

ГЕОТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ, БУДІВНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІДПОВІДАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Бамбура А.М., Ковальський Р.К., Дмитрієв Д.А., Дорогова О.В.

ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: В роботі наведені вимоги до складу робіт щодо проектування і будівництва нових об'єктів класу наслідків ССЗ та вимоги до їх результатів на прикладі об'єкту в м. Києві .

АННОТАЦИЯ: В работе приведены требования к составу работ по проектированию и строительству новых объектов класса последствий ССЗ и требования к их результатам на примере объекта в г. Киеве.

ABSTRACT: The article presents the requirements for the composition of works on scientific and technical support of the design and construction of new facilities and requirements to their results on the example of the object in Kiev.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: об'єкти класу наслідків ССЗ, інженерно-геологічні умови, підтоплення, затоплення, просторова модель.

Вступ. Чинні будівельні норми ставлять більш жорсткі вимоги до проектування та будівництва високої відповідальності житлових та громадських об'єктів. Крім цього все частіше будівництво нових об'єктів класу наслідків ССЗ відбувається на ділянках ускладнених наявністю небезпечних геологічних процесів. При цьому, проведення наукового супроводу проектування і будівництва таких об'єктів є обов'язковою вимогою. Це потребує виконання додаткових розрахунків з використанням просторових комп'ютерних моделей як єдиних систем – «основа-фундаменти-верхня будова», та різноманітних заходів, які повинні бути спрямовані на забезпечення надійної та безпечної експлуатації об'єктів, що зводяться.

Огляд джерел за темою і будівельних норм. При проектуванні об'єктів, що зводяться, слід виконувати вимоги наступних (основних) будівельних норм: ДБН В.1.2-5:2005 [1], ДБН В.1.2-14-2009 [2]; ДБН А.2.1-1-

2008 [3]; ДБН В.1.1-24:2009 [4]; ДБН В.1.1-3-97 [5], ДБН В.1.1-25-2009 [6]; ДБН В.1.1-12:2014 [8], ДБН В.2.6-98:2009 [9].

Виходячи з класу відповідальності об'єктів і складності інженерно-геологічних умов ділянок будівництва, роботи повинні виконуватися комплексно, з урахуванням всіх особливостей як самого об'єкту, так і ділянки будівництва. При виконанні таких робіт, повинна виконуватися перевірка проектних рішень на відповідність чинним будівельним нормам, а також повинні бути виконані розрахунки з оцінки впливу нового будівництва на інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови прилеглої території та розрахунки з оцінки впливу нового будівництва на оточуючу забудову.

Метою науково-технічного супроводу є вирішення проблем, які не обумовлені чинними будівельними нормами та можуть виникнути на різних стадіях життєвого циклу будівельного об'єкту.

Постановка задачі. На даний час забудовано більшість територій зі звичайними умовами. Це призвело до того, що нові об'єкти будівництва проектується та зводяться на ділянках зі складними інженерно-геологічними умовами. При будівництві в умовах щільної забудови приймають нетрадиційні конструктивні рішення, які пов'язані зі збільшенням поверховості та максимальним використанням вільних від забудови ділянок. При цьому на умови будівництва впливають також конструкції нових споруд, що зводяться. Це призводить до того, що необхідно розробляти додаткові заходи з захисту нових об'єктів, які повинні забезпечити їх безпечну експлуатацію.

Основні матеріали і результати. В статті наводяться результати робіт з науково-технічного супроводу громадсько-житлового комплексу, який зводиться на лівому березі р. Дніпро в м. Києві. Комплекс складається з 4-х 25-ти поверхових житлових будинків, одного 12-ти поверхового будинку та одноповерхового паркінгу, який розташований в межах усієї ділянки будівництва. В підвальній частині житлових будинків також один поверх займає паркінг. Загальний розмір комплексу – 190,0 м × 141,0 м. На рисунку 1 наведений генеральний план ділянки будівництва.

Клас наслідків (відповідальності) комплексу – СС3 та категорія складності – V.

Фундаменти всіх висотних будівель комплексу виконуються з бурин'єкційних паль діаметром 620 мм, довжиною 20,0 м. Основою для паль є піски дрібні та середні. Фундаментні плити – суцільні, товщиною 1500 мм для 25-ти поверхових секцій та 900 мм для 12-ти поверхової секції. Паркінг має перехресно-стрічковий ростверк. Палі паркінгу - діаметром 420 мм, довжиною 16,0 м. Основою для паль слугують піски дрібні та середні.

