



Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ «Інститут геології»
Кафедра гідрогеології та інженерної геології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
спеціальність 103 – Науки про Землю
Освітня програма «Геологія»

ТЕМА: «РОЗРАХУНОК ОСІДАННЯ ҐРУНТОВОЇ ТОВЩІ ПІД СТРІЧКОВИМ ТА
ПАЛЕВИМ ФУНДАМЕНТОМ НА ДІЛЯНЦІ ВУЛИЦЬ КИРИЛІВСЬКА,
НИЖНЬОЮРКІВСЬКА ТА ПРОВ. МИЛЬНОГО В М. КИЄВІ»

Виконав студент 3-го курсу за скороченою програмою
кафедри гідрогеології та інженерної геології
Сергій ТРУШ 

Науковий керівник Доцент кафедри гідрогеології та інженерної
геології
кандидат геологічних наук
Дмитро ЧОМКО 

Робота рекомендується до захисту (протокол № 13
Засідання кафедри гідрогеології та інженерної геології від 13.06. 2023 р.)

Завідувач кафедри



професор, доктор геол. наук
Олексій КОШЛЯКОВ

Київ – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	5
1. ЗАГАЛЬНІ ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ.....	6
1.1. Фізико-географічні умови району робіт	6
1.1.1. Положення ділянки.....	6
1.1.2. Клімат.....	7
1.1.3. Рельєф, геоморфологія та гідрографія.....	9
1.1.4. Геолого - гідрогеологічна вивченість.....	15
1.2. Геологічна будова.....	17
1.2.1. Структурно-тектонічні особливості	17
1.2.2. Стратиграфія.....	20
1.3. Гідрогеологічні умови	24
1.4. Інженерно-геологічні умови.....	27
2. ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ОСІДАННЯ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ.....	29
2.1. Загальні поняття про обране дослідження.....	29
2.2. Гідрогеологічні умови ділянки робіт.....	30
2.3. Інженерно-геологічні умови ділянки робіт.....	31
2.4. Загальні поняття про стрічковий фундамент.....	37
2.5. Розрахунок осідання ґрунтової основи під стрічковим фундаментом.....	40
2.6. Загальні поняття про пальовий фундамент.....	46
2.7. Розрахунок осідання ґрунтової основи під пальовим фундаментом.....	49
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

ВСТУП

Актуальність: Визначення осідання ґрунтової товщі під стрічковим та палевим фундаментом на ділянці вулиць Кирилівська, Нижньоюрківська та пров. Мильного в м. Києві являється доволі цікавим дослідом з точки зору аналізу можливості застосування менш затратних та громіздких вишукувань та підготовчих робіт для зведення одних і тих же споруд. Також це дозволяє встановити як спільні так й індивідуальні аспекти, які впливають як на сам розрахунок та і на встановлення того чи іншого типу фундаменту.

Мета роботи: Розрахунок величини осідання ґрунтової товщі під стрічковим та палевим фундаментами.

Об'єкт: Ґрунтова основа на ділянці будівництва між вулицями Кирилівською, Нижньоюрківською та пров. Мильним в м. Києві.

Предмет: Величина вертикальних деформацій ґрунтової основи під двома типами фундаменту.

Завдання:

- Проаналізувати інженерно-геологічні умови ділянки досліджень;
- Визначити вплив геоморфологічних чинників на ділянку досліджень, як на майбутнє місце зведення житлового комплексу, врахувавши фактори як природнього характеру так і антропогенного;
- Обґрунтувати розрахунковим шляхом закладання певного типу фундаменту для території досліджень та представити варіанти поліпшення умов для зведення та експлуатації споруд на даній ділянці.

Практичне значення: Доведення розрахунковим доцільності встановлення певного фундаменту з використанням різних засобів та програм. Після даного дослідження зникне необхідність додаткових досліджень на дослідження можливостей зведення інших типів основ споруд.

Апробація: Результати наведеного в цій роботі дослідження було представлено на XIII Всеукраїнській молодіжній науковій конференції-школи

«Сучасні проблеми наук про Землю», яка проходила в Києві, з 12 по 14 квітня 2023 р. Текст дослідження було опубліковано в офіційній збірці матеріалів цієї конференції.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ІГЕ – інженерно-геологічний елемент.

КПа – кілопаскаль.

УКЩ – Український кристалічний щит.

1. ЗАГАЛЬНІ ПРИРОДНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ

1.1. Фізико-географічні умови району робіт

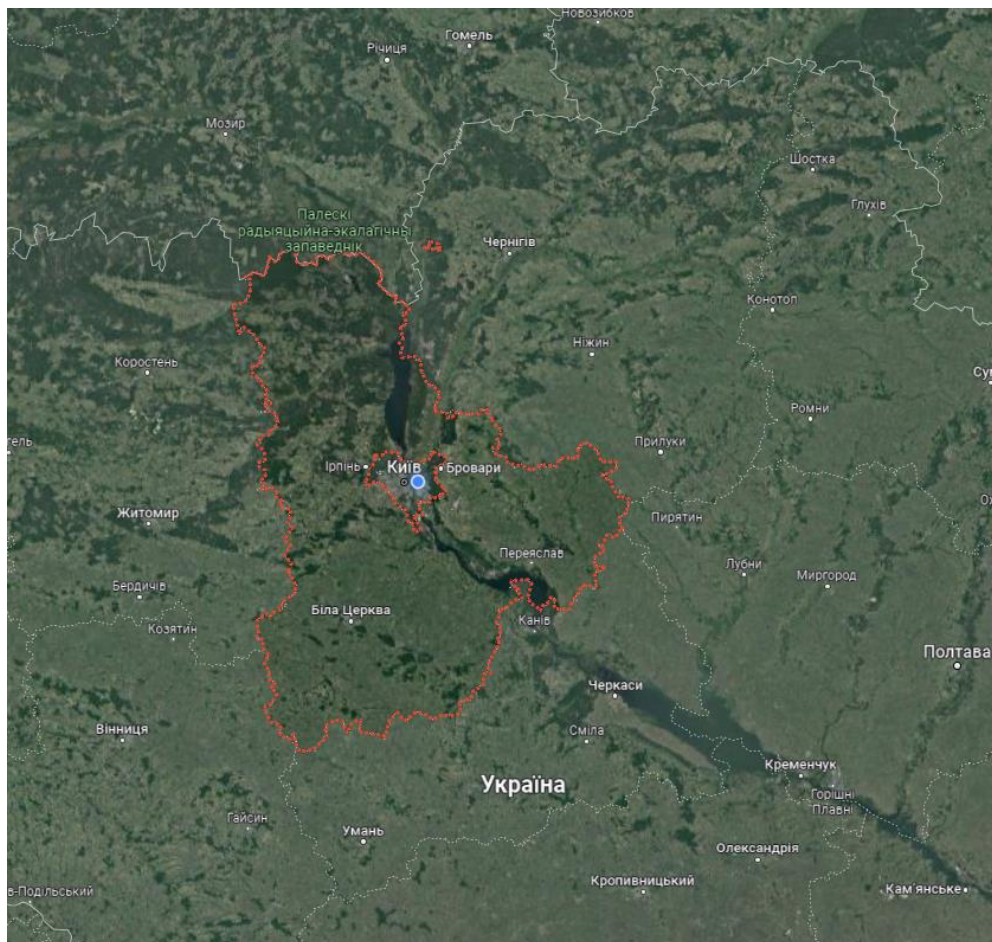


Рис. 1.1 Території Київської області і міста Києва (Google MSN, б. д.)

1.1.1. Положення ділянки

Ділянка спостереження та виконання досліджень знаходиться на території міста Київ Київської області, див. Рис. 1.1, який разом зі своєю областю займає більше 28-ми тисяч квадратних кілометрів. Це одна з найбільших областей в Україні, яка займає до 5% її площі. Вона розташована на півночі в межах басейну річки Дніпро та межує з Житомирською областю на заході, з Чернігівською та Полтавською областю на сході, з Вінницькою та Черкаською областю на півдні. Також має спільний кордон з південною частиною території Білорусі, а саме з Гомельською областю. Територія має складну рельєфну будову, різкі перепади висот правого та лівого берега, густу річкову мережу, різноманітні кліматичні умови з урахуванням рідких аномальних випадків.

У більш детальному плані ділянка вишукувань знаходиться в межах Правобережжя Києва, в Подільському районі, в межах вулиць Кирилівська, Нижньоюрківська та пров. Мильного, див. Рис. 1.2. (Сиротенко А.Й, Чернов Б.О., 2000)

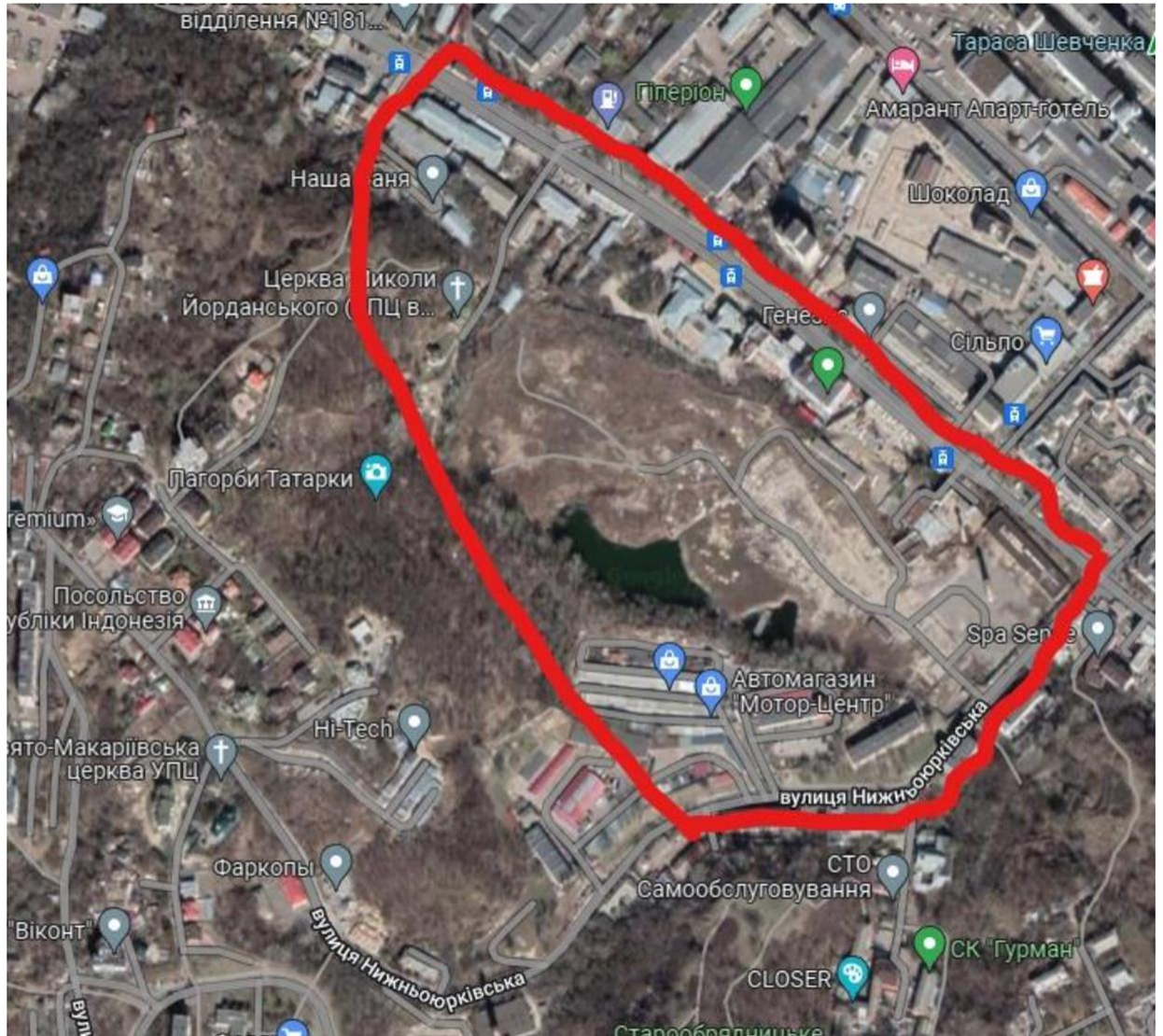


Рис. 1.2 Територія проведення досліджень (Google Maps, б. д.)

