

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКІЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

О. В. Кічасва

БУДІВНИЦТВО У СКЛАДНИХ
ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів очної та заочної форм навчання
другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Кічаєва О. В. Будівництво у складних інженерно-геологічних умовах : конспект лекцій для студентів очної та заочної форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія / О. В. Кічаєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 51 с.

Автор
д-р техн. наук, проф. О. В. Кічаєва

Рецензенти:

О. В. Самородов, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри геотехніки і підземних споруд (Харківський національний університет будівництва і архітектури);

В. П. Кожушко, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки (Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Рекомендовано кафедрою механіки ґрунтів, фундаментів та інженерної геології, протокол № 11 от 29.06.2018.

Конспект лекцій складено з метою допомогти студентам-будівельникам вишу під час підготовки до занять та заліків із дисципліни «Будівництво у складних інженерно-геологічних умовах».

© О. В. Кічаєва, 2021

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021

ЗМІСТ

Вступ	4
Лекція 1 Фундаменти на лесових просадочних ґрунтах.....	6
Лекція 2 Фундаменти на засолених ґрунтах.....	15
Лекція 3 Основи і фундаменти в умовах підтоплених територій	18
Лекція 4 Фундаменти в карстових районах	21
Лекція 5 Фундаменти на зсувних територіях	24
Лекція 6. Улаштування основ і фундаментів на ділянках, під якими є підземні виробки	26
Лекція 7 Особливості проектування сейсмостійких фундаментів і споруд	29
Лекція 8 Фундаменти на насипних і наливних ґрунтах	35
Лекція 9 Фундаменти на слабких ґрунтах	38
Лекція 10 Фундаменти на ґрунтах, здатних до набухання	41
Лекція 11 Проектування фундаментів в умовах техногенного впливу	44
Список рекомендованих джерел	49

ВСТУП

Основи вважаються простими, коли близько від поверхні залягають міцні, стійкі – надійні ґрунти, що мало деформуються, тому глибина закладення фундаментів залежить, в основному, від призначення, об'ємно-планувального рішення і конструктивних особливостей споруди.

Основи називають складними, якщо на будівельному майданчику можливий прояв будь-яких геологічних або інженерно-геологічних процесів, або надійні ґрунти залягають досить глибоко. В даному випадку для влаштування фундаментів у відкритих котлованах необхідна велика глибина їх закладення або влаштування фундаментів глибокого закладення, в тому числі пильових, що прорізають слабкі ґрунти. Також в даному випадку можливе улаштування штучної основи.

До складних ґрунтових умов відносяться майданчики, де можливий прояв сейсмічних і карстових явищ, зсувних процесів, гірських підробок, майданчики в умовах тісної міської забудови. Сюди також можна віднести майданчики, на яких досить близько від поверхні і на значну глибину поширені просадочні та набухаючі, засолені, біогенні, слабкі водонасичені, техногенні та інші ґрунти, які виявляють від ваги споруди або від власної ваги значні і нерівномірні деформації або мають малу несучу здатність.

У тому випадку, якщо прогнозовані розрахунком сумарні деформації основи або її несуча здатність перевищує допустимі межі для проектованої споруди, то необхідно передбачати заходи для попереднього поліпшення будівельних властивостей основ, або конструктивні заходи, які зменшують зусилля в конструкціях споруди або зменшують чутливість споруди при взаємодії його з основою, або перераховані заходи в комплексі.

В Україні зустрічаються практично всі ці складні умови (табл. 1), але найбільш широко поширені просадочні ґрунти.

Таблиця 1 – Складні інженерно-геологічні умови

№№ п/п	Тип складних ґрунтових умов	Особливі процеси і явища	Типи деформацій основи
1	Лесові просадочні ґрунти	Погіршення показників міцності ґрунту; псевдокарст; перехід до слабкої основи; поява негативного тертя на бічній поверхні паль, підземних стін	Просідання в процесі зволоження від власної ваги або під дією додаткового тиску. Прогноз величини просідання можливий, S_{sl}
2	Глинясті ґрунти, які здатні до набухання	Збільшення обсягу ґрунту, виникнення тиску набухання; усадка при висушуванні	Випинання ґрунту під тиском набухання. Прогноз величини підняття можливий, h_{sw}
3	Слабкі ґрунти (торфи, за торфовані мули, сапропелі, водо насичені глинясті)	Мінералізація і розкладання органічних речовин; значна стисливість; тиксотропні явища	Повільна і тривала деформація основи, яку можна прогнозувати; додаткова деформація за рахунок мінералізації
4	Насипні і намівні ґрунти	Поступове ущільнення ґрунту від власної ваги, при наявності додаткового тиску; розкладання органічних речовин	Нерівномірна деформація основи; додаткова деформація з причини мінералізації або розкладання органіки
5	Засолені ґрунти	Суфозія; розчинення солей при зволоженні	Деформації суфозійного стиснення. Прогноз деформацій можливий, S_{th}
6	Сезонно-мерзлі та мерзлі ґрунти	Випинання мерзлого ґрунту; зменшення міцності при відтаванні	Деформація стиснення в межах зони відтавання. Прогноз величини деформації можливий, S_{th}
7	Території, що підтоплені	Зменшення показників міцності ґрунту; збільшення ваги чи виваження ґрунту	Виникнення додаткових деформацій основи залежно від ґрунтових умов
8	Території з підземними порожнинами	Поступовий розвиток мульд зрушення; карстові і суфозійні процеси	Виникнення додаткових вертикальних і горизонтальних деформацій, прогноз яких практично неможливий
9	Сейсмічно небезпечні території	Раптовий непередбачений динамічний вплив	Виникнення додаткових деформацій, прогноз який ускладнений
10	Забудовані території з техногенним впливом	Статичне й динамічне додаткове навантаження на існуючі будівлі і споруди	Виникнення додаткових деформацій, прогноз яких ускладнений
11	Зсувонебезпечні території	Рух масивів ґрунту під впливом земного тяжіння вниз по схилу	Розвиток складних деформацій, прогнозування яких практично неможливе. Прогнозують лише стійкість схилу

ЛЕКЦІЯ 1 ФУНДАМЕНТИ НА ЛЕСОВИХ ПРОСАДОЧНИХ ГРУНТАХ

План

1. Загальні відомості про просадочні ґрунти.
2. Визначення відносного просідання ґрунтів.
3. Види просадкових явищ.

Просадочні ґрунти – це лесові, пилуваті, макропористі освіти, які розташовуються безпосередньо під поверхневими шарами. Просадочні лесові ґрунти мають ряд специфічних особливостей, що відрізняють їх від інших видів ґрунтів. Головна з них полягає в тому, що, перебуваючи під тиском від зовнішнього навантаження або від власної ваги ґрунту, при підвищенні вологості вище певного рівня такі ґрунти здатні на деформації, які швидко розвиваються та зветься просадками.

Просадка – це додаткова деформація ущільнення при зволоженні лесового ґрунту, що знаходиться під впливом зовнішніх навантажень і (або) власної ваги, що супроводжується докорінною зміною його структури і механічних властивостей.

За стандартом (ДСТУ Б.В.2.1-2-96) лесові ґрунти відносяться до зв'язних, осадочних, глинистих ґрунтів II класу. Вони однорідні, оскільки мають більш 50 % частинок розміром 0,05–0,005 мм, в їх складі досить багато легко- і середньорозчинних солей; ґрунти мають велику кількість різноманітних за розмірами порожнин, тріщин, каверн, пор, в маловологому стані утримують укіс, близький до вертикального; легко розмокають, а після водонасичення, особливо при впливі ударних або вібраційних навантажень, перетворюються в пливуни; колір найчастіше світло-жовтий або світло-коричневий; в сухому стані на дотик борошністі. Такі ознаки дозволяють фахівцеві безпомилково виявити лесовий ґрунт і своєчасно вжити заходів щодо зменшення або усунення надлишкових просідань.

До просадочних відносяться ті лесові ґрунти, які після осідання під тиском p_i при подальшому водонасиченні дають відносну деформацію – просідання

$\varepsilon_{sl,i} \geq 0,01$. Тиск, при якому $\varepsilon_{sl,i} = 0,01$, називається початковим просадним тиском p_{sl} .

Щодо лесового ґрунту на території України, то, на думку дослідників В. П. Ананьєва, П. К. Заморія, В. Ф. Краєва, він еолово-льодовикового походження. Просідаючі породи та основні їх представники – лесові ґрунти – широко розповсюджені в Україні (займають більше 80% її території). На рисунку 1 зображена карта України з районами поширення лесового ґрунту.



Рисунок 1.1 – Схема розповсюдження лесових ґрунтів (за Чорним Г. І.)

До просадочних порід відносяться леси та лесоподібні суглинки, супіски та глини, деякі види покривних суглинків і супісків, а також в окремих випадках дрібні та пилуваті піски з підвищеною структурною міцністю, насипні глинисті ґрунти, відходи промислових підприємств, попільні відклади та ін.

У північній частині Волинського плато товщина шару лесових ґрунтів змінюється від 3 до 10 м. Відносне просідання цих ґрунтів $\varepsilon_{sl} = 0,03-0,064$ при напруженні $\sigma = 300$ кПа.

Лесові ґрунти Дністровської рівнини в своїй більшості непросадочні ($\epsilon_{sl} = 0,01-0,018$ при $\sigma = 300$ кПа). При віддаленні від р. Дністер збільшується товща лесових макропористих ґрунтів і в районі Подільського плато ці ґрунти характеризуються $\epsilon_{sl} = 0,03-0,04$ при $\sigma = 300$ кПа. Близькі за властивостями лесові ґрунти зустрічаються на території лівого берега р. Прут. На Львівщині просідаючі ґрунти залягають на глибину до 7 м і мають $\epsilon_{sl} = 0,04-0,06$ також при $\sigma = 300$ кПа.

Лесові ґрунти мають безперервне розповсюдження починаючи з межі Дніпровської низовини в межиріччі річок Дніпра і Дністра, їх товщина 5–35 м, $\epsilon_{sl} = 0,01-0,15$ ($\sigma = 300$ кПа). У межах Причорноморської западини лесові ґрунти також залягають у вигляді безперервного шару потужністю до 22 м при відносному просіданні більше 0,2 ($\sigma = 300$ кПа). На території Вінницької області лесові ґрунти зустрічаються повсюди потужністю від 2,5 до 19,5 м.

Лесові ґрунти за гранулометричним складом містять більше 50 % пилюватих (розміром 0,05–0,005 мм) частинок, легко- та середньо-розчинні солі і карбонати кальцію. Особливістю лесів є їхня здатність просідати (опускання поверхні) при замочуванні внаслідок доущільнення. Лесові ґрунти легко розмокають і розмиваються, а при повному водонасиченні можуть переходити в пливунний стан.

У сухому стані леси відзначаються великою міцністю і можуть слугувати надійними основами, але при замочуванні можуть викликати просідання, часто нерівномірні, на схилах – зсуви.