В геоморфологічному відношенні територія розміщена в межах лівобережної заплавної тераси р. Дніпро.

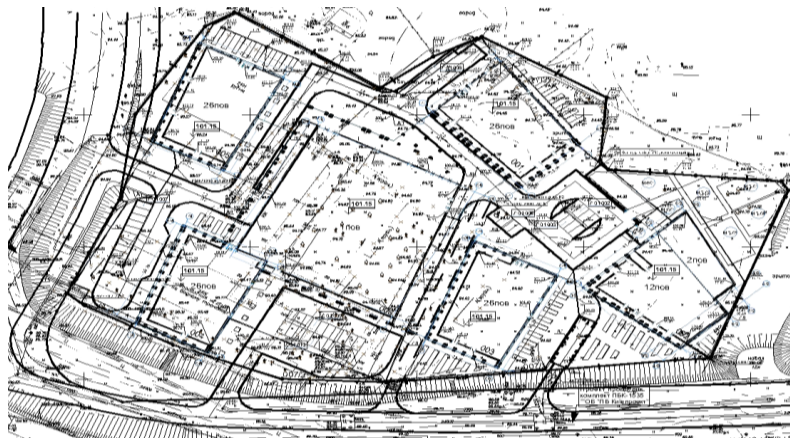


Рис. 1. Генеральний план

Сучасний рельєф ділянки – спокійний, частково змінений підсипками насипних ґрунтів, будівельного та побутового сміття та наступним плануванням рельєфу при інженерному освоєнні навколишньої території. Сучасні абсолютні відмітки поверхні землі на цій ділянці становлять $\approx 94,0 \dots 96,0$ м. Ділянка розташована на відстані $400,0 \dots 600,0$ м від урізу води р. Дніпро.

В геологічній будові території беруть участь четвертинні алювіальні, в переважній більшості, піщані відклади різної крупності з прошарками супісків, які на глибинах $26,0 \dots 28,0$ м (абсолютні відмітки $66,0 \dots 68,0$ м) підстеляються відкладами бучаської світи палеогену.

Верхня частина алювіальної товщі представлена піщаними та супіщаними відкладами заплавної тераси, які місцями містять біогенні ґрунти.

Ділянка підтоплена ґрунтовими водами. Гідрогеологічні умови ділянки характеризуються наявністю потужного ґрунтового водоносного горизонту в товщі четвертинних алювіальних та морських палеогенових відкладів, глибина залягання рівня якого становить – $2,2 \dots 3,3$ м. Область живлення горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів.

Відмічений на інженерно-геологічних розрізах рівень ґрунтових вод близький до середньорічного. Ґрунтові води гідравлічно зв'язані з водами р. Дніпро. Прогнозне коливання рівня ґрунтових вод протягом року складає $1,5 \dots 1,8$ м.

На ділянках розташованих ближче до р. Дніпро рівні підземних вод знаходяться на відмітках, які відповідають відмітці нормального підпірного рівня в річці – $91,5$ м. Прогнозне підняття рівня води в р. Дніпро при проходженні повеневої витрати 10% забезпеченості можливе до відмітки $95,8$ м, а при повені 1% забезпеченості – до відмітки $97,2$ м,.

Ділянка будівництва при проходженні повеневих витрат в р. Дніпро може затоплюватися. Для запобігання затоплення комплексу, що проектується, слід виконувати вимоги ДБН 360 – 92 [6].

Поверхневий режим р. Дніпро залежить від того, як відбувається скидання витрат на Київській та Канівській ГЕС. Так як всі ГЕС Дніпровського каскаду працюють в єдиній системі, то при проходженні катастрофічних витрат повинно здійснюватися регулювання витрат які проходять через гідровузли, і відповідно, регулювання рівнів води в водосховищах р. Дніпро, таким чином, що б була можливість уникнути затоплення забудованих територій.

Майданчик вишукувань є підтопленим тому для захисту підземної частини від впливу підземних вод слід виконати якісну гідроізоляцію заглиблених приміщень комплексу.

Категорія складності майданчика вишукувань, згідно ДБН А.2.1-1-2008 [2] – III (складна).

Згідно карти ЗСР-2004-А ДБН В.1.1-12:2014 [7] сейсмічність ділянки складає 7 балів.

Категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями – III (третя).