1.1.2. Клімат

Загалом, кліматична зональність Київської області є помірно-континентальною, літо тепле, а зима м'яка. Температурний режим різноманітний при різних кліматичних умовах, напрямку та силі вітру, зміні циклонів та відстані нашої планети до Сонця. (Пестушко В. та ін., 2021)

Влітку середня температура при нормальних умовах становить +19 – +25 °С, максимальна відмітка, яка була зафіксована за усі роки спостереження становила +40 °С.

Зима для Києва, що знаходиться в специфічних кліматичних умовах, часто є різко змінною. Зазвичай середня температура у зимові місяці становить -1 – -9 °С, максимально низька температура, що була зафіксована – -36°С. Але в останні 10 років фіксується зміна до значно теплішої обстановки. Це відображається у збільшенні середньої температури до +1 – +5°С, а найбільша позначка на термометрі досягала +22°С. При таких умовах майже не формується сніговий покрив та не спостерігається значних зледенінь, чи утворень крижаних мас. Аномальність потеплінь фіксується хоча б протягом 3-ох днів у найбільш сильні морозні місяці та хоча б протягом 12-тьох днів найбільш теплі місяці. Тривалі хвили холоду і тепла протягом 3-5, інколи 15-22 діб, можуть обмінюватися температурними режимами по 2-5 разів протягом місяця. *(Погода в Києві. Клімат Києва., 2019)*

Засвоєння сонячного тепла поверхнею ґрунту відбувається протягом всього року з поступовим збільшенням: на початку весни при температурі +10°С він засвоює до 10% сонячного тепла, у середині літа при температурі +20°С до 40%, а на початку вересня при опусканні температури нижче +20°С до 80%.

Вологість повітря на території Києва влітку становить до 65%, а взимку зростає до 90%. Спостерігалися випадки різкого збільшення сухості повітря, при яких вологість становила не більше 12%. Значний дефіцит вологості має місце протягом червня-серпня. Взимку через низьку температуру спостерігається мала абсолютна вологість.

Опади на території Київської області в основному складаються з дощу, меншу частину представляє град та сніг. Середня кількість опадів становить 160 діб. В червні відмічається найбільша кількість опадів – близько 239 мм, за весь рік середня кількість опадів досягає 620 мм. Влітку переважає дощ та град, взимку –

сніг. За останні часи основна кількість опадів спостерігається у весняно-осінній період. Проте влітку спостерігається нерівномірність опадів. За одну зливу можливе випадіння місячної кількості опадів. Можливе супроводження швидкоплинним градом (до 5-ти хвилин) та грозою. Взимку гроза явище рідкісне.

Значна відмінність у величинах місячних та річних опадів полягає в особливостях клімату даної території, які формуються завдяки впливу заліснення ділянок та різноманітності ландшафтних утворень. (Альошина А., Гуда К. та ін., 2018)

1.1.3. Рельєф, геоморфологія та гідрографія

Територія Київської області розташована у межах Придніпровської височини, Поліської та Придніпровської низовини. За рівнями висот область має різку зміну показників між правим та лівим берегами річки Дніпро. Поверхня Лівобережжя має нахил у західний та південно-західний напрямок. Найбільш високою є південно-західна частина області з відміткою 273 м, найменша розташована на сході і сягає 90 м. Правобережна частина густо пошматована яружно-балковою системою, розчленування в таких місцях сягає близько 100 м. З простеженням зміни рельєфу на північ та захід, кількість цих розчленувань зменшується. (Бобровський М. В., 2013)

У свою чергу можна виділити наступні регіони: Київське/Українське Полісся, Київське плато та Лівобережна Дніпровська терасова рівнина.

Розглядаючи детальніше Київське Полісся у ньому можна виділити:

- 1) Розваженсько-Чорнобильську моренно-зандрову рівнину, яка займає північну половину правого берега. Належить ця територія, виходячи з її будови, до льодовикових середньочетвертинних та верхньочетвертинних і сучасних озерно-алювіальних відкладів. Рельєф території вирівняний, слабо розчленований. Проте північна половина території має форму моренної рівнини із розчленуванням її неглибокими річками із заболоченими

заплавами. На окремих ділянках зустрічаються надзаплавні тераси верхньочетвертинного алювію.

- 2) Нижньо-Тетерівська алювіально-зандрову аккумулятивну рівнину, яка займає великі площі річки Тетерів на правому березі Києва. Вона сильно відрізняється від попереднього району, через більший розвиток водно-льодовикових утворень та алювіальних відкладів. Сама морена розмита і рідко зустрічається. Рельєф території схожий з попередньою, проте окрім занижених, слаборозчленованих та плоских (у межиріччі Здвижа та Тетерева, а також на правому березі Тетерева), має ще підвищені пагорбово-хвилясті рівнини (у межиріччі Ірпеня та Здвижа). Річкова система добре розвинута, глибина урізу їх русел до 35 м, схили терасовані та ускладнені еоловими рельєфними формами з чергуванням болотних масивів. Перші тераси, що знаходяться в нижній частині річки Тетерів мають потужність до 15-20 м. Другі тераси мають потужність до 12-15 м, місцями досягають 2-3 км в ширину. Складені ці тераси переважно верхньочетвертинними алювіальними суглинками та пісками.
- 3) Макарівську моренно-зандрову рівнину, яка займає південну частину Полісся. Найвищі відмітки на цій частині території досягають 180 м. До корінних порід можна віднести палеогенові моренно-льодовикові піски, які залягають в морені. Інколи вони заміщуються озерними пілуватими та слоїстими лесовидними (утворюють лесові острови, як наприклад у Вишгороді) суглинками. Товщина їх залягання досягає 9 метрів, а самої морени 10 м. Загалом у цій частині рельєф являє собою територію, що розчленована невеликими рівнинами, ярами і промоїнами. На заході, в межах Макарівського району, виходить на денну поверхню морена, де утворює Макарівську моренну западину. Також присутні на території ускладнення у вигляді піщаних пагорбів, гряд, заболочених понижень, а

також моренних валів та пагорбів. (*Геоморфологічна будова Київської області, 2010.*)

Глибокі прорізи уздовж водотоку простягаються на глибину 40-50 метрів. Цей процес формування долини характеризується нерівними крутими схилами та широкими контурами, які мають широкі днища і можуть сприяти утворенню торф'яних боліт. Цю діяльність головним чином проводять річкові заплави та дві їх тераси, зокрема річка Ірпінь. Річкова долина має ширину від 2 до 3 кілометрів і висоту 0,4 метра. Деякі ділянки поверхні заплави можуть бути заторфовані або ускладнені піщаними валами. Перша тераса розтягується до висоти 8 метрів і має холмисту поверхню, що формується завдяки розвитку піщаних гряд, валів та дюноподібних утворень. Також можна спостерігати неглибокі яри. Товща піщано-суглинкового алювію, що складає цю терасу, досягає 17 метрів. Друга тераса має висоту до 20 метрів та ширину до 3 метрів. На ній спостерігається вплив вітрової переробки, що призводить до хвилястості рельєфу тераси та формування дюнних пагорбів з чергуванням котловин видування. Товща складеної тераси, яка складається з піщано-суглинстого алювію, досягає 25 метрів. В місцях, де зустрічаються лесовидні суглинки, спостерігаються процеси ерозії, що спричиняють утворення яружних форм рельєфу.

Вишгородська ділянка, що прилягає до правого корінного схилу річки Дніпро, є одним з унікальних підрайонів цієї рівнини. У порівнянні з оточуючими територіями, цей район характеризується значною величиною лісових покривів та лесовидних суглинків. Така особливість впливає на більшу розчленованість та утворення ерозійних форм рельєфу. В цій місцевості вище основного рівня ерозії розташовані товщі шари різнобарвних глин та мергелів київського формування, що сприяє можливості розвитку зсувних процесів. Зсувні масиви переважно розташовані на північ від Вишгорода, на корінних схилах долини річки

Дніпро. Зсувні об'єкти можуть досягати значних розмірів, до 50 метрів. У місцях деградації схилів та у вирі звалищ регулярно виникають зсувні потоки та обвали.

У південній частині правого берега області розташована Придніпровська підвищена рівнина, що входить до складу Середньодніпровської правобережної рівнини. Ця область представляє собою широку платоподібну височину, відому як Київське плато, і відрізняється значним поширенням лісових порід, що створюють густу систему ярів та балок у проміжних міжрічкових просторах, таких як Велика Ольшанка, Кагарлик та Барахти. Максимальні висоти на цій території варіюються в діапазоні від 170 до 270 метрів. (*Геоморфологічна будова Київської області, 2010.*)

Більш детально можна виділити декілька геоморфологічних райони:

- 1) Фастівський район, що є частиною Придніпровської підвищеної рівнини, характеризується слабохвилястою поверхнею. Цей район розташований переважно на північно-східному схилі Українського кристалічного щита, хоча його південні ділянки знаходяться безпосередньо на щиті. Територія складається з осадових відкладів палеогену та неогену, які виступають на поверхню у місцях ерозійної діяльності в ущелинах річкових долин. Наприклад, у долині річки Унави можна спостерігати виходи кристалічних порід докембрію, які нахилені у північно-східному та північному напрямках. Унаслідок ерозійних процесів на території району поширені островчасті відклади Полтавської серії та каолінові піски, а також ділянки бурої глини з розсіяними плямами стрічкової глини.

Товщина четвертинних відкладів на території району сягає до 23 метрів у міжрічкових просторах і до 30 метрів на схилових поверхнях.

Поверхня району характеризується слабою хвилястістю і рівномірною розчленованістю через яружно-балкову мережу річок, таких як Унава, Ірпінь та Кам'янка. Примітно, що на північно-західних ділянках спостерігається поступове зменшення густоти розчленування, і переважають вирівняні

ділянки зі схилами, що виклинюються. Територія вкрита лісовими породами, де можуть виникати явища з ефектом просідання (зокрема на південній частині Фастівського району). Абсолютні висоти сягають до 220 метрів.