Умови, що необхідні для прояву просідання:

- 1) наявність навантаження, здатного при зволоженні перевищити сили зчеплення ґрунту;
- 2) достатнє зволоження, при якому значною мірою знижується міцність ґрунту.

Що ж до мінералогічного складу, то леси містять до 50% SiO_2 (роздрібноного, з розмірами частинок 0,1–0,01 мм), до 25 % глинистих

мінералів, 25–30% CaCO_3 . У них можуть бути домішки окислів і гідроокисів заліза і алюмінію.

Вивченням лесових ґрунтів займалися видатні вчені: Ю. М. Абелев, Л. С. Берг, І. П. Герасимов, М. Н. Гольдштейн, В. І. Крутов, В. Д. Обручов, А. П. Павлов, П. О. Тутковський, С. М. Клепиков та ін., які створили ряд оригінальних теорій про походження цих ґрунтів: еолову, водно-льодовикову, пролювіальну, делювіальну, алювіальну та ін. Найбільшу перевагу серед цих теорій набули еолова, водно-льодовикова та пролювіальна (тобто утворення недоущільненого стану лесових порід еолового, делювіального або пролювіального походження в умовах сухого клімату).

Зовнішньою ознакою просадочності ґрунтів у природі є утворення на земній поверхні «блюдець» діаметром 50–100 м і завглибшки 0,5–1,0 м. Під дією води вони можуть розширюватися до 400–500 м у діаметрі і поглиблюватися до 5–6 м. Такі утворення називають подами.

Основні причини просадочності такі:

- велика пористість (до 0,5–0,6);
- невелика водостійкість агрегатів, які складають лесовий ґрунт, що приводить до їх розм'якшення при замочуванні;
- розчинення водою карбонатів та інших солей, що цементують зерна ґрунту;
- осмотичний тиск у товщах лесових ґрунтів.

Основним проявом просадочності є ущільнення ґрунту за рахунок переміщення і більш компактного укладання окремих частинок та їхніх агрегатів, завдяки чому знижується пористість до стану, що відповідає наявному тиску.

Лесові ґрунти володіють рядом особливостей за своїми фізико-механічними властивостями. Зокрема, вони майже завжди бувають маловологими ($w = 0,06–0,11$), мають низьку питому вагу ($\gamma = 12,8–18,0 \text{ кН/м}^3$), високу пористість ($n = 0,45–0,54$). Коли пористість ґрунту більше ніж 0,4, а питома вага сухого ґрунту менше ніж 15 кН/м^3 , то це додатковий доказ його

можливого просідання. Механічні характеристики лесових ґрунтів суттєво погіршуються при замочуванні, і тому їх визначають у двох варіантах: при природній вологості і в стані повного водонасичення. Візуально належність того чи іншого ґрунту до категорії просадочних можна оцінити таким чином. У склянку з прозорою водою опускають грудку ґрунту і спостерігають за нею. Швидко (протягом однієї хвилини), просадочний ґрунт розмокає і осідає на дно у вигляді шару.

Для оцінки ступеня просадковості ґрунтів застосовуються спеціальні кількісні показники: відносне просідання (ε_{sl}), початковий просідаючий тиск (p_{sl}) та початкова просідаюча вологість (w_{sl}). Відносне просідання показує частку, яку складає величина просідання від початкової потужності шару ґрунту. Визначається ε_{sl} у компресійних приладах двома методами: методом однієї кривої; методом двох кривих.

При випробуваннях методом однієї кривої зразок ґрунту завантажується до деякого тиску p , потім проводиться його замочування до повного водонасичення і подальше його завантаження (рис. 1.2, а).

Відносне просідання визначають за формулою:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h_{n,p} - h_{sat,p}}{h_{n,g}}, \quad (1.1)$$

де $h_{n,p}$ і $h_{sat,p}$ – висота зразка відповідно при природній вологості та в стані повного водонасичення при заданому тиску p ;

$h_{n,g}$ - висота зразка природної вологості при тискові від власної ваги ґрунту.

Метод однієї кривої дозволяє визначити ε_{sl} тільки при заданому тискові p .

При випробуванні методом двох кривих проводяться дослідження на двох зразках ґрунту: одного при природній вологості, другого у водонасиченому стані. Кожен зразок стискають в однаковому діапазоні тиску. За даними цього методу випробувань можна ε_{sl} визначити при будь-якому заданому тискові (рис. 1.1 б). Це суттєва перевага методу двох кривих, оскільки відносне просідання значно збільшується при збільшенні тиску.

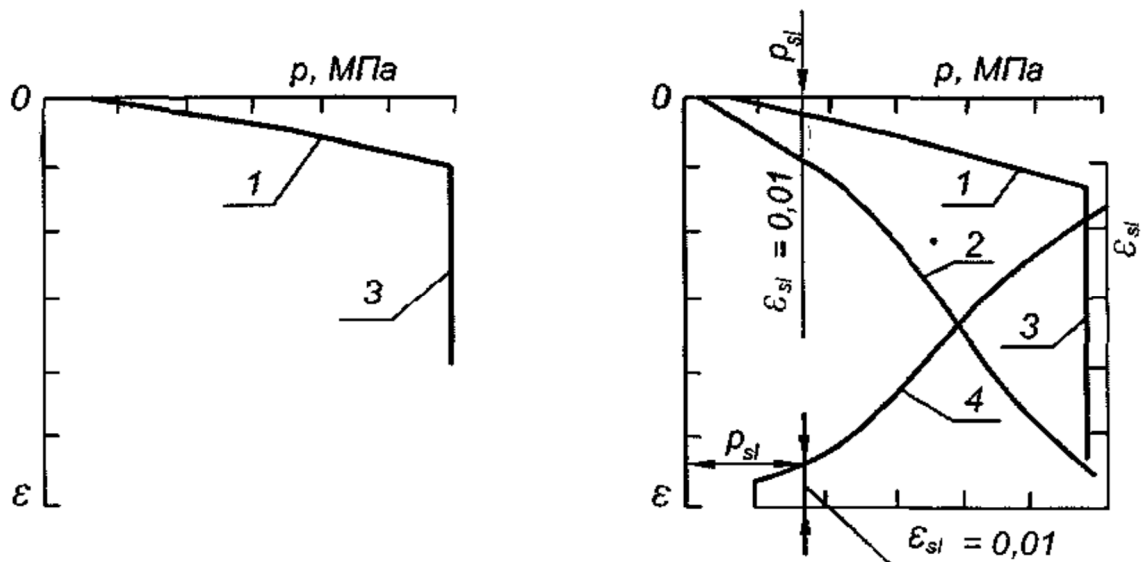


Рисунок 1.2 – Залежність відносної деформації від тиску при випробуваннях: а – методом однієї кривої; б – методом двох кривих; 1, 2 – відносна вертикальна деформація ϵ ґрунту із природною вологістю та у водонасиченому стані в залежності від тиску; 3 – вертикальна відносна деформація зразка ґрунту в результаті замочування (відносна деформація просідання) при заданому тиску; 4 – залежність відносної деформації просідання ϵ_{sl} від тиску; p_{sl} – початковий тиск просідання

За величиною відносного просідання ґрунти поділяють на просідаючі та непросідаючі. При $\epsilon_{sl} > 0,01$ ґрунти вважаються просідаючими.

Під початковим просідаючим тиском (p_{sl}) розуміють мінімальний тиск, при якому проявляються просадкові властивості ґрунту в умовах його повної водонасиченості.

За початковий просідаючий тиск приймається:

- при лабораторних випробуваннях ґрунтів у компресійних приладах - тиск, при якому $\epsilon_{sl} = 0,01$;
- при польових випробуваннях штампом попередньо замоченого ґрунту - тиск на межі пропорційності графіка «навантаження – осідання»;
- при замочуванні ґрунту в дослідних котлованах - вертикальне напруження від власної ваги ґрунту на глибині, починаючи з якої відбувається просідання ґрунту від власної ваги.

Початковий просідаючий тиск може змінюватись у широких межах ($p_{sl} = 20\text{--}300$ кПа).

Під початковою просідаючою вологістю (w_{sl}) розуміють вологість, при якій просідаючі ґрунти, що знаходяться під навантаженням, починають проявляти просадкові властивості. W_{sl} як і ε_{sl} , є функцією діючого тиску, але початкова просідаюча вологість при збільшенні тиску зменшується.

Просадкові явища в лесових та інших просідаючих ґрунтах протікають по-різному в залежності від конкретних гідрогеологічних умов.

Основні джерела замочування і підвищення вологості просідаючих ґрунтів такі: витікання із комунікацій і технологічних пристроїв; атмосферні опади; фільтрація води із зрошувальних каналів; зміна умов аерації при забудові територій; підвищення рівня ґрунтових вод та ін.

Різні розміри, форма, положення та інтенсивність джерела замочування викликають і різний характер замочування просідаючих ґрунтів. Залежно від перелічених факторів виокремлюють такі види замочування:

- місцеве замочування зверху, яке приводить до просідання ґрунту на обмеженій площі в верхній частині товщі, або рідше – на усю глибину просідаючої товщі;

- інтенсивне замочування зверху протягом тривалого часу, внаслідок чого відбувається замочування ґрунту на всю просідаючу товщу й прояв просідань як від власної ваги ґрунту, так і від навантажень фундаментів;

- підняття різня ґрунтових вод, які викликають просідання нижніх шарів ґрунту переважно від їх власної ваги;

- повільне підвищення вологості, яке викликається порушенням природних умов випаровування ґрунтової вологи внаслідок забудови та асфальтування території.

Проникаючи в просадочний ґрунт зверху, вода розповсюджується і переміщується в товщі як зверху вниз, так і з обох боків від джерел замочування, утворюючи зволожену зону. На характер формування та розміри зволоженої зони, крім величини та форми джерела замочування, впливають

літологічна будова товщі просадочних ґрунтів, їхні фільтраційні властивості та ін.

При місцевому замочуванні із точкових, а також лінійних джерел (траншей, каналів) у ґрунті утворюється зволожена зона, що має в поперечному перерізі форму, близьку до зрізаного еліпса (рис. 1.3, а). Інтенсивне замочування зверху значної площі приводить, як правило, до утворення зволоженої зони, близької до трапеції (рис. 1.3, б). Безпосередньо під площею, що замочується, розповсюдження води відбувається вертикально вниз - зона гравітаційного руху води. За межами цієї площі вода розповсюджується униз і в сторони – зони капілярного та плівкового переміщення води. Кут β , під яким вода розповсюджується в сторони, залежить від виду ґрунту ($\beta = 20\text{--}40^\circ$ для лесоподібних супісків та лесів; $\beta = 40\text{--}45^\circ$ для лесоподібних суглинків), його водопроникності. Випадки замочування зверху найбільш небезпечні, тому що приводять до нерівномірних за площею деформацій. Просідання відбуваються більш-менш рівномірно за площею за винятком куполоподібного піднімання рівня ґрунтових вод. При швидкому підніманні рівня ґрунтових вод до підшови фундаменту просідання практично припиняється і складає максимум 1–4 см/рік; в цьому випадку небезпечне виникнення руху води (наприклад, відкачування із поблизу розташованого котловану); уповільнення просідання при швидкому підніманні рівня ґрунтових вод пояснюється утрудненням фільтрації з напруженої зони.