При виконанні нами науково-технічного супроводу виконувалися наступні роботи: аналіз прийнятих при проектуванні технічних рішень споруд комплексу на відповідність чинним будівельним нормам та оцінки надійності прийнятих рішень, аналіз інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов ділянки, оцінка впливу будівництва на оточуючу територію. Необхідність виконання науково-технічного супроводу проектування та будівництва громадського комплексу викликана відповідальністю об'єкту та складними умовами будівництва (ділянка підтоплена та може затоплюватися).

Оцінка впливу будівництва громадсько-житлового комплексу, що проектується, на зміну гідрогеологічного режиму території базувалося на результатах фільтраційних розрахунків. Для оцінки впливу будівництва було виконане чисельне моделювання руху підземних вод. Розрахунки виконувалися за допомогою програми, яка забезпечує виконання розрахунків тривимірного фільтраційного потоку, балансу водних мас та масопереносу і дозволяє визначати всі необхідні параметри потоку й масиву ґрунту, а також дозволяє візуалізувати отримані результати.

За результатами фільтраційних розрахунків було визначено основні фільтраційні параметри ґрунтових вод на ділянці будівництва (середній коефіцієнт фільтрації, градієнти, швидкість фільтрації, фільтраційні витрати, які проходять на ділянці будівництва).

Оцінка фільтраційної міцності ґрунту основи не виконувалось, так як влаштування фундаментів і підземної частини комплексу повинне виконуватися при рівні води в р. Дніпро, який відповідає його нормальному

підпірному рівню і в суху пору року. В цих умовах котлован комплексу підтоплюватися не буде. У випадку підвищення рівня підземних вод вище відміток дна котловану, необхідно буде виконувати додаткові утримуючі споруди для запобігання осипання або опливання його бортів. При виконанні робіт з розробки котловану в умовах підвищення рівнів води в р. Дніпро або при сезонному піднятті рівнів ґрунтових вод виникне значний ризик виникнення суфозії ґрунту основи і виносу його з ґрунтовими водами в котлован. На рис. 2 наведена розрахункова схема, для визначення впливу будівництва на гідрогеологічний режим оточуючої території.

За результатами розрахунків було зроблено висновок про те, що при рівнях підземних вод з урахуванням сезонного їх підняття підземна частина запроєктованого комплексу буде підтоплюється підземними водами, але в цілому будівництво не призведе до суттєвої зміни гідрогеологічного режиму.

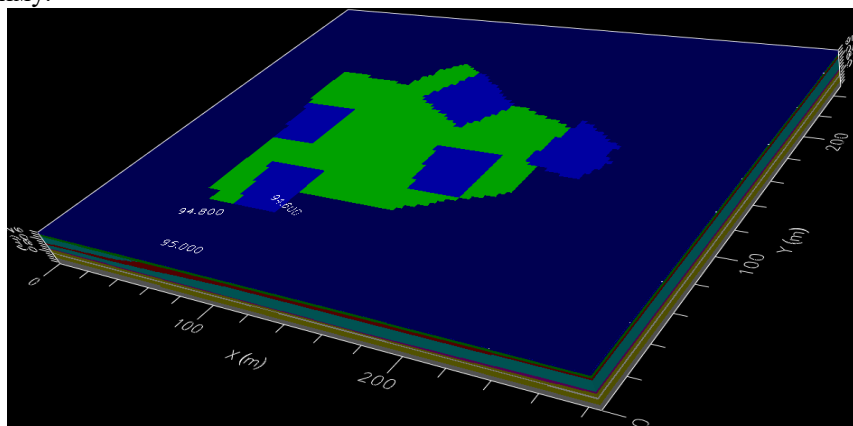


Рис. 2. Розрахункова схема

У зв'язку з близьким розташуванням майданчика вишукувань до річки та добре фільтруючим складом ґрунтів основи ділянки, при проходженні в р. Дніпро повені 1 % забезпеченості ділянка будівництва може затоплюватися.

Згідно з вимогами ДБН 360-92 [6] заходи з інженерної підготовки слід розробляти з урахуванням інженерно-будівельної оцінки території для містобудівництва, захисту від небезпечних природних і антропогенних явищ і прогнозу зміни інженерно-геологічних умов при різних видах використання. За розрахунковий горизонт високих вод слід приймати відмітку найбільшого рівня води з повторюваністю: один раз за 100 років – для територій забудованих або тих, що підлягають забудові житловими і громадськими будинками.