Алювіальні відклади у заплавах річок, що накладаються на докембрійські та палеогенові відклади, мають товщину до 12 метрів. Перші надзаплавні тераси сформувалися завдяки верхньочетвертинним алювіальним відкладам і досягають товщини до 18 метрів. На схилах району зсувні процеси малопоширені, хоча зсуви більш часто спостерігаються в околицях морен та рідше в глинах.

- 2) Гребінковсько-Кагарликський район представляє собою плоскохвилясту рівнину, де пласкі поверхні та міжрічкові простори практично не піддаються ерозійній діяльності. Абсолютні висоти на цій території варіюються від 180 до 210 метрів, хоча у ділянках з розвиненими ерозійними процесами це значення знижується до 165 метрів. Цей район сформувався завдяки четвертинним відкладам лесів та лесовидних суглинків, які накладаються на дніпровський льодовиковий комплекс. Товщина цих відкладів сягає до 15 метрів. (*Геоморфологічна будова Київської області, 2010.*)

Дослідницька область розташована на території двох гідрогеологічних басейнів: кристалічних тріщинових вод та Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Більша частина річок відноситься до Дніпровського басейну, тоді як менша частина до басейну Південного Бугу. В загальному, їх кількість перевищує 1500. Річки класифікуються за площею їхніх водозаборів: великі річки, такі як Припять, Десна та Дніпро; середні, такі як Ірпінь, Уж, Ірша, Рось, Тетерів, Гнилий Тікич та Оржиця; і невеликі річки, кількість яких становить близько 1500.

Всі річки на території Київської області розподілені нерівномірно, з більш густою мережею на півдні в порівнянні з півноччю. Система річок на лівому березі території розвинута менш інтенсивно. Через рівнинний рельєф з незначним нахилом, ці річки не мають значного стоку та не впливають на загальний стік води,

що призводить до утворення заплавних боліт на деяких ділянках їхнього розташування з плином часу. (Клименко В.Г та ін., 2019)

Столиця знаходиться на головній водній артерії нашої країни – Дніпрі. Проте в межах Києва існує більше 400 водних об'єктів. До них відносяться близько 10 маленьких річок більш ніж 86 км за довжиною загалом, близько 30 каналів більш ніж 60 км за довжиною загалом, більше 30 струмків більш ніж 50 км довжиною загалом і дві притоки з більш ніж 4 км загалом. Також налічується близько 30 джерел.

Також, на території Київської області розташовано близько 140 озер з площею водного дзеркала більше 990 га, 100 ставків з площею більше 320 га та 40 штучних водойм з площею більше 670 га. Вони розташовані в основному в заплавних басейнах Дніпра та Десни. Дослідження по ним проводилися несистематично, через що відсутня достатня кількість інформації по цих ділянках. Живлення водойм відбувається в обмежених водозабірних площах за рахунок опадів та сніготанення, а також живлення підземними водами, які знаходяться близько до поверхні. (Водні ресурси., 2022)

При дослідженні інженерно-вишукувальних матеріалів, а також інших додаткових джерел, ділянки забудов в межах вулиць Кирилівської, Нижньоюрківської та пров. Мильного у Подільському районі м. Києва, були встановлені типові закономірності будівництва. Загалом територія за площею займає близько 180000 м². Данна ділянка характеризується тим, що займає в більшій частині рівнину територію, обмежену з декільох сторін схилами. Ґрунти в цій частині загалом представлені різними за фізичними властивостями глинами, які перекриті пісками та насипними ґрунтами. Рівень ґрунтових вод в різних частинах досягає від мінімальних 10 м до критичного 1 м. Тому враховуючи вищенаведені фактори було встановлено, що для безпечного будівництва на цій ділянці потрібно виконати ряд інженерно-геологічних заходів, для покращення умов експлуатації споруд. По-перше в таких умовах рекомендується створювати дренажні системи

для регулювання та відведення потоків ґрунтових вод, задля мінімізації розмивання ґрунтових основ під спорудами та зменшень стійкості схилів. По-друге, як вище зазначилося, через можливу руйнівну діяльність підземних вод на схили і як наслідок, зменшення їх стійкості, рекомендується провести вертикальне планування схилів шляхом їхнього терасування. При експлуатації споруд слід унеможливити присутність об'єктів, котрі можуть створювати додаткове динамічне навантаження на конструкції. При будівництві самих же споруд рекомендовано закладати пальовий фундамент, який має достатню глибину щоб закріпити будівлю в більш стійких піщаних та глинистих ґрунтах. При проектуванні підземних паркінгів рекомендується подбати про гарну гідроізоляцію, враховуючи можливі коливання рівнів ґрунтових вод. (Труш С.О., 2023)

1.1.4. Геолого- та гідрогеологічна вивченість

Історія дослідження території розпочалася ще з кінця ХІХ століття, проте перші повноцінні та найважливіші вишукування розпочалися у 60-их роках ХХ століття. У цей час почали складатися перші карти, які охоплювали різні геологічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні, геоморфологічні та літолого-фаціальні особливості, які були отримані за весь час проведення подібних вишукувань. Ці дослідження були пов'язані з діяльністю таких дослідників, як наприклад Ключніков М.М., Соловицький В.М., Агапова Д.Д. та ін. (Ковальов О.Б, Матвеев Г.Я, та ін. 2001).

Розпочалося все з проведення в кінці 50-их – на протязі всієї першої і частково другої половини 60-х геофізичної зйомки.

У другій половині 60-их вся територія була охоплена гравіметричною зйомкою, на основі якої була оконтурена площа поширення кристалічного фундаменту.

В 70-их були проведені багаточисельні інженерно-геологічні та гідрогеологічні роботи, результатом яких стало інженерно геологічне і гідрогеологічне розчленування Київської області та створення карт 1:50 000

масштабу. Були дані перші теоретичні рекомендації стосовно організації меліоративних робіт, детально були розібрані та вивчені четвертинні відклади області.

У першій половині 80-х були створені основні геологічні карти. Також були вперше оприлюднені дані про перспективні місця видобутку корисних копалин. Відкриті нові найменування: корнівська і персаська товщі, верхньоалбський під'ярус. Розділилися чітко батьський і кіловейський яруси. Були отримані значні дані бурових робіт про хімічний склад підземних вод, вміст в них радону та гелію, місця поширення та залягання водоносних горизонтів. Були знайдені золоті прояви в звенигородському комплексі та інших місцях. Також за результатами отриманих інженерно – геологічних та геологічних розрізів були встановлені перспективні місця для проведення господарської діяльності і дані рекомендації для детальних інженерно-геологічних робіт, які застосовуються і сьогодні. Були пробурені численні бурові свердловини на пошук джерел ґрунтових вод для питного і промислового використання, а також на корисні копалини, на кшталт глин, пісків і фосфоритів. *(Ковальов О.Б, Матвеев Г.Я, та ін. 2001).*

У 90-х була проведена підсумкова робота, переоцінка, аналіз та пошук відсутньої інформації геологічних карт та здобутків за минулі 40 років досліджень. Як результат, отримала уточнення карта кристалічного фундаменту, осадовий чохол розділили на стратиграфічні утворення, оконтурилася Дніпровська зона розривних порушень, були детальніше досліджені товщі пісків та глин між річками Здвиж й Ірпінь та тераси Дніпра. Були уточнені глибини залягання окремих геологічних тіл та структур і висвітлені нові напрямки майбутньої геологічної діяльності. Також проводилися дуже важливі дослідження по опробуванню підземних вод на цезій, стронцій та інші компоненти і проводилася радіометрична зйомка, після чого були оконтурені ділянки забруднень та місць потенційних місць ураження шкідливими компонентами.

Усі геофізичні і геологічні зйомки супроводжувалися картами у масштабах від 1:50000 до 1:200000. (Ковальов О.Б, Матвєєв Г.Я, та ін. 2001).

1.2. Геологічна будова

1.2.1. Структурно-тектонічні особливості

Київську область в структурно-тектонічному плані можна поділити на три частини:

- 1) Зону УКЩ, який утворений фундаментом української частини Східноєвропейської платформи. Вона зайняла на території України південно-західну та південну частини, тим самим охопивши великі площі рівнинної частини нашої країни. По даним бурових робіт були знайдені гнейси, граніти та лабрадорити – докембрійські породи, які складають цей щит. На заході він занурюється до 6 км під товщі палеозойсько-кайнозойських утворень, які в свою чергу є частиною Волино-Подільської плити. (<https://www.photoukraine.com>)
- 2) Зону Воронежського масиву, який знаходиться в північно-східній частині нашої країни. Він складений утвореннями докембрію, що простягаються по потужності в межах від 150 до 1000 м і перекриті відкладами мезозой-кайнозою, а саме пермсько-палеогенового віку. Вони складаються геологічно з вапняків, пісків, крейди, пісковиків, мергелів та глин, хоча в сучасний рельєф цієї території в основному представлений відкладами антропогену.
- 3) Зону Дніпровсько-Донецької западини, що розташована між двома попередньо названими областями. Вона є однією з найглибших по заляганню западин на території Східноєвропейської платформи. Її основою є докембрійський фундамент, який знаходиться на рівні від 13 до 20 км під землею. В основному складі її переважають осадові відклади девону з потужністю залягання до 4 км, карбону з потужністю до 3,7 км, пермі з потужністю залягання до 1,9 км, тріасу з потужністю залягання більше 400

м, юрськими і крейдовими з потужністю залягання більше 600 м кожен та неогену з потужністю залягання близько 30 м. Можна сказати, що на цій території серед відкладів девону та карбону мають поширення нафтогазові поклади, серед пермських поширені гіпси, доломіти, строкаті глини та вапняки, серед відкладів тріасу в товщах глин, мергелів, пісковиків та пісків зустрічаються газові поклади. Найбільшого поширення на цій частині структурно-тектонічного розподілу Київської області представляють пісковики, глини, мергелі та піски палеогену.
(<https://www.photoukraine.com>)

Завдяки проведеним сейсморозвідувальним роботам були оконтурені Бориспільський, Броварський, Вітачівський, Макарівський, Київський та Обухівський блоки.

Бориспільський блок розташований на сході Київської області, оточений на заході Вітачівським, на північному-заході Дарницьким та у центрі шматком Ворзельського розломами. Він простягається в довжину на 75 км, у північній частині має найбільше поширення завширшки на 35 км звужуючись на південь до 20 км. Складений він в основному уманськими мігматитами і гранітами. У цьому блоці не фіксується якихось значних магнітних чи гравітаційних аномалій. Цей блок розділяється Київським розломом на більш дрібні третього порядку. Це Броварський та Вітачівський.

Броварський блок простягається по ширині на 32 км рівномірно по всій площі поширення, а завдовжки він змінює показник від 26 км у західній частині до 62 км на сході. Складений він тими самими породами, що й Бориспільський, проте у північно-західному напрямку простежуються плагіограніти звенигородського комплексу. В ньому спостерігаються локальні позитивні гравітаційні аномалії.