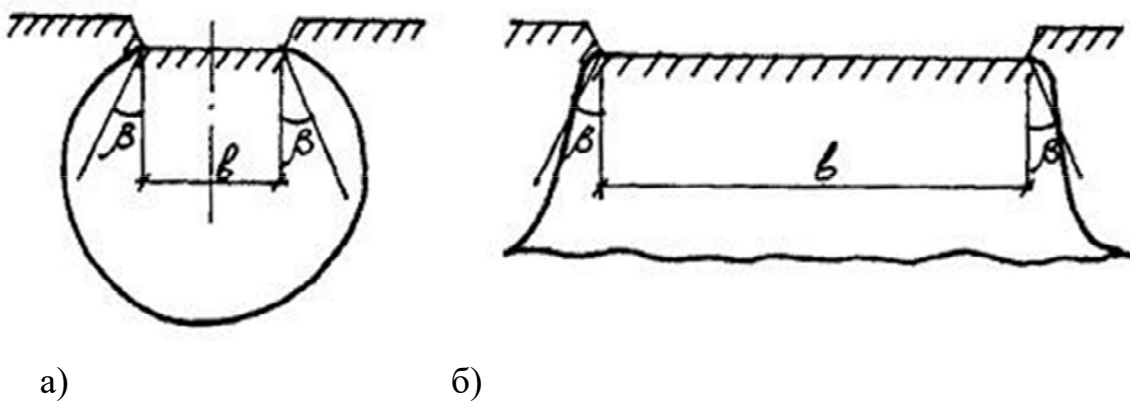


Рисунок 1.3 – Форми зволоженої зони при:

а – точковому джерелі замочування; б – замочуванні значної площі



Просадочні грунти

Рисунок 1.4 – Прояви посадочних властивостей ґрунту

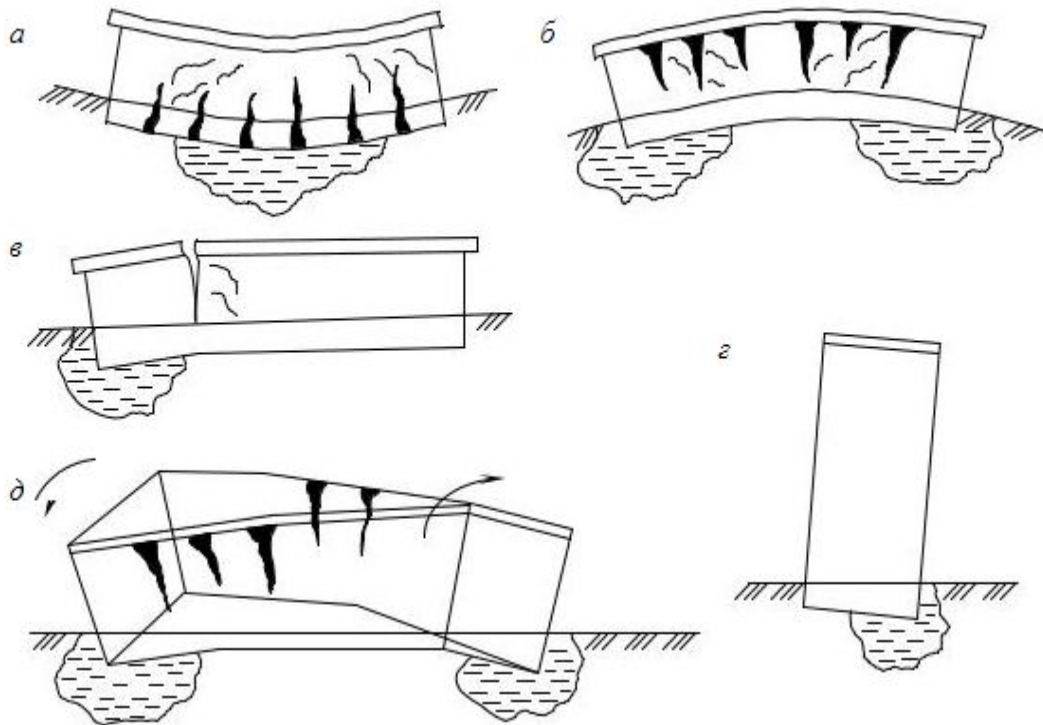


Рисунок 1.5 – Схеми нерівномірних деформацій будівель залежно від місця замочування основи: а – в середині будівлі; б – під краями будівлі; в – з одного краю; г – під поздовжньою стіною; д – під краями з різних боків

ЛЕКЦІЯ 2 ФУНДАМЕНТИ НА ЗАСОЛЕНИХ ҐРУНТАХ

План

1. Загальні відомості про засолені ґрунти.
2. Заходи для усунення впливу суфозійних деформацій.

Ділянки з засоленими ґрунтами в Україні є на півночі Криму, на Донбасі, в західній частині країни. Засоленими частіше бувають глинисті ґрунти, зокрема глини і суглинки, засолені супіски менш поширені, іноді зустрічаються загіпсовані піски. Про те, що ґрунт засолений, можуть говорити такі ознаки: білуватий наліт на поверхні ґрунту (рис. 2.1), кристали і друзи солей на зрізах породи, солонуватий або гіркуватий смак ґрунтової води.



Рисунок 2.1 – Загальний вид засолених ґрунтів

Засолені ґрунти містять солі, що розчиняються водою: легкорозчинні (хлористі і сірчаноокислий солі натрію, калію, магнію, карбонати натрію, хлориди кальцію, нітрати натрію і магнію і ін.), середньорозчинні (сульфати кальцію) і важкорозчинні (карбонати кальцію і магнію, фосфати кальцію, алюмінію, заліза). Засоленість ґрунтів (склад і кількість існуючих в них розчинних солей) залежить від генетичного типу ґрунту, умов його залягання і

характеру сучасних геохімічних процесів. Засоленими можуть бути ґрунти різного віку, що залягають на глибині і на поверхні землі.

Знання засоленості ґрунтів, товщини шару і умов їх залягання необхідно для прогнозу впливу води на частину цих ґрунтів, що розчиняється водою, оцінки агресивності засолених ґрунтів по відношенню до бетону і металу, виявлення дорожньо-будівельних властивостей ґрунтів, визначення придатності ґрунтів для сільськогосподарських і інших цілей.

У табл. 2.1 перелічені заходи для усунення шкідливого впливу суфозійної деформації на будівлі і споруди.

Таблиця 2.1 – Заходи для усунення шкідливого впливу суфозійної деформації

Заходи	Реалізація заходів
Водозахисні	Захист засоленого ґрунту від розмивання; раціональне планування території; влаштування водовідвідних каналів; захист котлованів і траншей від зволоження; використання високоякісних труб для прокладання водонесучих мереж; зворотне засипання проміжку між стінками траншей та котлованів і бічними поверхнями фундаментів ущільненим незасоленим ґрунтом; улаштування дренажу
Конструктивні	Використання фундаментів із монолітного залізобетону сумісно із захистом від солевої корозії; влаштування замкнених залізобетонних поясів; використання жорстких горизонтальних діафрагм із збірних залізобетонних панелей перекриттів
Часткове або повне зрізування засоленого ґрунту	Заміна засоленого ґрунту на гравійно-галькову суміш із застосуванням бітумних матеріалів; улаштування ґрунтової подушки з незасоленого глинистого ґрунту
Прорізання засоленого ґрунту	Використання пальових фундаментів із паль посиленої конструкції, які прорізають засолений ґрунт, з обмазуванням бічної поверхні гумовими або лакофарбувальними покриттями (перед забиванням паль пробурюють лідируючі свердловини); влаштування буронабивних, камуфлетних, конічних та інших паль, а також паль у пробитих свердловинах
Закріплення або ущільнення ґрунту	Улаштування ґрунтової подушки з ущільненого незасоленого ґрунту або ґрунтових паль
Попереднє розсолення ґрунту за допомогою зволоження	Буріння свердловин із дна неглибокого котловану за сіткою 5х5 м або 7х7 м; неодноразове зволоження засоленого ґрунту крізь зволоження свердловини з наступним відкачуванням води.

При фільтрації з каналів, через земляні греблі, в основах і приляганнях бетонних гребель та інших гідротехнічних споруд може відбуватися розчинення і винос солей з засолених ґрунтів, що викликає зміну фізичних і водних властивостей ґрунтів. Тривала фільтрація може збільшити стисливість ґрунтів, в засолених лесах і лесовидних суглинках викликати додаткове просідання (післяпросадочну деформацію); вилуговування солей з ґрунтів (сольова суффозія) може спричинити за собою механічну суффозію і т. д.

ЛЕКЦІЯ 3 ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ В УМОВАХ ПІДТОПЛЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

План

1. Загальні відомості про підтоплені території
2. Наслідки підтоплення.

Підтоплення територій виникають і поширюються разом з підйомом рівня ґрунтових вод до нижньої поверхні ґрунту і супроводжуються зволоженням ґрунтів, заболочуванням, затопленням низин. Підтоплення викликають забруднення ґрунтових вод, вимивання частинок і просідання ґрунтів, формування зсувів. Розповсюдження явищ підтоплення на території України показано на рисунку 3.1.

