючих навантажень від конструкції укріплення на несучі шари ґрунту. Анкерне кріплення має ряд істотних переваг: вивільняє внутрішній простір котлованів, полегшуючи ведення робіт відкритим способом; знижує матеріаломісткість будівництва за рахунок усунення сталевих розпірок; підвищує безпеку виробництва робіт; зводить до мінімуму небезпеку осідання.

При спорудженні будівельних об'єктів різного призначення анкери

використовують для сприйняття згинаючого моменту в конструкціях підпірних стін шпунтових огорож котлованів. У випадку, якщо стійкість огорож котлованів (стін підземних споруд), не забезпечується заведенням їх у ґрунт, то застосовують розпірні конструкції (при ширині котлованів до 15 м) чи анкерні конструкції (при ширині котлованів більш 15 м і глибині більш 5 м). Анкери влаштовують в один чи кілька ярусів по висоті. Число ярусів, число анкерів у кожному ярусі, навантаження на анкер визначаються в залежності від висоти огорожі чи стін підземних споруд, геологічних умов будівельного майданчика і конструкції анкерів.

Застосування анкерів дозволяє використовувати економічні конструкції кріплень огорож котлованів, стін заглиблених приміщень і т.д., створює вільний простір для ведення робіт, дозволяє при неоднорідній будові основи передавати зусилля на більш міцні ґрунти.

У будівельній практиці широко використовуються ін'єкційні, попередньо напружені анкерні конструкції для кріплення стін ґрунтових котлованів. При цьому застосовуються системи огорож з використанням різних конструкцій паль і шпунтів, через які пропускають анкери різноманітних конструкцій. Технології з анкерним кріпленням найбільше доцільно використовувати в безпосередній близькості від існуючих споруд, особливо в умовах щільної міської забудови. Забивання металевих паль і шпунтів на таких будівельних майданчиках неможливі через техногенні впливи чи особливості ґрунтової основи.

При розрахунках конструкцій найбільш гнучкими і всеосяжними є умови в деформаціях (за граничними деформаціями). У зв'язку цим дослідження і розрахунки при проектуванні глибоких котлованів слід проводити по деформаціях. Конкретна послідовність розрахунків, спостереження за деформаціями будинків і споруд у натурі, підлеглі саме оптимальному проектуванню основ і фундаментів будинків і споруд, а критерієм оптимальності проектування виступають співвідношення розрахункових і граничних деформацій, що спостерігаються.

Таким чином, для зниження ступеня впливу нового будівництва на навколишню щільну міську забудову необхідне проведення інженерно-геологічних і гідрологічних вишукувань, геотехнічних досліджень конкретного району будівництва, і розробка відповідних передпроектних висновків про доцільність проведення реконструкції даного району шляхом ущільнення забудови та збільшення поверховості.

Найбільш складними геотехнічної роботами є зведення огорожувальних конструкцій під час влаштування глибоких котлованів у безпосередній близькості від існуючих будівель. Як показує досвід будівництва у великих містах, недотримання вимог до правил проведення робіт з підготовки забудованих територій і зміцненню ґрунтових основ призводить до неприпустимих деформацій існуючих будинків: появи тріщин у несучих стінах, перекосів сходових маршів, виникнення зсувів перекриттів, тощо, та в деяких випадках — до їх повного руйнування. В особливості небезпека виникнення аварійної ситуації виникає під час будівництва на структурно-нестійких ґрунтах.

У випадку складної інженерно-геологічної ситуації необхідна розробка відповідних заходів щодо зміцнення ґрунтових основ та захисту територій. Необхідна також подальший розвиток нормативної документації, що регламентує виконання основних технологічних процесів будівельно-монтажних робіт і враховує сучасну ситуацію будівництва в умовах щільної міської забудови, її вплив на існуючі поблизу будівлі, які б включали у себе спеціальний розділ з наукового обґрунтування і науково-технічного супроводу проведення реконструкції.

Весь комплекс зазначених заходів при виконанні робіт в процесі реконструкції територій з щільної міської забудовою та складними інженерно-геологічними умовами повинен бути включений у розробку проектів і схем районного планування з обґрунтуванням доцільного масштабу реконструкції.