Вітачівський блок має схожі будову та геологічний склад з Броварським блоком, проте він залягає з невеличким підняттям глибше ерозійного зрізу, а на північному-заході розміщуються габроїдні тіла невеличкого розміру юр'ївського

комплексу. Вивчаючи детальніше розрізи можна дійти висновку, що ці тіла можуть об'єднуватися на глибині, утворюючи грано-діорит-гранодіоритовий масив. Вивчаючи будову осадового чохла, можна зробити висновок, що протягом мезозою цей блок мав вертикальні висхідні рухи, про що свідчать співпадіння цього блоку з відкладами тріасу та юри. По довжині він досягає 45 км, а по ширині змінюється від 7 км на північному-заході до 20 км на південному сході. Аномальність схожа з попереднім блоком, проте показники вимірювань зростають. *(Заклецький О., 1999)*

Макарівський блок розташований на заході Київської області. По довжині він простягається на 75 км, а по ширині відстані різняться від 37 км на півночі до 52 км на півдні. У геологічній будові основну роль відіграють гранодіорити, також присутні гнейсові останці, габро ксеноліти й малі за розміром аплітопегматоїдні гранітні тіла. На території цього блоку присутні значні перепади магнітуд гравітаційних та магнітних полів. На сході позитивні аномалії співпадають з Дніпровською тектонічною зоною по лінії від села Ураїнка до міста Ірпінь. На заході магнітні аномалії мають негативні значення, а гравітаційні на різних ділянках мають мозаїчні, за своїм розташуванням, перепади показників. За схожою ситуацією з Бориспільським блоком, Макарівський завдяки субширотному Глеваському розлому розділяється на декілька локальних третього порядку: Обухівський та Київський.

Київський має майже симетричні форми, займаючи по ширині відстань до 36 км, а по довжині від 36 до 38 км. У геологічній будові блоку приймають участь габроїдні та гнейсові останці. У геофізичному плані магнітне та гравітаційне поле складно розміщені, на сході превалюють позитивні аномальні значення, а на заході негативні з різкими перепадами позитивних і негативних значень.

Обухівський блок знаходиться у південно-західній частині Макарівського блоку. Він залягає глибше по відношенню до Київського блоку та піднятий по відношенню до Вітачівського блоку. У геологічному плані в основному він

складається із гранітоїдів з повсюдними включеннями реліктів та останців габроїдів і гнейсів. Площа нерівномірно насичена цими включеннями, найбільш магнітні і щільні породи залягають на сході блоку. В межах даного блоку розкриваються апліто-пегматоїдні лейкократові граніти, з якими пов'язані тектонічні розломи, по яким вони оконтурюються. На заході локалізуються окремі негативні магнітні і гравітаційні аномалії. (Ковальов О.Б, Матвеев Г.Я, та ін., 2001).

1.2.2. Стратиграфія

Територія Київської області за час свого формування була утворена кристалічними відкладами докембрію та багаточисельними осадовими товщами починаючи від тріасу і закінчуючи четвертинною системою, див. ДОДАТОК А. Стратифіковані відклади і часи їх наводяться в наступному переліку:

Архейська акротема.

Неоархей

Росинсько-тікицька серія (AR3rt) – складена гнейсами біотито-плагіоклазовими та біотито-амфіболо-плагіоклазовими, мігматизовані гранітами житомирсько-кіровоградського комплексу.

Пермська система

Верхній відділ (P2) – складений пісками світло-сірими з блакитно-зеленим відтінком. Пісковики та їх лінзи у верхніх шарах, строкаті глинисті алевроліти цегляно-червоного кольору.

Мезозойська ератема

Тріасова система

Нижній відділ

Оленківський ярус

Серебрянська світа (T1sr) – складена пластичними, строкатими і щільними глинами, з перешаровуваннями піску та пісковіку.

Індський ярус

Дронівська світа (T_1dr_{1-2}) – складена алевролітами, сірими із зеленим і світлим відтінками та цегляно-червоними пісками, прошарками пісковиків та строкатих глин. (Ковальов О.Б, Матвеев Г.Я, та ін., 2001)

Юрська система

Верхній відділ

Оксфордський ярус

Іваницька світа (J_3iv_{1-2}) – алевролітами, сірими із зеленим відтінком алевритами, сірими вапняками, окременілими мергелями.

Середній відділ

Келовейський ярус

Ічнянська світа (J_2ic) – складена сірими алевритами з бурим відтінком.

Батьський ярус

Ніжинська світа (J_2nz) – складена щільними, тонкошаруватими темно-сірими глинами.

Підлужна світа (J_2pd) – складена коричнево-сірими алевролітами та глинами, присутні декілька малочисельних шарів сидеритів.

Байоський ярус

Орельська світа (J_2or) – складена перешаровуваннями сірих пісків та алевритів, пісковиків, глин з включеннями лінз бурого вугілля та олівіну.

Крейдова система

Верхній відділ

Каньякський ярус (K_2k)

Складений товщею білої крейди і світло-сірого мергелю.

Середньо-верхньосеноманський під'ярус (K_2km)

Складений мергелями і крейдою, що вміщують піщану фракцію та кам'яні стяжіння.

Нижньосеноманський під'ярус

Буромська світа (K_2br_2) – складена зеленувато-сірими крем'янистими пісковиками і пісками.

Нижній відділ

Альбський ярус

Верхньоальбський під'ярус

Буромська світа (K_2br_1) – складена пісками з включеннями глауконіту і характерним сіро-зеленим забарвленням, заміщені кременем.

Готеривський і бармський яруси

Загорівська і журавинська світи (K_2zg-zr) – складена різнозернистими пісками, темно-сірими глинами та алевритами. (Ковальов О.Б, Матвеев Г.Я, та ін., 2001)

Фанерозойська еонотема

Кайнозойська ератема

Палеогенова система

Верхній олігоцен

Берекський регіорярус

Полтавська серія

Берекська світа (P_3br) – складена кварцовими сірими з зеленуватим відтінком алевритами, від чорних до сірих з бурим відтінком глинами та пісками.

Нижній олігоцен

Межигірський регіорярус

Харківська серія

Межигірська світа (P_3mz) – складена кварцево-глауконітовими, сірими із зеленуватим відтінком алевритами та пісками.

Верхній еоцен

Обухівський регіорярус

Харківська серія

Обухівська світа (P_2ob) – складена безкарбонатними алевритами з блакитно-сірим і світло-зеленим забарвленням.

Середній еоцен

Київський регіоярус

Київська світа (P₂kv) – складена світло-сірими мергелями, карбонатними пісками з включеннями фосфоритів та безкарбонатними глинами.

Бучацький регіоярус

Бучацька серія (P₂bc)

Складена кварц-глауконітовими, сірими з зеленим відтінком пісками з включеннями у вигляді лінз фосфоритів. (Ковальов О.Б, Матвеев Г.Я, та ін., 2001)

Нижній еоцен

Канівський регіоярус

Канівська світа (P₂kn) – складена глинами, кварц-глауконітовими, сірими із зеленим відтінком пісками, а також алевритами.

Неогенова системаПліоцен (N₂cb)

Складений шарами глин червоно-бурого кольору.

Нижній і верхній міоцен (N₁₋₂sg)

Складений шарами строкатих глин.

Нижній і середній міоцен

Новопетрівський регіоярус

Полтавська серія

Новопетрівська світа (N₁np) – Складений кварцовими і каоліністими світло-сірими пісковиками та пісками з прошарками бурого вугілля.

Четвертинна система

Голоцен (a,b,lb,t H)

Складений алювіальними піщано-супіско-суглинковими утвореннями на ділянках заплав і балок, озерно-болотними мулом і мергелем й біогенним торфом в районах в районах заболочених западин та техногенними відкладами на урбанізаційних ділянках.

Неоплейстоцен

Верхньо-, середньо- і нижньоплейстоценові ланки

(v,dv,edv,a¹, a², a³,f,l,g,la P_I-P_{III}-H, kd-ts, dn,zv)

Складений різноманітними еоловими утвореннями у вигляді лесів, суглинків і супісків на вододілах, елювіально-делювіальними утвореннями у вигляді лесовидних суглинків, пісків і викопних ґрунтів в місцях надзаплавних терас, алювіальними у вигляді кварцових пісків з прошарками і включеннями лінз суглинків на перших надзаплавних терасах, моренними у вигляді, суглинків і супісків з включенням кристалічних валунів і гальок, а також озерно- і водно-льодовикові супіски, піски та суглинки в місцях сходження дніпровського льодовика.

Еоплейстоцен (e,dv,la E)

Складений еолово-делювіальними й елювіальними глинами з прошарками піску та викопними ґрунтами, озерними і алювіальними пісками з прошарками суглинків в похованих палеодолинах. *(Ковальов О.Б, Матвеев Г.Я, та ін., 2001).*

1.3. Гідрогеологічні умови

Територія Київської області розташована в зоні поширення тріщинних вод УКЩ та ДНАЗ.

Тріщинні води УКЩ поширені в центральній, південній та північній частинах країни, де кристалічний фундамент виходить на денну поверхню. Запаси підземних вод в межах цього басейну не є значними, основна її кількість розміщена в порах і тріщинах докембрійських порід, хоча присутні і в осадових породах, які заповнюють собою заглиблені ділянки в фундаменті щита. Характер тріщин на протязі всього масиву є нерівномірним, із різною пористістю, що обумовлює нерівномірну обводненість басейну. В осадових же породах підземні води залягають на незначній глибині в межах вододілів, що погіршує їх якість. Поширення зони активного водообміну відбувається не глибше ніж до 150 м.

Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн знаходиться на території ДДЗ, яка в свою чергу розташована в межах північно-східної частини території України, простягаючись з півночі на південний схід. Займає більшу частину території Київської області. Це класичний тип артезіанського басейну, оскільки поширюються по всій території непроникні породи осадового складу та водоносні горизонти витримано. Основний об'єм запасів підземних вод знаходиться в межах осадових товщ, які являють собою суцільну систему різних горизонтів, що пов'язані між собою перетіканнями через породи зі слабкою проникністю. Водообмін здійснюється до 700 м на глибину. (*Підземні води України., (б. д.)*)

У свою чергу в межах наведених артезіанських басейнів налічується декілька водоносних горизонтів. Це природні пласти гірських порід, які так чи інакше заповнені водою, яка потрапляє туди через вивільнення води з підземних джерел завдяки дії гідростатичного тиску. При цьому, проходячи через зернисті товщі гірських порід, ці потоки фільтруються.

Класифікуються ці горизонти за віком свого залягання. Через це вони умовно діляться на:

- 1) Грунтові води, які знаходяться дуже близько від поверхні й ізольовані від впливу горизонтів, які залягають нижче та втрат водотривкими пластами;
- 2) Міжпластові води, які знаходяться в проміжку між двома сусідніми водотривами.