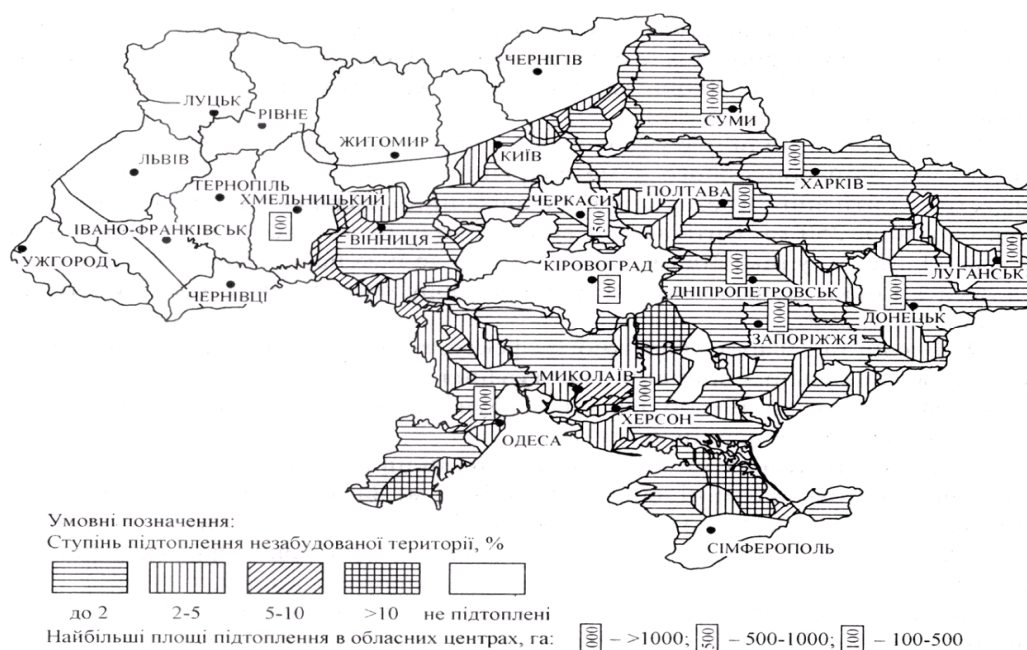


Рисунок 3.1 – Схема підтоплення територій України

За ступенем і механізмом процесів підтоплення на території України можна виділити:

- території загального підтоплення в умовах неглибокого природного залягання ґрунтових вод (північна і північно-західна частина України);
- території переважно природно-техногенного розвитку підтоплень внаслідок техногенного харчування ґрунтових вод, високих гідроекологічних

навантажень на ґрунти, що слабо пропускають воду, і підстильні гірські породи;

– території впливу гірничодобувних регіонів з масовим закриттям шахт і прискоренням підвищення рівня підземних вод;

– прибережні території південних регіонів з низьким регіональним дренажем і значними площами зрошуваних земель.

Основними природними причинами підтоплення міст і сіл України (рис. 3.2) є розміщення населених пунктів на понижених ділянках місцевості, зокрема в річкових долинах, в приморських смугах, долинах і схилах балок, ярів, а також причинами підтоплення є порушення умов стоку поверхневих вод різними видами будівництва, незадовільний стан природних дренажних систем (створення штучних водойм, замулення річок, засипання балок, ярів, озер), незадовільний стан систем водопостачання та каналізації, відсутність централізованих систем водовідведення, будівництво водосховищ, ставків, каналів, а також зрошення, затоплення підземних виробок при закритті шахт і припинення експлуатації відкритих виробок, руйнування ґрунтово-рослинного, особливо дернового, шару ґрунту, баражний ефект.



Рисунок 3.2 – Підтоплені ділянки (західна Україна)

Підтоплення завжди супроводжується зміною хімічного складу ґрунтових вод, погіршуючи його. Водонасичення ґрунту при піднятті рівня підземних вод може призвести до додаткової осідання у випадку, якщо будівлю запроектовано без можливого врахування повного водонасичення ґрунту основи.

ЛЕКЦІЯ 4 ФУНДАМЕНТИ В КАРСТОВИХ РАЙОНАХ

План

1. Загальні відомості про карстові явища.
2. Особливості будівництва у карстових районах.

Практично на всій території України поширені карстові явища (рис. 4.1 – 4.3). Їх вплив на будівлі і споруди тим більше, чим ближче поширені карстові порожнечі. На поверхні або на невеликій глибині розчинні породи розташовані в Криму, Закарпатті, Рівненській, Донецькій областях. У цих районах процес виникнення карсту триває. На решті території України зустрічається старовинний похований карст на глибині до 400 м.

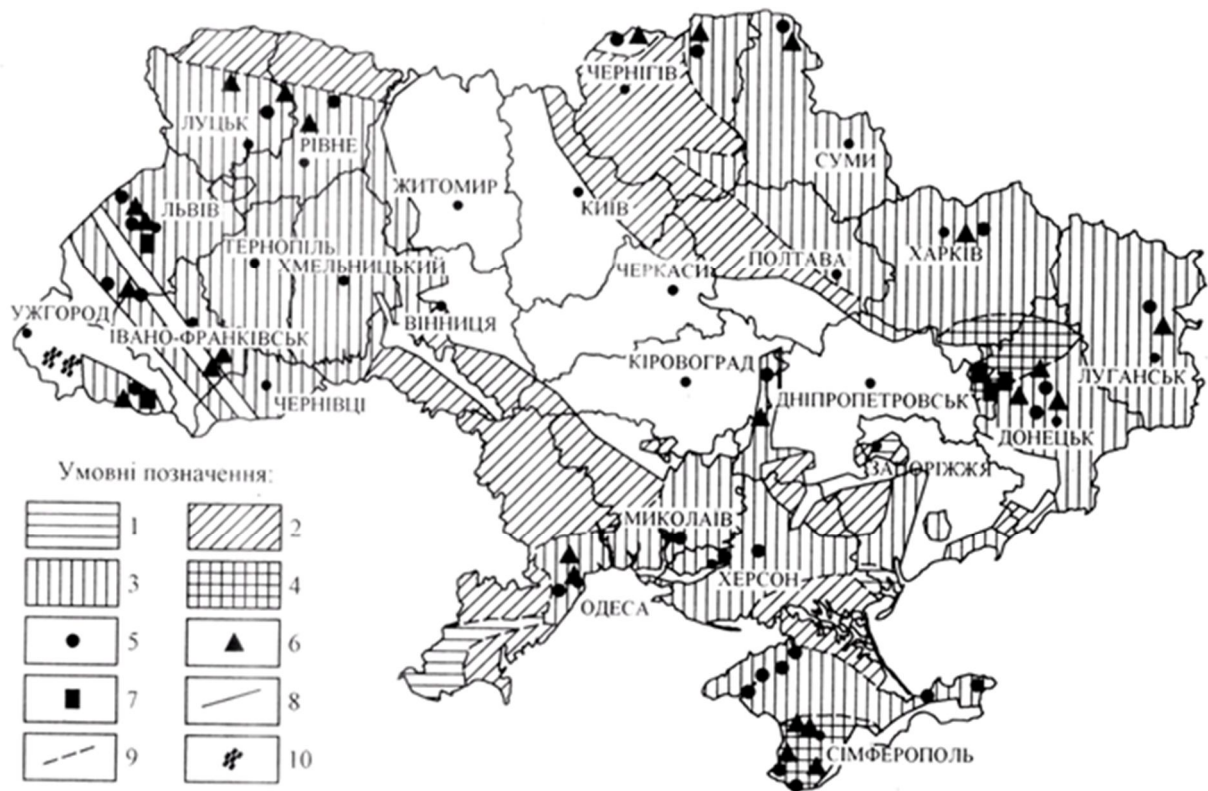


Рисунок 4.1 – Ступінь карстової небезпеки на території України:

1 – низька, 2 – середня, 3 – висока, 4 – дуже висока.

Прояв карстової небезпеки: 5 – аварійні ситуації, 6 – аварії, 7 – катастрофи.

Межі: 8 – закарстованих територій, 9 – ділянок з різним ступенем закарстованості, 10 – місцева закарстованість

Проектування будівель і споруд в карстових районах можливо тільки після оцінки ступеня карстової небезпеки території. Будівництво в карстонебезпечних районах значно ускладнено, а іноді взагалі неможливо.



Рисунок 4.2 – Карстове провалля (Дрогобицький район Львівської області)



Рисунок 4.3 – Карстова печера Молочний Камінь
(Тячівський район Закарпатської області)

Залежно від характеру поверхневих форм карстових проявів деформації земної поверхні характеризуються такими даними:

– для територій із карстовими й карстово-суфозійними провалами – розрахунковим діаметром провалу D_c , глибиною провалу h_c , кількістю провалів на 1 км² та кількістю на рік, шириною зони послабленої основи навколо провалу a_c ;

– для територій з осіданням земної поверхні на великій площі – розмірами ділянки у плані L_m і B_m , вертикальною деформацією S_m , нахилом поверхні основи ε_m , умовним радіусом кривизни мульди R , шириною мульди b , нахилом бортів мульди i тощо.

Для правильного призначення заходів боротьби з негативним впливом карстових проявів на будівлі й споруди розроблено класифікацію територій за переліченими вище показниками. Так, залежно від діаметра і глибини провалів території з карстовими проявами поділено на чотири групи:

I – де $30 \text{ м} \geq D_s > 20 \text{ м}$, а $20 \text{ м} \geq h_s > 10 \text{ м}$;

II – де $20 \text{ м} \geq D_s > 10 \text{ м}$, а $10 \text{ м} \geq h_s > 5 \text{ м}$;

III – де $10 \text{ м} \geq D_s > 3 \text{ м}$, а $5 \text{ м} \geq h_s > 2 \text{ м}$;

IV – де $3 \text{ м} \geq D_s > 0,5 \text{ м}$, а $2 \text{ м} \geq h_s > 0,5 \text{ м}$.

Конструкції будівель та споруд у карстових районах розраховують за несучою здатністю й придатністю до нормальної експлуатації, тобто як за першою, так і за другою групами граничного стану на особливе поєднання навантажень (постійні, довгочасні короткочасні навантаження та дія нерівномірних деформацій земної поверхні). Реакції основи й узагальнення зусиль у будівлях і спорудах визначають за розрахунковими схемами у вигляді балок, системи перехресних балок або плит, що лежать на основі, яка деформується. Будівлі та споруди розраховують на дію провалів у основі; на викривлення основи, яке виникає внаслідок осідання земної поверхні на великій площі; на горизонтальні і вертикальні деформації основи внаслідок осідання земної поверхні на невеликих за площею ділянках.

ЛЕКЦІЯ 5 ФУНДАМЕНТИ НА ЗСУВНИХ ТЕРИТОРІЯХ

План

1. Загальні відомості про зсуви.
2. Заходи з протистояння зсувним явищам.

Зсуви є зміщення мас ґрунтів на схилах під впливом сили тяжіння (рис. 5.1, 5.2). Зсуви виникають на берегах морів і озер, на схилах річкових долин, балок, ярів, на схилах насипів і виїмок. Таким чином, укоси можуть виникнути всюди. Але деякі райони відомі як зсувні, наприклад, чорноморське узбережжя біля Одеси, Криму, Дніпро біля Києва. Зсуви завдають значних збитків: ускладнюють будівництво, виводять з ладу цінні землі. Зведені на схилах будівлі і споруди внаслідок зсувів пошкоджуються, а іноді і зовсім руйнуються. Для протистояння зсувним процесам застосовують такі заходи: регулювання поверхневого і підземного стоку; водозахисні заходи (вимощення, гідроізоляція); зміна рельєфу схилу з метою зменшення його крутизни; пристрій контрбанкеток і контрфорсів; пристрій затримуючих протизсувних споруд (пальові конструкції); влаштування фундаментів глибокого закладення; агро- і лісомеліоративних; хімічне закріплення ґрунтів зсувної зони.