На ділянці будівництва виконання обвалування території є не доцільним, так як основа ділянки складена піщаними ґрунтами, які мають великі значення коефіцієнтів фільтрації і води, що можуть затоплювати ділянку зможуть потрапляти на неї під обвалуванням або бавить через нього. Тому основним заходом з захисту від затоплення є підвищення планувальних відміток в межах комплексу, що проектується. Згідно проекту абсолютні відмітки в межах комплексу прийняті більше ніж на 2 м вище ніж максимальне значення рівня води в р. Дніпро, який відповідає повеневому рівню 1% забезпеченості. Це дозволило зробити висновок про те, що громадсько-житловий комплекс затоплюватися не буде.

Технічне рішення, що повинне забезпечувати захист підземної частини будинків і паркінгу комплексу від підземних вод, базується на створенні водонепроникних внутрішніх контурів з гідроізоляційних матеріалів. Також були надані пропозиції, щодо виконання моніторингу рівня підземних вод на ділянці за допомогою влаштування мережі спостережних свердловин – п'єзометрів.

Метою моніторингу є своєчасне виявлення небезпечного розвитку процесу підтоплення і підготовка керуючих рішень, які включають розробку рекомендацій з:

- 1) попередження розвитку прогнозованих небезпечних тенденцій процесу підтоплення або затоплення;
- 2) ліквідації або мінімізації не прогнозованих наслідків взаємодії споруди з ґрунтовим середовищем при зміні гідрогеологічного режиму.

25-поверховий будинок зі складу комплексу моделювався як система «основа-фундаменти-верхня будівля». Розрахунок тривимірної комп'ютерної моделі виконаний за допомогою програмного комплексу «Ліра-САПР 2013», що є комп'ютерною системою для структурного аналізу та проектування.

Перевірка несучої здатності і стійкості конструкцій виконувалась відповідно до діючого нормативного документа [9].

Розрахункова схема прийнята у вигляді комплексної просторової системи «основа-фундаменти-верхня будова», що складається із стержневих елементів, які моделюють роботу колон та паль, пластинчатих елементів, які моделюють роботу плит перекриттів, стін, пілонів і фундаментної плити, одновузлових елементів, що моделюють роботу ґрунту в горизонтальному напрямку.

Жорсткісні та геометричні характеристики елементів моделі призначались за даними проектної документації, результатів інженерно-геологічних вишукувань, а також з урахуванням нелінійності роботи (повних діаграм деформування).

Розрахунок каркасу будівлі, виконано на основі наступних передумов, які закладені в просторову комп'ютерну модель:

- всі вузли примикання конструктивних елементів каркасу вважаються жорсткими;
- пілони у ростверку задані жорстко затисненими.

Розрахунок моделі «основа-фундаменти-верхня будівля» виконувався методом послідовного наближення.

На рис. 3 і 4 наведені загальний вигляд комп'ютерної моделі та її фрагмент.

Навантаження та впливи для конструкцій будівлі прийняті згідно ДБН В.1.2.-2:2006 [10], ДБН В.1.1-12:2006 [8].

В результаті розрахунків комп'ютерної моделі було отримано напружено-деформований стан несучих конструкцій каркасу від окремих навантажень та від розрахункових сполучень навантажень.

Найбільш небезпечними для каркасу є основні сполучення з урахуванням вітрового навантаження в двох напрямках, а також аварійні сполучення навантажень, теж в двох напрямках, в яких, крім постійних та тимчасових, враховуються сейсмічний вплив інтенсивністю 7 балів.