До основних водоносних горизонтів Київської області можна віднести наступні, див. Рис. 1.3:



Рис. 1.3 Основні горизонти ґрунтових вод та глибин їх залягання по кожному району Київської області. (Aquatonia, 2017)

- 1) Сеноманський – знаходиться на півночі, сході і в центрі області. В залежності від того, наскільки місця його розташування віддалені від долини річки Дніпра, абсолютні відмітки глибин залягання змінюються від 60 до 150 м. За бальнеологічними властивостями вода містить незмінний хімічний склад і зберігає смакові якості. Це можливе завдяки ретельній фільтрації при проходженні товщ крейдових порід. Використання цієї води відбувається при централізованому водопостачанні, у харчовій промисловості, а також на виробництві бутильованої води. По потужності можна охарактеризувати цей горизонт як артезіанський;
- 2) Бучацький – знаходиться на території всієї Київської області. Абсолютні відмітки цього горизонту коливаються в межах від 60 до 90 м. Бальнеологічні якості в цілому непогані, завдяки захисту від сторонніх

забруднень, який дають шари мергелів та глин. Проте в деяких місцях все ж таки присутні домішки заліза; (*Aquatoria, 2017*)

- 3) Юрський – має найглибші абсолютні відмітки залягання своїх вод, які коливаються з великим розривом від 170 до 300 м. Через це цей горизонт є найкращим за своїми бальнеологічними якісними показниками, оскільки завдяки чисельним шарам глини та піску він має надійний захист від усіх видів забруднення. Він використовується як для питного водопостачання, так і в різних галузях виробництва. Витрати з цього горизонту ретельно контролюються державними структурами. За своїми параметрами горизонт є артезіанським;
- 4) Полтавський – поширений у межах усіх регіонів Київської області. Його залягання неглибоке, коливається від 30 до 50 м, тому вода не захищена достатньо потужним водотривким шаром і є досить уразливою для різних видів забруднення. Через це бальнеологічні властивості цієї води вкрай негативні, через багаточисельні домішки органічних залишок, азотних та залізних включень і різкий сірководневий запах. Основне застосування знаходять на виробництві, при будівництві чи господарському виробництві, завдяки своєму неглибокому залягання, а отже і дешевому видобутку. (*Aquatoria, 2017*)

1.4. Інженерно-геологічні умови

Київська область має складні умови інженерно геологічного середовища, оскільки на південному заході поступово виходить на денну поверхню Український кристалічний щит, який складений магматичними і метаморфічними породами і перекривається в різних своїх пониженнях та розчленовуваннях різновіковими осадовими відкладами. Масив кристалічних порід має суцільні зони тріщин та відслонень, де утворюються вторинні відклади.

Поширені на території Правобережжя лесові відклади становлять загрозу просядок, через що будь-які дослідження на даній території мають

супроводжуватися лабораторними дослідженнями по визначенню цих властивостей. *(Інженерно-геологічні умови Київської області, (б. д.))*

Алювіальні поклади терас річок в Київській області являються головною складовою для утворення зсувів та обвалів, через що будь-яка будівельна діяльність має супроводжуватися інженерно-геологічними вишукуваннями. З появою глинистої фракції, має вже здійснюватися контроль за несучою здатністю масиву, оскільки при перезволоженні зменшується щільність часток у ґрунті.

Загалом вся область являє собою складний інженерно-геологічний комплекс, у якому мають розвиток найрізноманітніші явища, такі як зсуви, обвали, сіли, підтоплення, розмивання, вздимання, осідання і т.д. Усі вони залежать від типу порід, умов їх залягання, факторів щомісячного впливу різних чинників (температура, волога, вивітрювання, ерозія, тиск і т. д.). Задля забезпечення стабільності території проводять обов'язкові попередні польові, лабораторні та камеральні дослідження, створюють пункти спостережень задля проведення постійного моніторингу та контролю за змінами в масивах ґрунту, щоб унеможливити розвиток небажаних процесів. *(Інженерно-геологічні умови Київської області, (б. д.))*

2. ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ОСІДАННЯ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ

2.1 Загальні поняття про обране дослідження

Тематикою мого дослідження є визначення осідання ґрунтової основи під пальовим та стрічковим фундаментами. Цей вид досліджень є одним із ключових та першочергових видів робіт, які проводять на початку проектування та зведення майбутньої інженерної споруди.

Слід зазначити важливість цієї роботи, оскільки через різні види деформацій, а саме пружних та пластичних, у ґрунтовій товщі можуть виникати вертикальні та горизонтальні зміни положення фундаментів, які в свою чергу призводять до виклинування будівлі з нормального положення. Це утворений надмірний перерозподіл діючих на фундамент зусиль, подальша експлуатація інженерної споруди стає більш небезпечною, через зростання вірогідності руйнування окремих її частин. Це є причиною, через яку заздалегідь і розраховуються всі спектри і можливі напрямки дій навантажень, враховуючи тип фундаменту, самої будівлі, види порід в яких буде розміщена споруда. Визначення може проводитися як для всього фундаменту, так і для певної його частини, яка може більш вірогідно зазнати деформацій. Заздалегідь розраховуються межі величин, в яких споруда може існувати в нормальних умовах, які створюються після її зведення. Усі розрахунки і нормові дані на разі встановлені чинним нормативним документом ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти споруд». Основна умова, яка має виконуватися для дозволу на початок будівництва, згідно цих норм, це те, що спільна деформація основи та будівлі (S), яка отримується шляхом проведених обчислень, має бути менше, або дорівнювати регламентованій згідно даного ДБН спільній деформації основи (S_u), тобто єдиного, максимального нормового значення для всіх інженерно-геологічних умов. (Шутенко Л. М., Рудь О. Г., та ін., 2017).

Порівняння пальового та стрічкового фундаментів може бути цікавим з кількох причин:

Вартість будівництва: Один з головних чинників, які впливають на вибір фундаменту, - це вартість будівництва. Розрахунки на порівняння пальового та стрічкового фундаментів на ділянці для малоповерхового будинку можуть допомогти оцінити витрати на будівництво і визначити більш вигідний варіант.

Стійкість конструкції: Багатоповерхові будинки вимагають більш стійких фундаментів, тому вибір пальового фундаменту для цих будівель може бути більш обґрунтованим. Порівняння пальового та стрічкового фундаментів на ділянці для малоповерхового будинку може допомогти зрозуміти, чи буде достатньо стійкості стрічкового фундаменту для багатоповерхової будівлі, яка буде будуватися в майбутньому. *(Скільки коштує побудувати будинок в Україні 2023, 2023)*

Геологічні умови: Вибір фундаменту також залежить від геологічних умов будівельної ділянки. Порівняння пальового та стрічкового фундаментів може допомогти зрозуміти, який фундамент краще підходить для даної ділянки, в залежності від її геологічних умов.

Екологічні та естетичні аспекти: Вибір фундаменту може також впливати на екологічні та естетичні аспекти будівництва. Наприклад, будівництво пальового фундаменту може мати більший негативний вплив на навколишнє середовище, ніж будівництво стрічкового фундаменту. *(Скільки коштує побудувати будинок в Україні 2023, 2023)*

2.2. Гідрогеологічні умови ділянки вишукувань

Ділянка вишукувань по своїх гідрогеологічним умовам визнається через свої фізико-географічні, тектонічні та геологічні особливості території, на якій вона знаходиться. В основному територія відноситься до Дніпровського артезіанського басейну, який має потужні водоносні товщі, які відносяться до різних стратиграфічних горизонтів палеозой-кайнозою. Живляться ці горизонти за допомогою Дніпровського басейну та переливання вод з інших горизонтів, також близькі до поверхні горизонти живляться від Поліської рівнини і Дніпровської лівобережної долини. Розвантажуються ці горизонти в долину Дніпра, де немає

порід з водотривкими властивостями. (Ромась О.М., 2021) Можна виділити наступні горизонти:

- 1) Зона тріщинуватих докембрійських кристалічних порід з корою вивітрювання;
- 2) Верхньопермських утворень;
- 3) Крейдових утворень сеноману;
- 4) Утворень київських, бучацьких, канівських утворень палеогену;
- 5) Утворень харківської світи палеогену;
- 6) Утворень полтавської світи неогену;
- 7) Алювіальних, гляціальних, флювіо-гляціальних утворень заплав та надзаплав і балок Дніпра;
- 8) Лесових порід.

2.3. Інженерно-геологічні умови ділянки вишукувань

Ділянка за державно-будівельними нормами є складною (III категорія). Вона розміщується територіально недалеко від Нижньоюрківського яру у долині Дніпра, біля підніжжя гір Щекавиця й Юркиня. Рельєф території не рівний через діяльність людини. Абсолютні відмітки коливаються в межах 100-115 м, а на сусідніх схилових ділянках 156-163 м.

Дослідження зразків, що відбиралися на ділянці, виконувалися в точності за вказаними нормами і державними стандартами України та інших нормативних документів. Результатом проведення цих робіт було виділення й опис значної кількості інженерно-геологічних елементів. Їх детальне дослідження надало дані про фізико-механічні властивості ґрунтів, з яких вони складені. При цьому була використана інформація з архівних фондів стосовно описів схожих ділянок з подібними інженерно-геологічними умовами навколо моєї локації, які були отримані при проведенні бурових, лабораторних та камеральних досліджень у минулі роки. (Ромась О.М., 2021)

На даній ділянці, при проведенні бурових робіт, була розкрита ґрунтова товща на глибину до 30 м. Досліджуючи відібраний матеріал порушеної будови, з дотримання існуючих норм у ДСТУ Б В.2.1-5-96 «Ґрунти. Методи статичної обробки результатів випробувань», фізико-механічними та генетичними властивостями були виділені 30 інженерно-геологічних елементів. Проводячи їх детальний опис знизу вгору, умовно їх можна розділити на насипні та природні ґрунти:

1) Насипні:

ІґЕ-1а (tH) – складається з будівельного сміття, який перемішаний з піщано-суглинистим компонентом, а саме піском пилюватим зі ступенем водонасичення від малого до повністю насиченого, супіском твердим і текучим та супіском твердим і м'якопластичним, приблизно до 40 % та додаванням органічних компонентів, тобто в цілому не однорідний;

ІґЕ-1б1 (tH) і ІґЕ-1б2 (tH) – складаються з супісків, які перешаровуються між собою, пилюватим твердим та піщаним пластичним, які мають різноманітне забарвлення: від сірого до жовто-сірого та темно-сірого. Також має місце наявність до 35% побутового сміття в кожному ІґЕ;

ІґЕ-1в1 (tH) – складається з легкого пилюватого суглинку, від напівтвердого стану до твердого, який має різноманітне забарвлення: від сірого, до темно-сірого з жовтуватим відтінком. Також присутнє будівельне сміття до 35 %;

ІґЕ-1г1 (tH) і ІґЕ-1г2 (tH) – складаються з піщаного пластичного супіску та пилюватого твердого супіску, які перешаровуються між собою, які мають різноманітне забарвлення: сіре з темним та жовтуватим відтінками. Також присутнє будівельне сміття до 10 % в кожному ІґЕ;

ІґЕ-1д1 (tH) і ІґЕ-1д2 (tH) – складаються з пилюватого легкого суглинку, що має усі вище перераховані кольори. Він перебуває в стані від твердого до напівтвердого. Присутнє будівельне сміття до 10 в кожному ІґЕ;

ІґЕ-1є1 (tH) і ІґЕ-1є2 (tH) – складаються з дрібного піску, який перешаровується з пилюватим аналогом. Кольори повторюються з

попередніх ІГЕ. За ступенем водонасичення перебувають в стані від малого до повного насичення. Також присутні перешаровування супіску до 25 % та будівельного сміття до 10% в кожному ІГЕ;

ІГЕ-1e (tH) – складається з суглинків, які в свою чергу складаються з різних шарів за ступенем пластичності. Він має в різних шарах напівтвердий, тугопластичний і м'якопластичний стан. Кольори становляться більш сірими між попередніми, зникає жовтуватий відтінок. Також присутні перешаровування заторфованого ґрунту й органічних речовин, що мають домішки будівельного сміття до 20 %.