Значення характеристик ґрунтів у зсувному тілі можуть бути зменшені внаслідок вірогідної зміни їх у часі з урахуванням повзучості ґрунту. Таке зниження в певних умовах може бути значним, особливо для глинистих ґрунтів, що необхідно враховувати при прогнозуванні зсувів. Крім того, необхідно здобути детальні дані про особливості геоморфологічної та геологічної будови схилу, нашарування ґрунтів, оцінити фізико-механічні характеристики ґрунту і визначити положення поверхні ковзання з точки зору класифікаційних особливостей зсуву. Додатково необхідно зробити прогноз зміни режиму підземних вод, а також оцінити можливі техногенні втручання.



Рисунок 5.1 – Зсув у Києві



Рисунок 5.2 – Великий зсув у місті

ЛЕКЦІЯ 6 УЛАШТУВАННЯ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ НА ДІЛЯНКАХ, ПІД ЯКИМИ Є ПІДЗЕМНІ ВИРОБКИ

План

1. Загальні відомості про ділянки, під якими є підземні виробки.
2. Класифікація підроблених територій.
3. Особливості будівництва на підроблених територіях.

При виїмці корисної копалини підземним способом в утворену порожнину зміщуються покривають його товщі порід, а на земній поверхні утворюється чашевидна западина, звана *мульдою зрушення* (осідання). Розміри в плані і глибина мульди залежать від товщини пласта, кута його нахилу до горизонту (кута падіння), глибини розробки, розмірів вироблення вздовж і хрестом простягання пласта, товщини наносів, фізико-механічних властивостей породи і т.д. Залежно від глибини розробки деформації земної поверхні можуть проявлятися у вигляді провалів, уступів, тріщин, а також у вигляді плавних осідань. Такі несприятливі умови споруди виникають скрізь, де є підземні виробки, особливо в Донбасі і на Західній Україні (Львівсько-Волинський вугільний басейн), а також у Дніпропетровській, Луганській областях. Аналогічні деформації мають місце в тих містах країни, де є старовинні підземні ходи, і там, де існує і будується метрополітен. Залежно від особливостей мульди ковзання, розроблені території поділяються на 4 групи (табл. 6.1).

Таблиця 6. 1 – Класифікація підроблених територій за розмірами земної поверхні

Деформації земної поверхні	Групи територій			
	I	II	III	VI
Відносна горизонтальна деформація ε , мм/м	$12 \geq \varepsilon > 8$	$8 \geq \varepsilon > 5$	$5 \geq \varepsilon > 3$	$3 \geq \varepsilon > 0$
Нахил i , мм/м	$20 \geq i > 10$	$10 \geq i > 7$	$7 \geq i > 5$	$5 \geq i > 0$
Радіус кривизни земної поверхні R , км	$1 \leq R < 3$	$3 \leq R < 7$	$7 \leq R < 12$	$12 \leq R < 20$

Міцність, стійкість і експлуатаційна надійність споруд, які передбачається звести на території з підземними виробками, значною мірою залежать від розміщення об'єктів щодо мульди, а також вмілого застосування захисту їх від впливу гірничих виробок.

Для зменшення несприятливого впливу деформацій земної поверхні на фундаменти і конструкції споруд необхідно застосовувати такі заходи:

- улаштування деформаційних швів ковзання;
- розрізання будівлі на відсіки;
- пристрій зв'язків-розпірок між окремими фундаментами каркасних будинків;
- розміщення фундаментів на одному рівні;
- влаштування фундаментів з паль, шарнірне з'єднання паль з ростверком;
- використання монолітних, збірно-монолітних перехресних або плитних фундаментів;
- пристрій ніш для установки домкратів і подальшого вирівнювання будівель;
- улаштування ґрунтової або піщаної подушки.

Розроблено нові вирішення фундаментів, які дозволяють виконувати рихтування, тобто змінювати висотне положення надфундаментної конструкції, зменшувати зусилля в несучих конструкціях. Наприклад, запроваджена в життя конструкція стрічкового фундаменту з термопластичним проміжком з асфальтобетону, поліетилену, полістиролу або іншого матеріалу, температура плавлення якого 50 – 100°C, а опір стиснення не менше ніж 15 МПа. За допомогою нагрівальних елементів можна розігріти термопластичний проміжок, унаслідок чого виникає поступове рихтування конструкцій будови.

У Донецьку розроблено конструкцію окремого фундаменту під колони каркаса, який дозволяє регулювати положення колон за вертикаллю. Для цього в центральній частині фундаменту передбачено уступ із напрямним стрижнем, який заводять у нижню частину колони. Між низом колони та уступом

розміщують термопластичний вкладиш із термоелементом. Останній ізолювано азбестом з отворами. Вирівнювання колони опусканням здійснюють після підключення термоелемента до низьковольтної електромережі і нагрівання вкладиша до температури плавлення.

Відомі фундаменти під колони каркаса з установленням зв'язків-розпірок. На територіях II – IV груп такі розпірки розміщують лише на рівні нижнього уступу фундаменту, а на територіях I групи, крім того, і на рівні верхнього уступу (підколонника). Глибина закладання таких фундаментів повинна бути однаковою. Мінімальний переріз зв'язків-розпірок приймають 20 x 20 см, а взагалі його розміри встановлюють розрахунком.

ЛЕКЦІЯ 7 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СЕЙСМОСТІЙКИХ ФУНДАМЕНТІВ І СПОРУД

План

1. Загальні відомості про прояв сейсмічної активності на території України.
2. Основні вимоги до будівництва у сейсмонебезпечних територіях.
3. Сейсмічність майданчика будівництва в залежності від категорії ґрунтів.

Найбільш сейсмічними районами є Прикарпаття, Одеська область і Крим (рис. 7.1). У різних частинах одного сейсмічного району землетрусу значно відрізняються за інтенсивністю, наприклад, інтенсивність землетрусу на поверхні землі на ділянках з сипучими ґрунтами в 15 разів більше, ніж на ділянках зі скельними ґрунтами. Тому в ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво в сейсмічних районах України» сейсмічність кожної конкретної будівельного майданчика уточнюється за допомогою спеціальної таблиці ДБН.



Рисунок 7.1 – Карта сейсмічної небезпеки (за даними Інституту геофізики НАН України і Кримської експертної ради з оцінки сейсмічної небезпеки і прогнозу землетрусів)

Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах зводяться до вжиття таких заходів:

1. Вибір ділянки для будівництва.
2. Вибір конструктивного рішення (КР) та об'ємно-планувального рішення (ОПР).
3. Забезпечення високої якості будівництва.
4. Поділ будівель і споруд антисейсмічними швами.

Будівельні майданчики під населені пункти і споруди вибираються з урахуванням геологічних даних, якнайдалі від можливих або явних розривних порушень, далеко від крутих схилів, що загрожують обвалами і зсувами. Неприятливими для будівництва вважають пухкі ґрунти і тріщинуваті породи.

При виборі ділянки для забудови враховують такі поняття, як *сейсмостійкість* будівельних об'єктів та *сейсмічність* будівельного майданчика.

Здатність ґрунтів, будівель і споруд протистояти сейсмічним впливам називають *сейсмостійкістю*. Заходи з підвищення сейсмостійкості будівель застосовуються у районах із сейсмічністю у 7 балів і вище. Нормативне обґрунтування цих заходів здійснюється за ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України». За сейсмічності більше 9 балів зведення капітальних будівель заборонено.

Сейсмічність будівельного майданчика залежить від сейсмічності району та сейсмостійкості ґрунтів, на яких розташовано майданчик та які поділяються на категорії. Сейсмічну інтенсивність майданчика будівництва визначають з урахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування (СМР), яке виконується для районів із сейсмічністю 6 і більше балів. У разі відсутності карт сейсмічного мікрорайонування допускається спрощене визначення сейсмічності майданчика будівництва на основі матеріалів інженерно-геологічних вишукувань згідно з таблицею 7.1.

Таблиця 7.1 – Сейсмічність майданчика будівництва в залежності від категорії ґрунтів

Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями	Ґрунти	Сейсмічність майданчика будівництва при сейсмічності району, балів				Швидкості розповсюдження сейсмічних хвиль у ґрунті, v_s , м/с
		6	7	8	9	
I	Скельні ґрунти усіх видів; великоуламкові ґрунти щільні, маловологі, які вміщують до 30 % піщано-глинистого заповнювача. Глибина ґрунтових вод більше 15 м	5	6	7	8	$v_s > 800$
II	Скельні ґрунти вивітрілі; піски гравелисті, крупні та середньої крупності щільні та середньої щільності маловологі; пілуватоглинисті ґрунти із показником текучості $I_L \leq 0,5$ при коефіцієнті пористості $e < 0,9$ для глин і суглинків та $e < 0,7$ – для супісків. Глибина ґрунтових вод 15 – 5 м	6	7	8	9	$500 < v_s < 800$
III	Піски крихкі незалежно від ступеня вологості та крупності; піски гравелисті крупні; дрібні та пілуваті вологі та водонасичені; пілуватоглинисті ґрунти з показником текучості $I_L > 0,5$; пілуватоглинисті ґрунти з показником текучості $I_L \leq 0,5$ при коефіцієнті пористості $e \geq 0,9$ - для глин і суглинків та $e \geq 0,7$ - для супісків. Глибина ґрунтових вод менше 4 м	7	8	9	10	$200 < v_s < 500$
IV	Піски крихкі водонасичені, схильні до розрідження; насипні ґрунти; пливуни, біогенні ґрунти та намули	За результатами спеціальних досліджень			$v_s < 200$	

При проектуванні будівель зазвичай приймають нормативну сейсмічність будівельного майданчика, яка відповідає II-ій категорії. Для ґрунтів I-ї категорії розрахункова сейсмічність знижується на 1 бал, а для ґрунтів III-ї категорії – підвищується на 1 бал, порівняно з нормативною.

Відомо, що споруди, які будуються у сейсмічно небезпечному районі, проектуються так, щоб відповідати різним критеріям поведінки за різної інтенсивності землетрусів.

При проектуванні сейсмостійких споруд дотримуються таких принципів:

1. Принцип симетрії: маса і жорсткість конструкції повинні бути розподілені рівномірно і симетрично відносно площин симетрії, що проходять через центр ваги споруди. Тобто будівлі проектують простої форми у плані та симетричними (круг, квадрат, прямокутник). Будівлі складної форми у плані поділяють на відсіки простої форми *антисейсмічними швами* (рис. 7.2) у вигляді парних стін (у стінових будівлях) або парних рам (у каркасних будівлях).

2. Принцип гармонії: необхідно дотримуватися пропорційності у розмірах будівлі, при цьому її довжина або висота не повинні бути надзвичайно великими. Граничні розміри, поверховість, висоту поверхів будівель приймають згідно з вимогами ДБН В.1.1-12:2014.

3. Принцип антиважкості: необхідно проектувати споруду якомога більш легкою, з центром ваги, розташованим якнайнижче.

4. Принцип еластичності: матеріали в конструкції бажано застосовувати міцні, легкі, такі, що мають пружні властивості; конструкції з них повинні мати однорідні властивості.

5. Забезпечення замкнутого контуру: несучі елементи конструкції повинні бути зв'язані між собою, утворюючи замкнуті контури як у вертикальному напрямку, так і в горизонтальному.