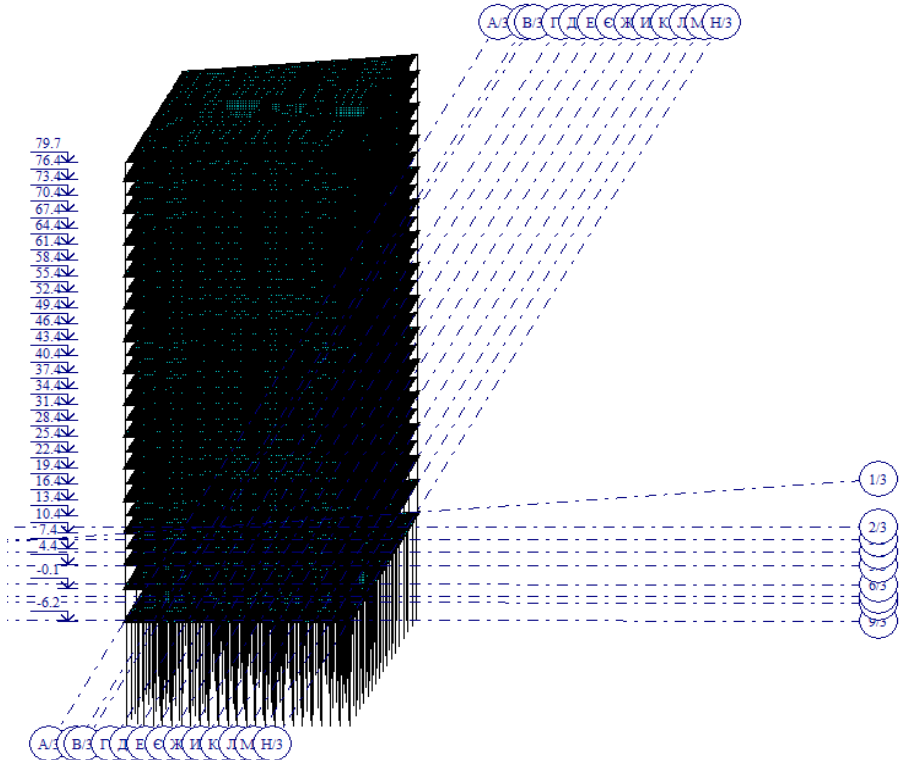


Рис. 3. Загальний вигляд комп'ютерної моделі

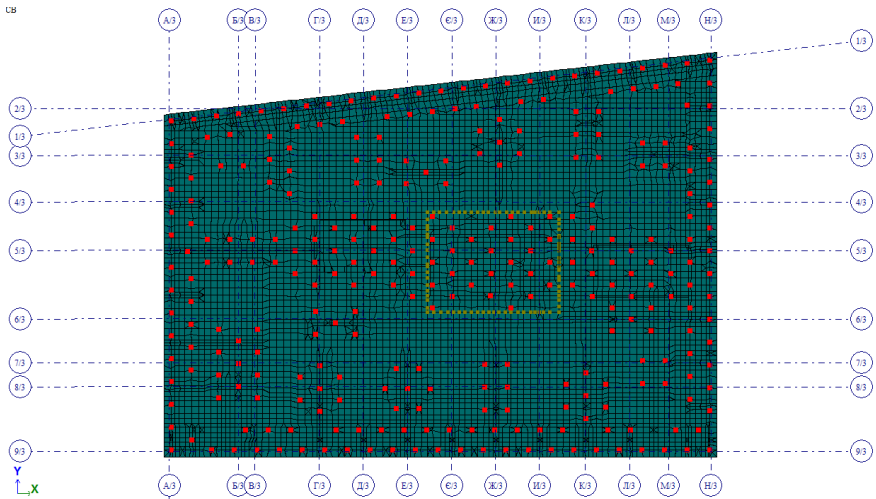


Рис. 4. Фрагмент моделі (плита ростверку, розташування паль)

Максимальні горизонтальні переміщення вузлів каркасу виникають при дії вітрового навантаження уздовж літерних осей і сягають величини 147 мм, а при дії вітрового навантаження уздовж цифрових осей дорівнюють 31,2 мм при розрахункових експлуатаційних значеннях навантажень. Ці показники не перевищують граничне значення $f_u = h/500 = 79,7\text{ м}/500 = 0,159\text{ м}$ [11].

Розрахунок осадок основ пальових фундаментів, виконується, як для умовного фундаменту на природній основі. Фізико-механічні характеристики інженерно-геологічних елементів для розрахунку основи пального фундаменту за другою групою граничних прийняті згідно результатів інженерно-геологічних вишукувань.

Розрахунок осадок виконано при спільному розрахунку системи «основа – паливий фундамент – верхня будівля». При розрахунку було розглянуто три розрахункові ситуації:

- 1) на будівельний період та початковий термін експлуатації – в цьому випадку розглядається здатність над фундаментної частини будівлі розподілити навантаження на палі (особливо між центральною та периферійною частинами пального фундаменту) без появи понаднормативних тріщин;
- 2) на експлуатаційний період – розглядається період коли реалізуються всі осадки будівлі;
- 3) з врахуванням сейсмічних впливів.

Армування конструкцій виконувалось по згинаючій кривих для всіх розрахункових ситуацій.

Осадки плитного ростверку представлено на рисунку 5. Величина абсолютних значень осадок (97,3...137,0 мм) та їх нерівномірність (0,0012) не перевищують допустимих значень, які становлять – середня осадка 150 мм, нерівномірність 0,003.