2) Природні ґрунти:

ІГЕ-2 (P2 kv) – складається з легкої та важкої глини, так званого «київського мергелю», який має твердий, напівтвердий та тугопластичний стани. Забарвлення сіре з блакитним і зеленим відтінками. В деяких місцях перешаровується з суглинком;

ІГЕ-3 (P2 kv) і ІГЕ-3а (P2 kv) – складаються з важкого, напівтвердого та тугопластичного «київського мергелю» блакитно-сірого кольору;

ІГЕ-4 – складається з дрібно- та середньозернистого, щільного, водонасиченого піску блакитно-сірого кольору, що перешаровується з суглинком. Даний ІГЕ майже не був зафіксований свердловинами, тому інформацію про його фізико-механічні характеристики надаються з опису архівних свердловин;

ІГЕ-3 (P2 kv) і ІГЕ-3а (P2 kv) – складаються з важкого, напівтвердого та тугопластичного «київського мергелю» блакитно-сірого кольору;

ІГЕ-4 – складається з дрібно- та середньозернистого, щільного, водонасиченого піску блакитно-сірого кольору, що перешаровується з суглинком. Даний ІГЕ майже не був зафіксований свердловинами, тому інформацію про його фізико-механічні характеристики надаються з опису архівних свердловин;

ІГЕ-5 (P2 бч) – складається з дрібного піску, який перешаровується з пилюватим аналогом. Пісок має сіро-зелене забарвлення, середню щільність. Максимально насичений водою. Присутні у значній кількості шари так лінзи супіску;

ІГЕ-7 (d PIII-H) – складається з піску, який перешаровується між пухким та середнім за щільністю різновидами. Зразок має невелике водонасичення, різну гамму кольорів: коричневий з жовтим та сірим відтінками. Мають місце перешарування з дрібним піском, суглинком та супіском до 30%;

ІГЕ-8 (a PI-III) – складається з легкого пилюватого супіску, темно-сірого забарвлення. Він перешаровується між текучо- і м'якопластичним різновидами. Також присутні домішки органічної речовини;

ІГЕ-9 (a PI-III) – складається з піщаного, пластичного супіску, який має зелене забарвлення із зеленуватим відтінком. Зустрічаються прошарки і лінзи суглинку до 20%;

ІГЕ-10 (a PI-III) – складається з дрібного піску, який має високе водонасичення, середню щільність і сіре з блакитним відтінком забарвлення. Перешаровується з супіском і середньозернистим піском до 20%;

ІГЕ-12a (g PII dn) і ІГЕ-12б (g PII dn) – складаються з пилюватого, твердого супіску з різним забарвленням: переважає коричневий колір з бурим, жовтим та сірими відтінками. Перешаровується з суглинком і піском до 25%, а також з включеннями гравію до 10%;

ІГЕ-13 (N2 чб) – складається з важкої, твердої, карбонатизованої глини червоно-бурого забарвлення. В ній присутні включення, у вигляді гравію та окисів марганцю до 15%;

ІГЕ-14 (N1 пр) – складається з пилюватого, щільного піску з малим водонасиченням, білого і сірого кольорів, останній з жовтим та світлим відтінками. Присутні перешарування у вигляді супіску до 20%;

ІГЕ-15 (P3 mз) – складається з пилюватого піску зеленого кольору з темним та сірим відтінками, з малим та великим водонасиченням, залежно від глибини відбору зразка. Він почергове перешаровування свої середньощільного та щільного різновидів, також присутні прошарки суглинків та піску до 20%;

ІГЕ-17а (P2 kv) і ІГЕ-17б (P2 kv) – складаються з легкого пилюватого і важкого (так званого «наглинку») суглинків. Вони мають сірий колір з зеленим та блакитним відтінками, перечерговуються своїми напівтвердим, м'яко- і тугопластичним різновидами;

ІГЕ-18б (P2 kv) – складається з піщанистого легкого суглинку, який має сіре забарвлення з зеленим і блакитним відтінками. Присутнє перешаровування текучопластичних, тугопластичних і м'якопластичних суглинків з супіском та піском до 15%;

ІГЕ-19 (P2 бс) – складається з піщанистого супіску зеленувато-сірого кольору. У данному ґрунті перешаровуються пластичний та текучий супісок з суглинком та піском, останніх за складом близько 15%.

Деінде на ділянці проведення досліджень поверхня ґрунтів покрита товщею асфальтобетону і бетонними плитами, що унеможливило проведення вишукувань в тих місцях. (Ромась О.М., 2021)

Рельєф ділянки має як рівні так і схилів ділянки, проте конфігурація схилів дає нормальний запас стійкості на більшості ділянок нахилу рельєфу, що було доведено при розрахунках коефіцієнтів стійкості схилів у камеральних дослідженнях на підприємстві.

При лабораторних дослідженнях, з використанням даних з фондів, були досліджені і наведені у матеріалі до моєї роботи розрахункові і нормативні данні фізико-механічних властивостей ґрунтів, які були відібрані при бурових дослідженнях.

Діяльність ґрунтових вод на території вишукувань можна охарактеризувати наступним чином. Нормативне значення глибини промерзання ґрунту становить 1 м. Під час проведення досліджень, з жовтня по грудень 2021 року їх рівень був зафіксований: на глибинах від 2 до майже 16 м на схилових ділянках, що співвідносяться з абсолютними відмітками 98 та 133 м та від 1 до 22 м у межах котловану, що співвідносяться з абсолютними відмітками 83-103 м, враховуючи розташування різних виробок. Під час різноманітних сезонних незгод, таких як танення снігу весною, чи злив, були можливі підняття рівнів на 0,5-1,2 м від попередньо зафіксованих рівнів. (Ромась О.М., 2021)

При дослідженні коливання рівнів ґрунтових вод, було встановлено, що ділянка має дуже вірогідні умови для підтоплення, через що були проведені дослідження для виявлення хімічного складу і як наслідок показників агресивності цих вод на матеріали фундаментів, такі як бетон та цемент.

Було виявлено різні ступені агресивності для неорганічного і сульфатного середовищ.

Неорганічне середовище майже неагресивне по вмісту у ньому вугільної кислоти до бетону марок W4 та неагресивне до марок W6,8,10-12 для споруд, що розташовуються в ґрунтах, які мають коефіцієнт фільтрації більше 0,1 м/д, у відкритих водоймах, чи для напірних споруд. Також воно не агресивне при контакті з залізобетонними конструкціями в умовах постійного занурення і майже не агресивний під час періодичного змочування.

Рідке сульфатне середовище, котре містить бікарбонат, неагресивне до порландцементу по вмісту в ньому сульфатів та інших компонентів самого матеріалу, з яких він може складатися в пропорціях від 7 до 65 %, при цьому враховуючи нормативні вказівки та рекомендації різних ДСТУ. (Ромась О.М., 2021)

2.4. Загальні поняття про стрічковий фундамент

Стрічковий фундамент - це неперервна полоса, яка розміщується під усі зовнішні й внутрішні стіни будинку або під ряди опор. Цей тип фундаменту має свої позитивні й негативні сторони, а також відмінності у будівельному процесі.

Він зводиться на територіях з різними типами ґрунту, включаючи нестабільні, сипучі або мерзлотні. Він добре розподіляє навантаження від будинку на ґрунт і захищає стіни від деформацій. *(Переваги та недоліки стрічкового фундаменту, 2021)*

Стрічковий фундамент вигідний тим, що він універсальний, міцний, довговічний і варіативний. Він підходить для будь-якого типу стін і планування будинку, має високу несучу здатність і може прослужити понад 100 років. Він також дозволяє вибирати форму, товщину і глибину фундаменту в залежності від умов забудови. *(Стрічковий фундамент, 2023)*

Стрічковий фундамент має мінуси, такі як висока вартість матеріалу і роботи, складність заливки бетону і потреба в геологічних дослідженнях ґрунту. Велика кубатура бетону і арматури робить цей вид фундаменту дорогим і потребуючим спецтехніки для заливки. Також необхідно проводити геодезичну розмітку і розрахунки для правильного проектування фундаменту.

Він також має такі плюси:

- **Відносна дешевизна** порівняно з іншими видами фундаменту, що можна заощадити на матеріалах і роботах. Стрічковий фундамент потребує менше бетону і арматури, ніж суцільний або плитний фундамент. Оскільки даний вид фундаменту є малозаглибленим, він не вимагає глибокого копання траншей і дренажної системи. *(Переваги та недоліки стрічкового фундаменту, 2021)*
- **Організація льоху або підвального приміщення**, тобто є можливість використати цокольну частину стрічкового фундаменту для облаштування

таких приміщень. Це також покращує теплоізоляцію будинку і захищає його від вологи.

- **Надійність і стійкість** до деформацій ґрунту гарантує довговічність і безпеку споруди. Стрічковий фундамент розподіляє навантаження від будинку по всьому периметру і не допускає його просадки або пошкодження. Також допускається зміцнення стрічкового фундаменту за допомогою арматурного каркасу або буронабивних паль. *(Переваги та недоліки стрічкового фундаменту, 2021)*
- **Забезпечується рівномірний розподіл навантаження будинку по всій підшві**, що зменшує ризик появи тріщин у стінах або перекриттях. Це особливо важливо для будівель з важких матеріалів, таких як цегла, камінь або бетон. Також це дозволяє зводити даний тип фундаменту на неоднорідних ґрунтах, де навантаження може бути нерівномірним.
- **Підходить для різних видів будівель** (зі зрубу, цегли, бетонних блоків), що дає певну свободу вибору матеріалу і стилю споруд. Стрічковий фундамент не обмежує у поверховості або плануванні вашого будинку, через що з'являються варіанти для додавання різного типу прибудов без перебудови фундаменту. *(Переваги та недоліки стрічкового фундаменту, 2021)*
- **Не потребує вилучення ґрунту під всім будинком**, що зменшує обсяг земляних робіт і захищає ґрунт від ерозії. Це дозволяє залишити природний рельєф ділянки і не порушувати екологію місцевості.
- **Випробувана технологія зведення**, тобто за даним фундаментом наявна велика кількість інформації і порад стосовно його облаштування, через що з'являється можливість зробити стрічковий фундамент самостійно. Проте кращим і надійнішим варіантом є залучення професійних будівельників. Хоча в будь-якому з варіантів, стрічковий фундамент не вимагає складних розрахунків або спеціального обладнання. *(Переваги та недоліки стрічкового фундаменту, 2021)*

Стрічковий фундамент має нюанси зведення, які потребують уваги і дотримання технології. До них належать: попередня очистка і планування майданчика, розмітка траншеї певної ширини і глибини, засипка і трамбування піску на дно траншеї, в'язка арматурного каркаса за схемою, монтаж опалубки (знімної або незнімної), заливка бетону безперервно і одночасно по всьому периметру, утеплення і гідроізоляція фундаменту.