6. Забезпечення надійності фундаментів: для сейсмостійких конструкцій фундаменти повинні бути міцними, достатньо глибоко закладеними, бажано на податливих прошарках або спеціальних субструкціях, що замінюють слабкі ґрунти, для забезпечення однорідності і міцності ґрунтової основи. Стрічкові збірні фундаменти закладають на одній відмітці та роблять неперервними. Ростверк пальового фундаменту роблять низьким, заглибленим у ґрунт. Рекомендується застосовувати суцільний плитний фундамент. Підвал розташовується під усім відсіком. В каркасних будівлях фундаменти під колони зв'язують між собою неперервними залізобетонними фундаментними балками у вигляді перехресних стрічок.

7. Застосування сейсмоізоляції: доцільно застосовувати пристрої, що знижують інтенсивність коливальних процесів, які передаються від ґрунту на будівлю.

При будівництві дамб і мостів підсилюють їх основи, влаштовують більш пологі укоси. Нові конструкції будівель здорожують будівництво, але це врешті-решт виправдовує себе: рятує життя багатьом людям, зберігає від руйнування дорогі промислові об'єкти.

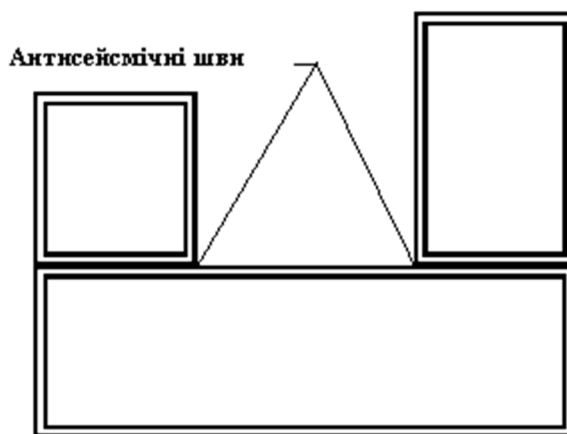


Рисунок 7.2 – Приклад проектування будівель складної форми в сейсмічних районах

Будівлі і споруди слід розділяти антисейсмічними швами у випадках, якщо:

- будівля або споруда має складну форму в плані;
- суміжні ділянки будівлі або споруди мають перепади висот 5 м і більше.

В одноповерхових будівлях заввишки до 10 м за розрахункової сейсмічності 7 балів антисейсмічні шви допускається не влаштовувати.

Антисейсмічні шви повинні розділяти будівлі і споруди по всій висоті. Допускається не влаштовувати шов у фундаменті, за винятком випадків, коли антисейсмічний шов співпадає з осадовим.

Сходові клітки слід передбачати закритими, такими, що мають в зовнішніх стінах віконні отвори. Розташування і кількість сходових кліток слід визначати за результатами розрахунку, що виконується відповідно до вимог ДБН В.1.1-7-

2002 «Захист від пожеж. Пожежна безпека будівель та споруд», але приймати не менше однієї сходової клітки між антисейсмічними швами в будівлях заввишки більше трьох поверхів.

Антисейсмічні шви слід виконувати шляхом зведення парних стін або рам, а також зведення рами і стіни.



Рисунок 7.3 – На уламках зруйнованого життя
(катастрофічний землетрус у Вірменії у 1988 році – м. Спітак)

ЛЕКЦІЯ 8 ФУНДАМЕНТИ НА НАСИПНИХ І НАМИВНИХ ҐРУНТАХ

План

1. Загальні відомості про насипні ґрунти
2. Класифікація насипних ґрунтів.
3. Улаштування основ та фундаментів на насипних ґрунтах.

Насипні ґрунти – це відклади, штучно утворені людиною. Вони мають обмежену площу розповсюдження і досить різну потужність: від часток до кількох десятків метрів. Насипні ґрунти характерні значною неоднорідністю складу, нерівномірністю стисливості, можливістю самоущільнення, особливо від вібраційних навантажень і зволоження, а також від розкладання органічних речовин. У старовинних містах, що існують багато років, товщина шару насипного ґрунту (культурного шару) досягає 30-40 м.

Існує багато твердих відходів, які утворилися від діяльності металургійної, деревообробної, паперової, збагачувальної промисловості, роботи теплових електростанцій тощо. Вони займають великі площі, що раніше використовувалися для сільського господарства та лісових насаджень. В Україні щорічно за рахунок згоряння вугілля утворюється близько 15 млн т золи і шлаків (В. І. Крутов, 1988).

У Донбасі, навіть у такому великому місті, як Донецьк, можна бачити багато териконів – конусоподібних відвалів порожньої породи на поверхні землі біля старих та діючих шахт. Висота териконів досягає 200 м. У масі відходів підприємств значні обсяги займають відходи збагачувальних фабрик. Сховища таких відходів (хвостосховища) мають місткість до 0,1 км³.

Залежно від складу й особливостей будови насипні ґрунти поділяють на три групи.

Перша група – штучні відклади, утворені організованим відсипанням. Такі насипні ґрунти відзначаються однорідністю складу і рівномірною стисливістю. Для таких насипів використовують гальку, гравій, піски, шлаки, а також глинисті ґрунти. Вони утворюються сухим способом з ущільненням укладеного

матеріалу або шляхом намиву. Насипні ґрунти першої групи є цілком надійною основою. Особливо високоякісні намивні піски, які можуть мати в насипу високу щільність, а отже, малу стисливість.

Друга група – відвали ґрунтів та відходів підприємств (шлаки, формувальний ґрунт, відходи збагачувальних фабрик), які хоч і однорідні за складом, але мають нерівномірну стисливість.

Третя група – звалища відходів підприємств, побутових відходів і ґрунтів. Такі відкладення відзначаються великою та нерівномірною стисливістю.

Фундаменти на насипній основі розраховують за деформаціями. Для розрахунку осідання використовують значення модуля деформації, який установлюють за допомогою штампових випробовувань ґрунтів.

Останнім часом важливе місце серед штучних основ зайняли **намивні ґрунти**, які утворюють із використанням засобів гідромеханізації в заплавах річок, на надзаплавних терасах і в інших низинних місцях (рис. 8.1)



Рисунок 8.1 – Намив ґрунту

Широко використовують намивання піщаного ґрунту в Україні (в Києві, Дніпропетровську, Харкові, Полтаві та інших містах). Освоєння намитих територій дозволяє частково ліквідувати загрозу повені на освоєних ділянках,

використовувати непридатні для сільського господарства землі, розміщувати житлові масиви біля річок. Так, за генеральним планом забудови Києва більше ніж 4 млн м² житла розміщено на заплавних ділянках Дніпра.

Намивання ґрунту на значних площах виконують за розробленими проектами з урахуванням рельєфу. Для намивання в більшості випадків використовують алювіальні піски, іноді з прошарками супісків і суглинків. Слід пам'ятати, що збільшення вмісту глинястого ґрунту в складі намиву суттєво погіршує його будівельні властивості. У Києві для намивання ґрунту на ділянках Русанівського та Оболонського масивів використовували пилюватий пісок із кількістю частинок, менших за 0,1 мм, близько 35–39%. У намитому піску ця кількість зменшилася до 6–11% (С. А. Слюсаренко та ін., 1990).

Таблиця 8.1 – Рекомендації щодо вибору способу влаштування основ та фундаментів на насипних ґрунтах

Мета будівництва	Особливості основи	Засоби влаштування основ та фундаментів
Використання насипного ґрунту як основи фундаменту	Планомірно відсипаний насип з ущільненням	Звичайні стрічкові або окремі фундаменти з розширеною подошвою для будівель і споруд при навантаженні до 80 кН/м або до 400 кН; фундаменти на коротких пірамідальних палях
Застосування методів підготовки основи для підвищення щільності та зниження стисливості	Відвали ґрунту та відходи промислових підприємств («хвости», шлами, зола, порожні породи)	Поверхнєве трамбування важкими трамбівками; витрамбовування котлованів; пробивання свердловин; улаштування ґрунтових або піщаних подушок; поверхнєве ущільнення ґрунту вібраторами
Прорізання насипного ґрунту пальовими фундаментами	Культурні шари міських територій, звалища побутових і промислових віхтів із великою кількістю	Улаштування пальових фундаментів (забивних, набивних, буроін'єкційних, виконаних за допомогою струминної технології), які прорізають шар насипного ґрунту і спираються на міцний шар природного ґрунту

ЛЕКЦІЯ 9 ФУНДАМЕНТИ НА СЛАБКИХ ҐРУНТАХ

План

1. Загальні відомості про слабкі ґрунти.
2. Особливості будівництва на слабких ґрунтах.

Слабкі ґрунти – це ґрунти, які мають сильну і нерівномірною стисливістю. До сильностисливих відносяться ґрунти, які мають модулем загальної деформації менше 5 МПа і мають коефіцієнт відносної стисливості близько $0,015 \text{ см}^2/\text{кг}$, також такі ґрунти мають великий коефіцієнт водонасичення $S_r \geq 0,8$. До них відносяться насипні ґрунти, мули, торф'янисті і слабоущільнені глинисті ґрунти (озерно-льодовикові стрічкові глини і суглинки, супіски і суглинки, що містять органіку і ін.), сапропелі. Ці ґрунти мають нерівномірну стисливість, що ускладнює прогноз очікуваних осідань. Осідання будівель на таких ґрунтах викликається їх ущільненням, спученням або руйнуванням.

– Стрічкові глини – тонкошарові флювіогляціальні відкладення з чергуванням піщаних і глинистих прошарків і чіткими анізотропними властивостями. Для них характерна висока вологість, мала щільність і повна відсутність зчеплення, низький модуль деформації.

– Мули – це глинисті ґрунти, які утворилися на дні водоймищ і знаходяться в початковій стадії формування. Для них характерно недоущільнення. Мули бувають морські, озерні, болотні і алювіальні. Такі ґрунти мають текучу консистенцію.

– Сапропелі – органо-мінеральний ґрунт, який належить до прісноводних мулів, які виникли після саморозкладу органічних (рослинних) залишків на дні озер.

Проектування будівель і споруд на слабких ґрунтах відбувається з урахуванням таких загальних правил:

1. Треба уникати порушення природного стану слабого ґрунту, яке веде до різкого зниження його механічних властивостей.

2. Не дозволяється збільшення навантажень на фундаменти під час експлуатації будівель і споруд.

3. Необхідно створювати умови для збереження однакового рівня води (влаштування протифільтраційних запон, дренажу, канав тощо).

4. Треба враховувати чутливість ґрунту до динамічних імпульсів і навантажень.

5. Слід ураховувати величини структурної міцності ґрунту.

6. Фундаменти треба навантажувати одночасно, повільно й поступово на всій площі будівлі або споруди.

7. Доцільно створювати умови для зменшення нерівномірності осідань.