За результатами виконаних розрахунків було зроблено висновок про те, що пальове поле придатне для сприйняття проектних навантажень.

Виконаний аналіз вихідних даних та перевірочні розрахунки конструкцій та основ фундаментів 25-поверхової будівлі громадсько-житлового комплексу дозволив зробити наступні висновки:

1. Розрахунки було виконані з використанням комп'ютерної моделі будівлі як системи «основа-фундамент-верхня будова» на статичні та динамічні впливи, у тому числі на сейсмічний вплив відповідно до вимог чинних будівельних норм. Аналіз результатів розрахунку показав, що прийняті проектні рішення, отримані на спрощених комп'ютерних моделях без урахування нелінійної роботи основи і матеріалів конструкцій та сумісної роботи основи, фундаментів та конструкцій верхньої будови, потребують уточнення.

2. При завершенні проектування та будівництві рекомендується виконувати геодезичні спостереження за деформаціями будівлі.

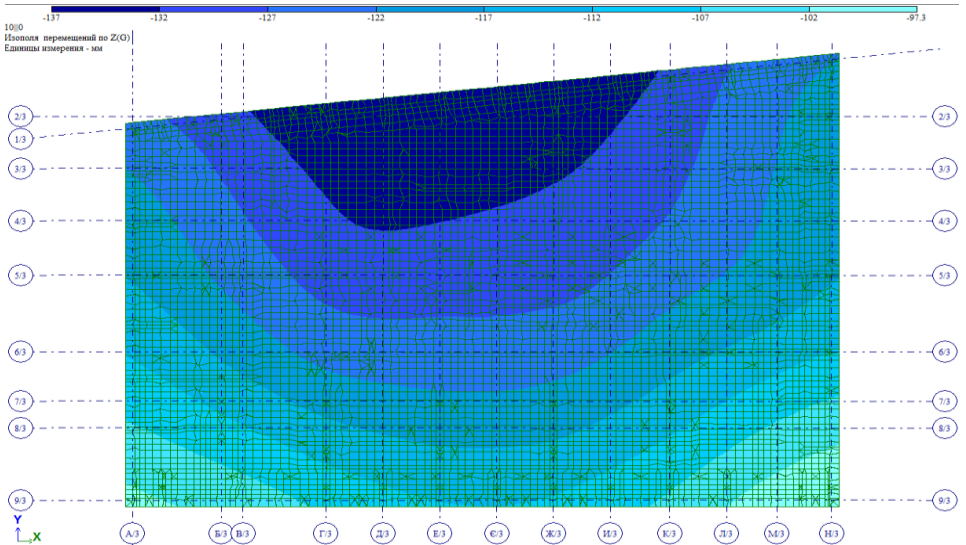


Рис. 5. Осадки плитного ростверку

Наведені результати свідчать про необхідність виконання робіт з науково-технічного супроводу особливо відповідальних об'єктів та таких, що

будуються в складних інженерно-геологічних умовах. При виконанні таких робіт слід виконувати вимоги чинних в Україні будівельних норм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5:2007 – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 14 с. - (Національний стандарт України).
2. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009 – [Чинний від 2009-01-12]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с. - (Національний стандарт України).
3. Інженерні вишукування для будівництва: ДБН А.2.1-1-2008 – [Чинний від 2008-05-02]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 76 с. (Національний стандарт України).
4. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування: ДБН В.1.1-24:2009 – [Чинний від 2010-07-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 69 с. - (Національний стандарт України).
5. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення: ДБН В.1.1-3-97 – [Чинний від 1997-07-01]. - К.: Держбуд України, 1998. – 41 с. - (Національний стандарт України).
6. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення і затоплення: ДБН В.1.1-25-2009 – [Чинний від 1997-01-07]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 30 с. - (Національний стандарт України).
7. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92** – [Чинний від 2014-01-01]. - К.: Держкоммістобудування України, 2014. – 92 с. - (Національний стандарт України).
8. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2014 – [Чинний від 2014-10-01]. - К.: Мінрегіон України, 2014. – 110 с.- (Національний стандарт України).
9. ДБН В.2.6-98:2009 “Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення”. - К.: «ДП Укразхбудінформ», 2011.
10. ДБН В.1.2.-2:2006 Навантаження і впливи.
11. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини і переміщення.

Стаття надійшла до редакції 16.09.2016 р