Технологія зведення цього фундаменту полягає в таких етапах:

- **Розбивка осей фундаменту** за допомогою відвісу, рулетки і кутника. Виноска ліній на землю з допомогою дроту або мотузки, які натягують на обносці - ряду стовпчиків з прибитими дошками. Перевірка прямих кутів і рівності діагоналей отриманого прямокутника. *(Стрічковий фундамент, 2023)*
- **Виймка ґрунту** під фундамент за розміткою. Глибина траншей залежить від типу фундаменту (заглиблений або малозаглиблений) і характеристик ґрунту. Ширина траншей залежить від ширини подошви фундаменту, товщини піщаної подушки і зручності виконання робіт. Утрамбовка дна траншей.
- **Влаштування протипучинної подушки** (на середньо- і сильнопучинних ґрунтах) або вирівнювальної піщаної підсипки (на непучинних і слабопучинних глинистих ґрунтах). Висота подушки складає зазвичай 30-40 см, а ширина - 40-80 см. Подушка утрамбовується і зрошується водою. *(Стрічковий фундамент: технологія, переваги і недоліки, б. д.)*
- **Формування опалубки** з дошок або фанери, які прикріплюються до стовпчиків обноси або до спеціальних стояків. Опалубка повинна бути міцною, щоб витримати тиск бетонної суміші. Висота опалубки - 30-40 см. *(Стрічковий фундамент, 2023)*
- **Армування** стрічкового фундаменту за допомогою металевих прутків, які пов'язуються в каркас. Арматурний каркас повинен бути піднятий над дном траншеї на 5-10 см за допомогою пластикових або дерев'яних опор.

Арматурні прутки повинні мати запас по довжині для з'єднання суміжних секцій фундаменту.

- **Процедура бетонування** стрічкового фундаменту за допомогою бетонозмішувача. Бетонна суміш повинна мати однорідну консистенцію і не розсипатися. Бетон викладають у траншеї шарами по 20-30 см і ущільнюють за допомогою вібраційного пристрою або лопати. При заливці бетону уникається утворення порожнеч і тріщин. Бетон повинен заповнити всю опалубку і мати рівну поверхню. *(Стрічковий фундамент: технологія, переваги і недоліки, б. д.)*
- **Гідроізоляційний етап** полягає у захисті будівельного стрічкового фундаменту від вологи та ґрунтових вод. Для цього використовують різні матеріали, такі як руберойд, бітум, полімерні мембрани. Гідроізоляційний шар накладають на верхню частину фундаменту та на його бічні сторони, попередньо очистивши та вирівнявши поверхню бетону. *(Стрічковий фундамент, 2023)*
- **Підлоги ґрунту у стрічковому фундаменті** організують для захисту будинку від холодного повітря і вологи, що проникають із ґрунту. Для цього на дно котловану укладають шар щебеню або гравію (10-15 см), який ущільнюють і зрошують бітумом. На нього кладуть шар піску (10-15 см), який також ущільнюють і зрошують бітумом. На пісок кладуть шар мінеральної вати (10-15 см), який служить теплоізоляцією. На мінеральну вату кладуть шар пароізоляційної плівки, яка запобігає конденсації вологи на теплоізоляції. На пароізоляційну плівку кладуть шар армованого бетону (5-10 см), який служить основою для наступного покриття. *(Стрічковий фундамент: технологія, переваги і недоліки, б. д.)*

2.5. Розрахунок осідання ґрунтової основи під стрічковим фундаментом

Для проведення розрахунків були проаналізовані графічні матеріали технічного звіту "Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціального і

громадського призначення та підземним паркінгом в межах вулиць Фрунзе, Нижньоюрківської та пров. Мильного у Подільському районі м. Києва". При цьому була детально вивчена карта проектувань забудов та топооснова, побудовані по цій ділянці 33 інженерно-геологічні розрізи, 61 пробурена та 40 архівних свердловин. (Ромась О.М., 2021) При вивченні цих матеріалів, зверталася увага на закономірність розміщення різних ІГЕ в кожному розрізі, їх літологічний склад, потужності та рівні ґрунтових вод.

Після проведеного теоретичного вивчення, була обрана ділянка розрізу ХХХІІІ-ХХХІІІ. Умовна простота будови та приблизна розмірність по простяганню кожного ІГЕ являються гарними умовами, для проведення дослідження.

Метою розрахунку є визначення осідання умовного будинку. Для цього було взято уявний триповерховий будинок із наступними габаритами: ширина 20 м та довжина 40 м. Хоча загальна кількість майбутніх споруд на території дослідження має значно більшу кількість поверхів для навантаження, від 7 до 12, застосування саме пальових фундаментів для них є беззаперечною умовою. Тому було досить доцільно провести дослідження саме для малогабаритних споруд, щоб впевнитися в унеможливленні застосування іншого типу фундаменту.

Для спрощеного розуміння масштабу дії фундаменту на ґрунтову основу та наглядної демонстрації масштабів досліджуваної точки та її параметрів були проведені побудови розрізу (див. Рис. 2.1) та схематизації (див. Рис. 2.2) з використанням програми AutoCAD:

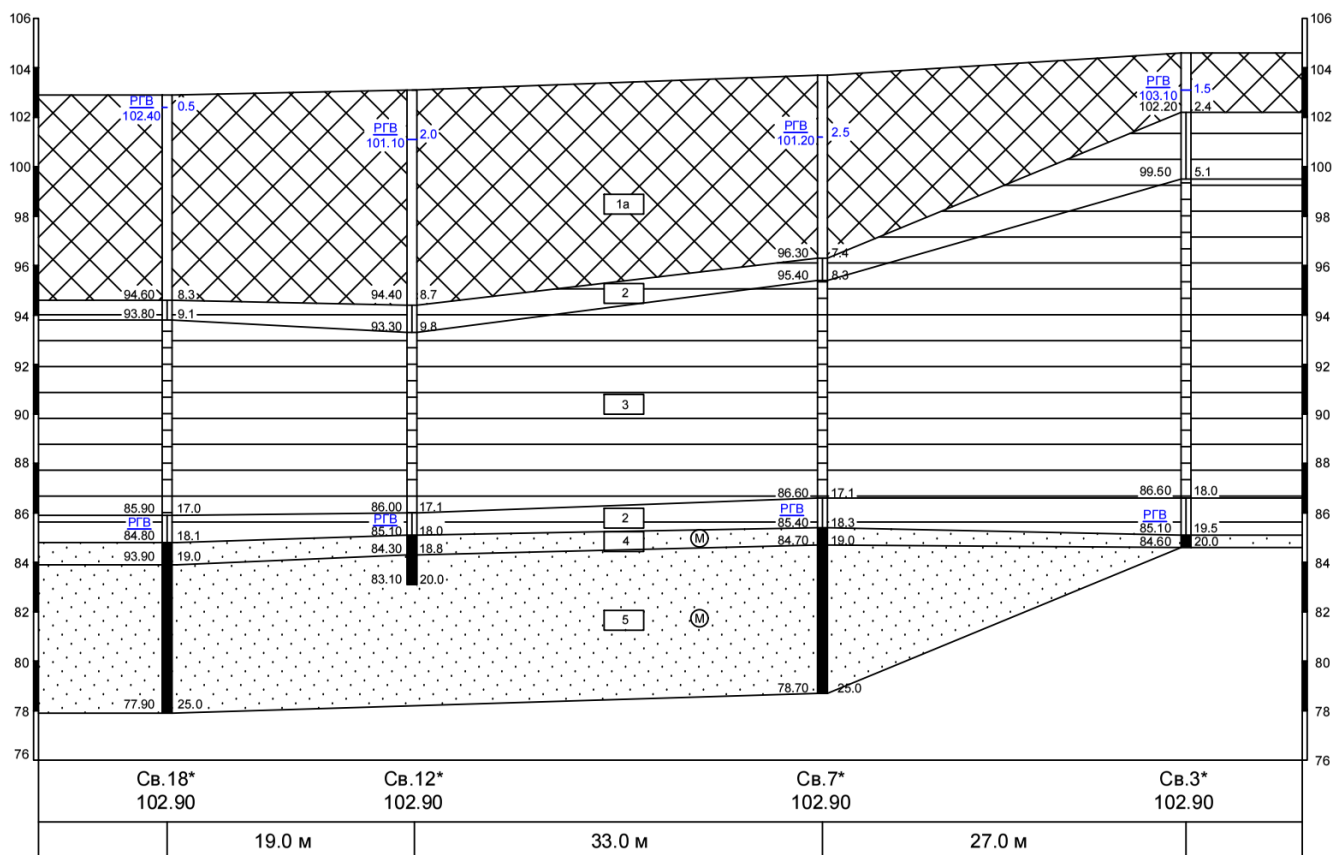


Рис. 2.1 Розріз по лінії проведення досліджень XXXIII-XXXIII

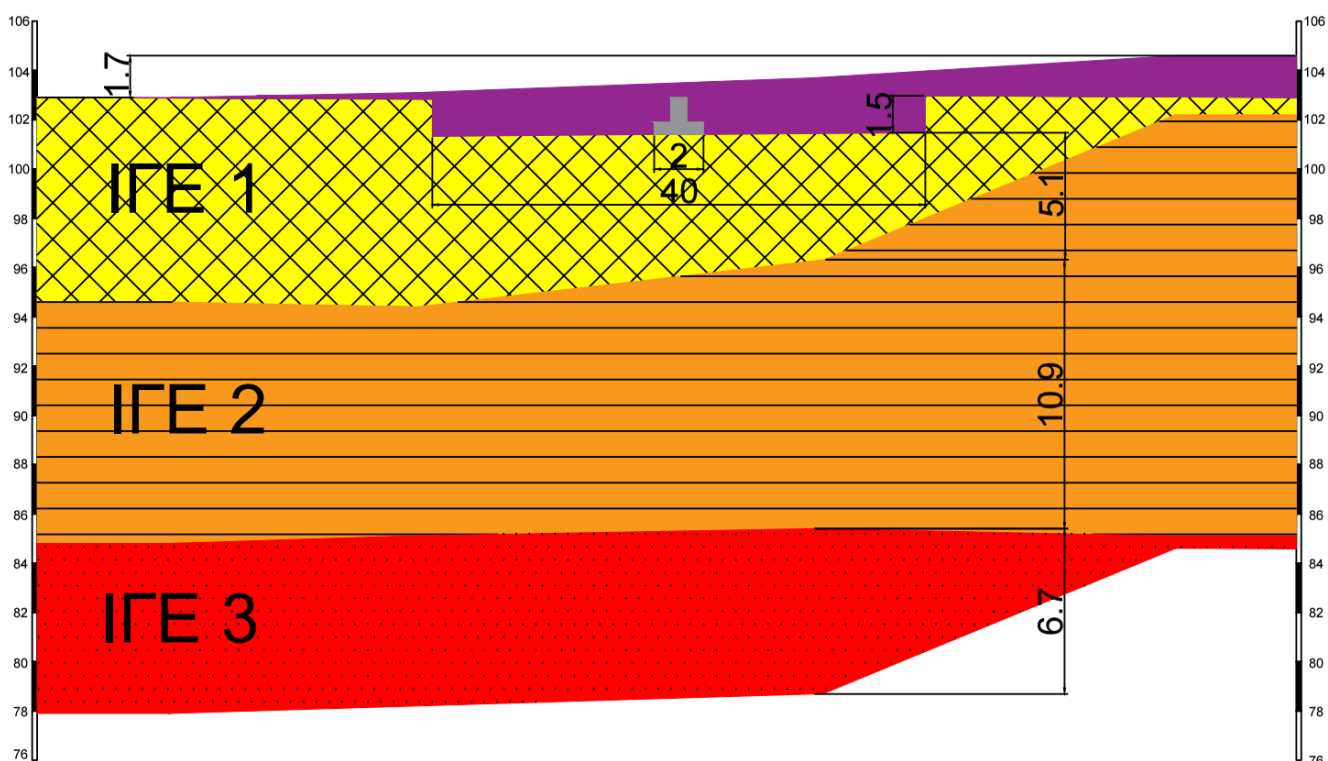


Рис. 2.2 Схематизація влаштування стрічкового фундаменту по лінії проведення досліджень XXXIII-XXXIII