8. Необхідно пристосовувати надземні конструкції до нерівномірності осідань та збільшеної деформації основи.

Слід зазначити, що найкращим заходом є прорізання слабких ґрунтів палями. Однак при цьому слід ураховувати негативне тертя по бічній поверхні паль у межах слабого ґрунту.

Класичним прикладом деформації водонасиченої основи у часі є будівництво та експлуатація 55-метрової башти в італійському місті Піза. Вона будувалася кілька століть, починаючи з 1173 року, на ділянці, яка піднята над рівнем Середземного моря на 2,8 м. Фундамент башти – з природного тесаного каменю, кільцевий із діаметром близько 20 м та глибиною закладання 2 м. Середній тиск на основу склав $p = 0,5$ МПа. В основі фундаменту залягають пізанські водонасичені глини з прошарками піску. Глини мають такі показники фізичних властивостей: вологість на межі текучості $W_L = 0,72$, вологість на межі пластичності $W_P = 0,28$, число пластичності $I_P = 0,44$, показник текучості $I_L = 0,56$, відносний вміст органічної речовини $I_r = 0,022$.

За роки існування башти сталося велике нерівномірне осідання (рис. 9.1). Під південною частиною фундаменту осідання складало $S = 2,8$ м, а під північним – $S = 1,2$ м; крайові тиски відповідно $p_{max} = 0,9$ МПа та $p_{min} = 0,1$ МПа. У результаті такої нерівномірної деформації вертикальна вісь башти відхилилась на висоті 55 м до 6 м. Розвиток нахилу був помічений ще в XIII ст.,

і тоді будівельники для поліпшення роботи башти спробували змістити її верхню частину в бік, протилежний до найбільшого осідання, й створити розвантажуючий момент. Але це не допомогло, крен зростав, вісь башти щорічно хилилася на 3,3 мм. Процес продовжувався до недавнього часу.

У 1932 році була зроблена спроба закріплення ґрунту закачуванням в основу 1 000 т цементного розчину, і деформація начебто стабілізувалася. Але в період другої світової війни, після падіння авіабомби поблизу башти, нерівномірне осідання продовжилося. Лише в 2001 році після вибурювання ґрунту з північного боку, значного довантаження основи з того ж боку й натягнення тросів пощастило зменшити нахил башти майже на 0,5 м і після 40-річної перерви відновити екскурсії на верхні яруси башти.

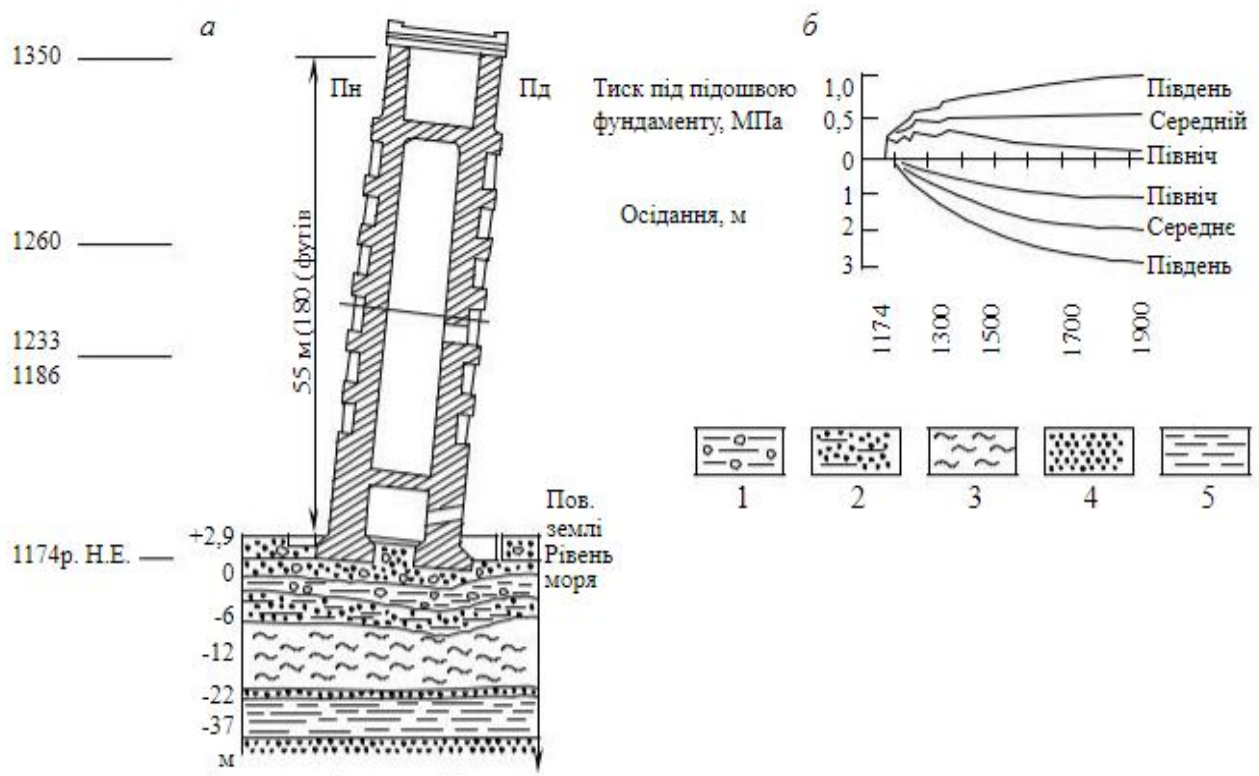


Рисунок 9.1 – Деформації основи Пізанської башти:

а – схема крену башти; б – графіки тиску під підшовою та осідання фундаментів башти; 1 – сірі глинисті алеврити; 2 – глинисті піски;

3 – блакитні глини; 4 – піски; 5 – глини

ЛЕКЦІЯ 10 ФУНДАМЕНТИ НА ҐРУНТАХ, ЗДАТНИХ ДО НАБУХАННЯ

План

1. Загальні відомості про набухаючі ґрунти.
2. Особливості будівництва на набухаючих ґрунтах.
3. Заходи щодо запобігання негативного впливу набухаючих ґрунтів.

Деякі глини після зволоження мають властивість збільшувати свій об'єм. Це – ґрунти, здатні до набухання. Вони розповсюджені практично на всій території України, але на різній глибині. В Криму, біля міст Керчі й Феодосії, вони залягають безпосередньо з поверхні землі та є основою фундаментів будівель і споруд. У Полтаві вони залягають із глибини 15–20 м і мають виходи тільки на схилах.

Згідно зі ДСТУ, ґрунтами здатними до набухання, вважають такі породи, в яких зволоження водою або іншою рідиною спричиняє збільшення об'єму, а відносне набухання в умовах відсутності тиску (вільне набухання) $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$.

Відносне набухання при дії тиску визначають за допомогою компресійних випробовувань:

$$\varepsilon_{sw} = \frac{h_{sat} - h_n}{h_n}, \quad (10.1)$$

де h_n та h_{sat} – відповідно висота зразка природної вологості під тиском σ та після зволоження при тому ж тискові.

Є кілька методів випробовувань. За методом однієї кривої зразок установлюють у прилад, стискають тиском σ , а після консолідації деформації зволожують до повної стабілізації набухання ґрунту. Іноді (метод двох кривих) один із двох зразків зволожують без навантаження до стабілізації набухання, а потім, повільно підвищуючи тиск, проводять компресійні випробовування зразка. Другий зразок стискають без зволоження. Відносне набухання можна розрахувати для будь-якого тиску за методом двох кривих.

Головну роль у процесі набухання відіграє глиняста фракція в породі. Особливе значення має наявність таких мінералів, як іліт, монтморилоніт.

Завдяки особливостям тонкодисперсної фракції в ґрунті утримується велика кількість фізично зв'язаної води. Остання активно виявляє здатність розклинювати тверді мінеральні частинки ґрунту, що веде до його набухання. Таким чином, водна оболонка разом із гідрофільним характером глинистих мінералів сприяє розсуванню скелета ґрунту.

Установлено, що найчастіше набухання починається після перевищення деякої початкової щільності ґрунту. Підвищення щільності веде до зростання відносного набухання, що пов'язане зі збільшенням кількості мінеральних глинистих частинок у одиниці об'єму. Відносне набухання знаходиться у зворотній пропорційності до початкової вологості ґрунту (проф. Є. А. Сорочан, 1974).

Залежно від зовнішнього навантаження можливе або набухання, або просідання. Звичайно набухання із зростанням тиску в певних межах зменшується, а просідання збільшується. Зростання тиску від 0 до 0,15 МПа зменшує відносне набухання на 70 – 80%. Під час компресійних випробувань можна визначити так званий тиск набухання. Для цього в приладі розміщують зразок ґрунту непорушеної структури, зволожують, поступово стискають і фіксують такий тиск, із якого починається деформація. Чим більше вільне набухання ґрунту, тим більший тиск набухання p_{sw} . Відомі випадки, коли в деяких глинах тиск набухання складав $p_{sw} = 0,4-0,6$ МПа.

У селищі поблизу Керчі були збудовані двоповерхові дерев'яні житлові будинки, під фундаментами яких залягають глини, здатні до набухання. Постійне зволоження ґрунту поверхневою водою, водою що витікає з інженерних мереж, зумовило розвиток його набухання із значним тиском. Останній, діючи на підшву стрічкових фундаментів легких будівель, викликав нерівномірне підняття фундаментів. Виникла деформація вигину. Щоб запобігти руйнуванню, на рівні перекриттів над першим та другим поверхами встановили систему замкнених металевих тяжів із круглої сталі, і таким чином зусилля розтягнення передалося на метал. Будинки були збережені й експлуатуються досі.

Набухання ґрунтів на схилах є також причиною розвитку зсувів. У м. Лубни на правому крутому березі р. Сула делювіальні відклади потужністю до 4 м підстеляються четвертинними і неогеновими набухаючими глинами. Внаслідок освоєння схилу під забудову поверхневі води інфільтрувались до цих глин, вони почали набухати, втрачати міцність та сприяти утворенню поверхні ковзання локальних зсувів. У свою чергу це призвело до активізації процесу зволоження набухаючих глин поверхневими водами. Зсувні процеси на схилі набули катастрофічного характеру.

Таблиця 10.1 – Заходи щодо запобігання негативного впливу набухаючих ґрунтів

Заходи	Реалізація заходів
Водозахисні	Захист від місцевого зволоження поверхневими водами; планування території; організоване водовідведення з покрівель, якісне вимощення; влаштування зливовідвідної мережі; влаштування дренажу
Повна або часткова заміна шару ґрунту, здатного до набухання	Улаштування для стрічкових фундаментів на покрівлі або в межах шару ґрунту, здатного до набухання компенсуючих подушок, якщо тиск на основу більший за 0,1 МПа, з будь-якого піску крім пилюватого; заміна ґрунту іншими місцевими ґрунтами, котрі не набухають, із доведенням їх до заданої щільності і подальше спорудження фундаменту як на звичайній основі
Конструктивні	Підвищення жорсткості або гнучкості будівель та споруд шляхом розділення їх на відсіки деформаційними швами; влаштування замкнених залізобетонних поясів
Попереднє зволоження основи	Відкопування неглибокого котловану з подальшим бурінням свердловин на його дні, заповнення свердловин дренажним матеріалом, зволоження основи до часу, коли загальне підняття поверхні досягне $0,8h_{sw}$
Повне або часткове прорізання фундаментами шару ґрунту, здатного до набухання	Улаштування пальового фундаменту, палі якого спираються на ґрунт, що не набухає; використання анкерних паль; використання звичайних фундаментів неглибокого закладання з підвищеною глибиною закладання.
Часткове або повне усунення набухання ґрунту	Електрохімічне закріплення верхнього шару ґрунтів, що набухають. Висота шару закріпленого ґрунту визначається з умов тиску

ЛЕКЦІЯ 11 ПРОЕКТУВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ

План

1. Загальні відомості про техногенний вплив на будівлі і споруди.
2. Вплив нового будівництва на існуючу забудову.
3. Заходи щодо уникнення негативного техногенного впливу на основи будівель і споруд.

Техногенний вплив на будівлі, споруди і території у містах та промислових зонах проявляється за двома основними напрямками:

– на щільно забудованих територіях існує небезпека виникнення нерівномірних деформацій основ будинків, що існують, за рахунок нового будівництва;

– на забудованих територіях виникають ділянки розповсюдження вібраційних хвиль від постійних чи тимчасових джерел (робота обладнання, міського транспорту, занурення шпунта, паль тощо).

Досвід будівництва нових будівель та споруд у містах, де для забудови доводиться використовувати вільні ділянки між старими будинками, показав, що завдяки впливу нових об'єктів несучі конструкції будинків зазнають іноді дуже значних деформацій. Вони нерідко досягають таких розмірів, що дальша експлуатація старих будівель неможлива. Прикладом такого впливу є будинок, який споруджено на палях на початку Повітрофлотського проспекту в Києві. Додаткове навантаження на паливий фундамент із боку нового сусіднього п'ятиповерхового житлового корпусу викликало аварійний стан несучих конструкцій прилеглої частини існуючого будинку. Особливо значні деформації несучих конструкцій виникають у тому випадку, коли біля малоповерхової існуючої забудови споруджують багатоповерхові будівлі (рис. 11.1).

Нижче наведено можливі випадки впливу нового будівництва на розвиток деформацій основи фундаментів існуючих будівель і споруд за систематизацією Б. І. Далматова:

- випинання ґрунту з-під подошви існуючого фундаменту в бік нового котловану;

- вимивання піску з основи існуючого фундаменту, якщо під час проведення земляних робіт використовують відкритий водовідлив для зниження рівня ґрунтової води;

- ущільнення сипучого ґрунту під подошвою існуючого фундаменту за рахунок динамічного впливу від забивання шпунта, паль, трамбування, витрамбовування, які використовують під час спорудження нового фундаменту;

- проморожування основи існуючого фундаменту після відкопування поряд із котлованом для фундаменту нового об'єкта.

- ущільнення основи фундаменту існуючого будинку від додаткового навантаження, яке виникає після нової забудови;

- розвиток негативного тертя на бічній поверхні паль існуючого будинку внаслідок нового будівництва.

Для того щоб зменшити або зовсім виключити вплив на основи і фундаменти існуючих будівель нового будівництва, вживають такі заходи:

- нові об'єкти споруджують із відступом від старої забудови на відстань $L \geq H_c/2$ (H_c – товщина стисливої товщі під новим фундаментом);

- у випадку малоповерхової старої забудови передбачають поряд із існуючими будівлями влаштування вставок висотою, близькою до висоти існуючих будинків;

- улаштовують проїзд у місті примикання;

- улаштовують консольне примикання фундаментів нової забудови до існуючих фундаментів;

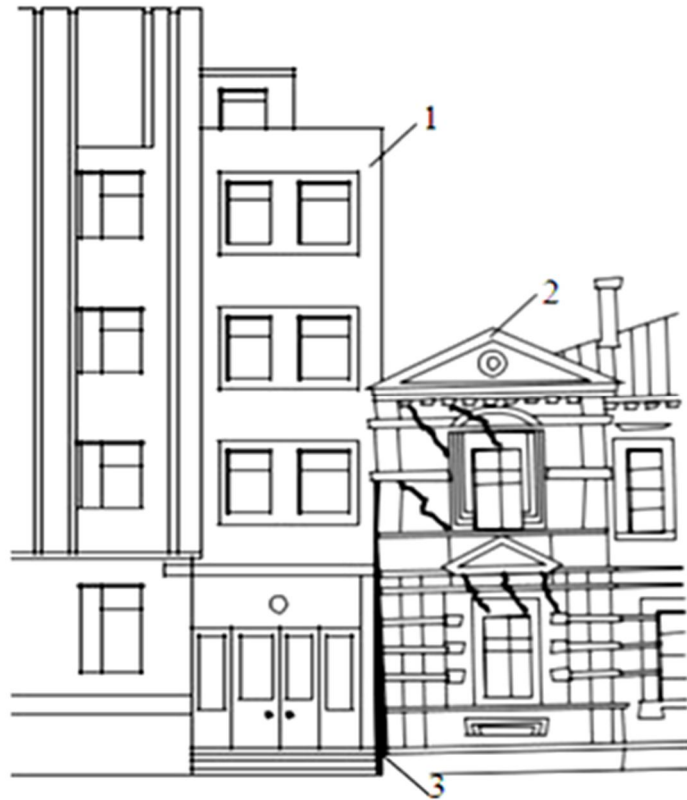


Рисунок 11.1 – Вплив нового будинку на існуючу забудову: 1 – новий будинок;
2 – дореволюційний будинок із нахилом у бік нового; 3 – щілина між будинками

- улаштовують самонесучі стіни поряд з існуючими фундаментами;
- у примиканні влаштовують окремі фундаменти;
- використовують буронабивні палі, а також збірні залізобетонні палі, які вдавлюють у ґрунт;
- улаштовують роз'єднувальну стінку в ґрунті між старою та новою забудовою (шпунтову; з буроін'єкційних паль, що перетинаються; за методом “стіна в ґрунті”; з бурових свердловин, заповнених відповідним матеріалом тощо).

Останній прийом практично виключає небезпечний вплив нової забудови, якщо роз'єднувальна стінка зроблена з такими умовами: вона повинна досягати щільних шарів ґрунту, при її влаштуванні не застосовують динамічних

методів, щоб стінка не змістилася у бік нового котловану, передбачають установаження анкерів або розпірок.

На територіях міст і промислових зон виникають ділянки, на яких проявляються динамічні впливи за рахунок: проведення будівельних робіт (занурення паль, ущільнення ґрунту, водозниження тощо); роботи стаціонарно встановленого обладнання; руху надземного й підземного транспорту; локальних геологічних і техногенних процесів (поривів вітру, ударів хвиль, обвалювання підземних порожнин, гойдання контактних мереж міського транспорту, закріплених до будинків тощо). Такі явища називають *мікросейсмічними*. Вони по-різному впливають на споруди і ґрунти основи (С. Б. Ухов, 1994).

Досить часто поряд з існуючою забудовою доводиться вести роботи з улаштуванням пальових фундаментів. При цьому спричиняється динамічне навантаження на сусідні будинки. Ці навантаження можна значно зменшити, якщо врахувати такі правила:

- глинисті ґрунти менше реагують на вібрацію та динамічне навантаження, ніж піщані, тому відстань місця забивання паль до існуючої забудови в умовах поширення глинистих ґрунтів можна приймати меншою;

- для зменшення амплітуди коливань забивні палі занурюють у пробурені лідерні свердловини;

- для зниження рівня коливань зменшують частоту ударів та висоту падіння молота, як компенсацію збільшують вагу падаючої частини молота;

- для полегшення занурення паль використовують так звану “тиксотропну сорочку” або обмазують бічну поверхню паль полімеризаційними смолами;

- під час проектування вживають усіх можливих заходів для збільшення проміжку між існуючими фундаментами і найближчими рядами паль; при цьому мають на увазі, що з віддаленням паль інтенсивність динамічного швидко знижується;

– для визначення найменшої безпечної відстані між існуючими фундаментами і палями слід користуватися відповідними нормативними документами; дані, які при цьому визначені, слід перевіряти у процесі дослідних робіт із занурення паль; у сумнівних випадках переходити до методу вдавлення.

Відомі випадки виникнення додаткових осідань старовинних будинків, побудованих на слабких ґрунтах, із причини впливу міського транспорту при збільшенні його ваги й інтенсивності руху. При дії таких навантажень у слабких ґрунтах руйнуються структурні зв'язки, знижується опір зрушенню, внаслідок цього виникають значні нерівномірні деформації основи.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Далматов Б. И. Механика грунтов. Основы геотехники : учебник для студентов вузов стр. спец. / Б. И. Далматов. – М. ; СПб., 2002. – 201 с.
2. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник для студентів вузів / М. Л. Зоценко, В. І Коваленко, А. В. Яковлєв та ін. – Полтава, 2003. – 446 с.
3. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти : підручник для студентів / В. Б. Швець, І. П. Бойко, Ю. Л. Винников та ін. – Дніпропетровськ : Пороги, 2012.– 197 с.
4. Механика грунтов, основания и фундаменты: учебник для студентов / С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский и др. – М. : АСВ, 1994. – 527 с.
5. ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель і споруд. Основні положення. Чинний від 01.01.2019. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. – 36 с.
6. ДСТУ Б.В.2.1-2-96. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація (ГОСТ 25100-95). Чинний від 1.04.1997. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 47 с.
7. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Частина 1. Будинки на підроблюваних територіях. Частина 2. Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах / Держбуд України. Чинний від 1.07.2012 – Київ : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1999. – Ч. 1 – 65 с., Ч. 2 – 84 с.
8. ДБН В.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України. Чинний від 1.10.2014 – Київ : Мінбуд України, 2012. – 84 с.
9. Основания и фундаменты: Справочник / Г. И. Швецов, И. В Носков, А. Д. Слободян и др. – М. : Высшая школа, 1991. – 383 с.
10. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика / М. И. Горбунов-Посадов, В. А. Ильичев, В. И. Крутов и др.;

Под общ. ред. Е. А. Сорочана и Ю. Г. Трофименкова. – М. : Стройиздат, 1985. – 480 с.

Навчальне видання

КІЧАЄВА Оксана Володимирівна

**БУДІВНИЦТВО У СКЛАДНИХ
ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів очної та заочної форми навчання
другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Відповідальний за випуск *О. В. Кічаєва*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. В. Кічаєва*

План 2019, поз. 4Л.

Підп. до друку 02.07.2020. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі Ум. друк. арк. 3,0.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rektorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.