Для розрахунку осідання ґрунту під пальовим фундаментом був обраний метод пошарового підсумування. Метод пошарового підсумування осідання фундаменту ґрунтується на таких положеннях:

- Ґрунт розглядається як єдина однорідна структура, яка має однакові властивості у всіх напрямках. Це означає, що ґрунт не має розслоень, тріщин, порожнин і інших неоднорідностей, які можуть впливати на його деформацію.
- Ґрунт деформується лінійно під дією вертикального напруження, яке виникає внаслідок навантаження від фундаменту. Лінійна деформація означає, що осідання пропорційне напруженню і не залежить від часу. Вертикальне напруження не враховує інші напрямки напружень, такі як горизонтальне або кутове. *(Основні припущення методу., 2016)*
- Бокове розширення ґрунту в основі фундаменту вважається неможливим. Це припущення спрощує розрахунки, але не відповідає дійсності, тому для його компенсації вводиться коефіцієнт, який має значення 0,8 для будь-якого типу ґрунту. Коефіцієнт зменшує вертикальне напруження на величину бокового розширення ґрунту. *(Основні припущення методу., 2016)*

Сам розрахунок здійснюється за наступною схемою:

1. Спочатку розраховуються товщина розрахункового шару

$$h_i = \frac{1}{5}b, \quad (2.1)$$

де h_i – товщина розрахункового шару, м; b – ширина фундаменту, м.

2. Далі визначається відносні координати

$$\xi = \frac{2h_i}{b}, \quad (2.2)$$

де ξ – відносна координата; h_i – товщина розрахункового шару, м; b – ширина фундаменту, м.

3. Переписавши значення коефіцієнта a_i для стрічкового фундаменту навпроти відповідних значень ξ , визначається величина природнього тиску на межі подошви фундаменту:

$$\sigma_{zq0} = H_1 \gamma_1 + H_2 \gamma_2, \quad (2.3)$$

де σ_{zq0} – величина природнього тиску на межі подошви фундаменту, КПа; H_1 – потужність першого шару, м; H_2' – частина потужності другого шару, на яку заглиблений фундамент, м; $\gamma_{1/2}$ – питома вага першого/другого шару ґрунту, Н/м³.

4. Також визначається додатковий тиск на межі подошви фундаменту:

$$\sigma_{zр0} = P - \sigma_{zq0}, \quad (2.4)$$

де $\sigma_{zр0}$ - додатковий тиск на межі подошви фундаменту, КПа; P – тиск споруди на ґрунт, КПа; σ_{zq0} - величина природнього тиску на межі подошви фундаменту, КПа.

З глибиною даний параметр збільшується, тому розрахунки проводяться на всю ґрунтову товщу досліджуваних ІГЕ. (Костюченко М.М & Шостак А.В, 2005, с. 48-51)

5. Надалі розраховуються середні значення $\sigma_{zрmti}$ між кожними двома окремими розрахунковими шарами h_i .

6. Під кінець розраховується осідання ґрунту в кожному розрахунковому шарі h_i :

$$S_i = \beta \frac{\sigma_{zрmti} \times h_i}{E_i}, \quad (2.5)$$

де S_i – осідання в кожному розрахунковому шарі, см; β – безрозмірний коефіцієнт, що враховує умовність розрахункової схеми, дорівнює 0,8; $\sigma_{zрmti}$ – середнє значення додаткового тиску на кожному розрахунковому шарі, КПа; h_i – розрахунковий шар, м; E_i – модуль деформації, який варіюється відповідно від ІГЕ, в якому знаходиться розрахунковий шар h_i , КПа.

Отримані значення S_i сумуються і отримується сумарне значення осідання ґрунтової основи під стрічковим фундаментом. (Костюченко М.М & Шостак А.В, 2005, с. 51-52)

За наведеними формулами були проведені відповідні розрахунки, з використанням програми Excel, заповнені відповідні таблиці (див. Табл. 2.1-2.3) та побудован порівняльний графік (див. Рис. 2.3) осідання ґрунту під власною вагою та під стрічковим фундаментом.

Таблиці 2.1-2.3

Розрахункові таблиці осідання ґрунту під стрічковим фундаментом

№ПГЕ	H, м	ρ , т/м ³	E Мпа	γ	b,м	l/b	P,Кпа	d, м	g	hi	ξ	β	σ_{z0}	σ_{p0}
16	8,3	1,76	14	17,266	2	10	1300	1,5	9,81	0,4	0,4	0,8	25,898	1274,1
3	10,9	1,91	24	18,737										
4	6,9	1,85	30	18,149										

		1/5 σ_{zi}	Глибина
σ_{zi}	0	0	0
σ_{z1}	143,3	28,6609	8,3
σ_{z2}	347,54	69,5078	19,2
σ_{z3}	472,76	94,5527	26,1

hi	z,м	ξ	$\frac{a_i}{\eta > 10}$	Ei	σ_{zi}	σ_{zpit}	S
0	0	0	1	14000	1274,1	1259,4	0,02879
0,4	1,5	0,4	0,977	14000	1244,8	1183,6	0,02705
0,8	1,9	0,8	0,881	14000	1122,5	1042,2	0,02382
1,2	2,3	1,2	0,755	14000	961,9	890,0	0,02034
1,6	2,7	1,6	0,642	14000	818,0	759,4	0,01736
2	3,1	2	0,55	14000	700,8	654,3	0,01495
2,4	3,5	2,4	0,477	14000	607,7	571,4	0,01306
2,8	3,9	2,8	0,42	14000	535,1	505,8	0,01156
3,2	4,3	3,2	0,374	14000	476,5	452,9	0,01035
3,6	4,7	3,6	0,337	14000	429,4	409,6	0,00936
4	5,1	4	0,306	14000	389,9	373,3	0,00853
4,4	5,5	4,4	0,28	14000	356,7	342,7	0,00783
4,8	5,9	4,8	0,258	14000	328,7	316,6	0,00724
5,2	6,3	5,2	0,239	14000	304,5	294,3	0,00673
5,6	6,7	5,6	0,223	14000	284,1	274,6	0,00628
6	7,1	6	0,208	14000	265,0	257,4	0,00588
6,4	7,5	6,4	0,196	14000	249,7	242,1	0,00553
6,8	7,9	6,8	0,184	14000	234,4	228,7	0,00523
7,2	8,3	7,2	0,175	14000	223,0	217,2	0,00497
7,6	8,7	7,6	0,166	24000	211,5	206,4	0,00275
8	9,1	8	0,158	24000	201,3	196,2	0,00262
8,4	9,5	8,4	0,15	24000	191,1	187,3	0,0025
8,8	9,9	8,8	0,144	24000	183,5	179,0	0,00239
9,2	10,3	9,2	0,137	24000	174,6	171,4	0,00228
9,6	10,7	9,6	0,132	24000	168,2	164,4	0,00219
10	11,1	10	0,126	24000	160,5	158,0	0,00211
10,4	11,5	10,4	0,122	24000	155,4	152,3	0,00203
10,8	11,9	10,8	0,117	24000	149,1	145,2	0,00194
11,2	12,3	11,2	0,111	24000	141,4	140,2	0,00187
11,6	12,7	11,6	0,109	24000	138,9	137,0	0,00183
12	13,1	12	0,106	24000	135,1	133,5	0,00178
12,4	13,5	12,4	0,104	24000	131,9	130,3	0,00174
12,8	13,9	12,8	0,101	24000	128,7	127,1	0,00169
13,2	14,3	13,2	0,099	24000	125,5	123,9	0,00165
13,6	14,7	13,6	0,096	24000	122,3	120,7	0,00161
14	15,1	14	0,094	24000	119,1	117,5	0,00157
14,4	15,5	14,4	0,091	24000	115,9	114,4	0,00152
14,8	15,9	14,8	0,089	24000	112,8	111,2	0,00148
15,2	16,3	15,2	0,086	24000	109,6	108,0	0,00144
15,6	16,7	15,6	0,084	24000	106,4	104,8	0,0014
16	17,1	16	0,081	24000	103,2	101,6	0,00135
16,4	17,5	16,4	0,079	24000	100,0	98,4	0,00131
16,8	17,9	16,8	0,076	24000	96,8	95,2	0,00127
17,2	18,3	17,2	0,074	24000	93,6	92,1	0,00123
17,6	18,7	17,6	0,071	30000	90,5	88,9	0,00095
18	19,1	18	0,069	30000	87,3	85,7	0,00091
18,4	19,2	18,4	0,066	30000	84,1	82,5	0,00088
18,8	19,6	18,8	0,064	30000	80,9	79,3	0,00085
19,2	20	19,2	0,061	30000	77,7	76,1	0,00081
19,6	20,4	19,6	0,059	30000	74,5	72,9	0,00078
20	20,8	20	0,056	30000	71,3	69,8	0,00074
20,4	21,2	20,4	0,054	30000	68,2	66,6	0,00071
20,8	21,6	20,8	0,051	30000	65,0	63,4	0,00068
21,2	22	21,2	0,048	30000	61,8	60,2	0,00064
21,6	22,4	21,6	0,046	30000	58,6	57,0	0,00061
22	22,8	22	0,043	30000	55,4	53,8	0,00057
22,4	23,2	22,4	0,041	30000	52,2	50,6	0,00054
22,8	23,6	22,8	0,038	30000	49,1	47,5	0,00051
23,2	24	23,2	0,036	30000	45,9	44,3	0,00047
23,6	24,4	23,6	0,033	30000	42,7	41,1	0,00044
24	24,8	24	0,031	30000	39,5	37,9	0,0004
24,4	25	24,4	0,028	30000	36,3	36,3	0,00039

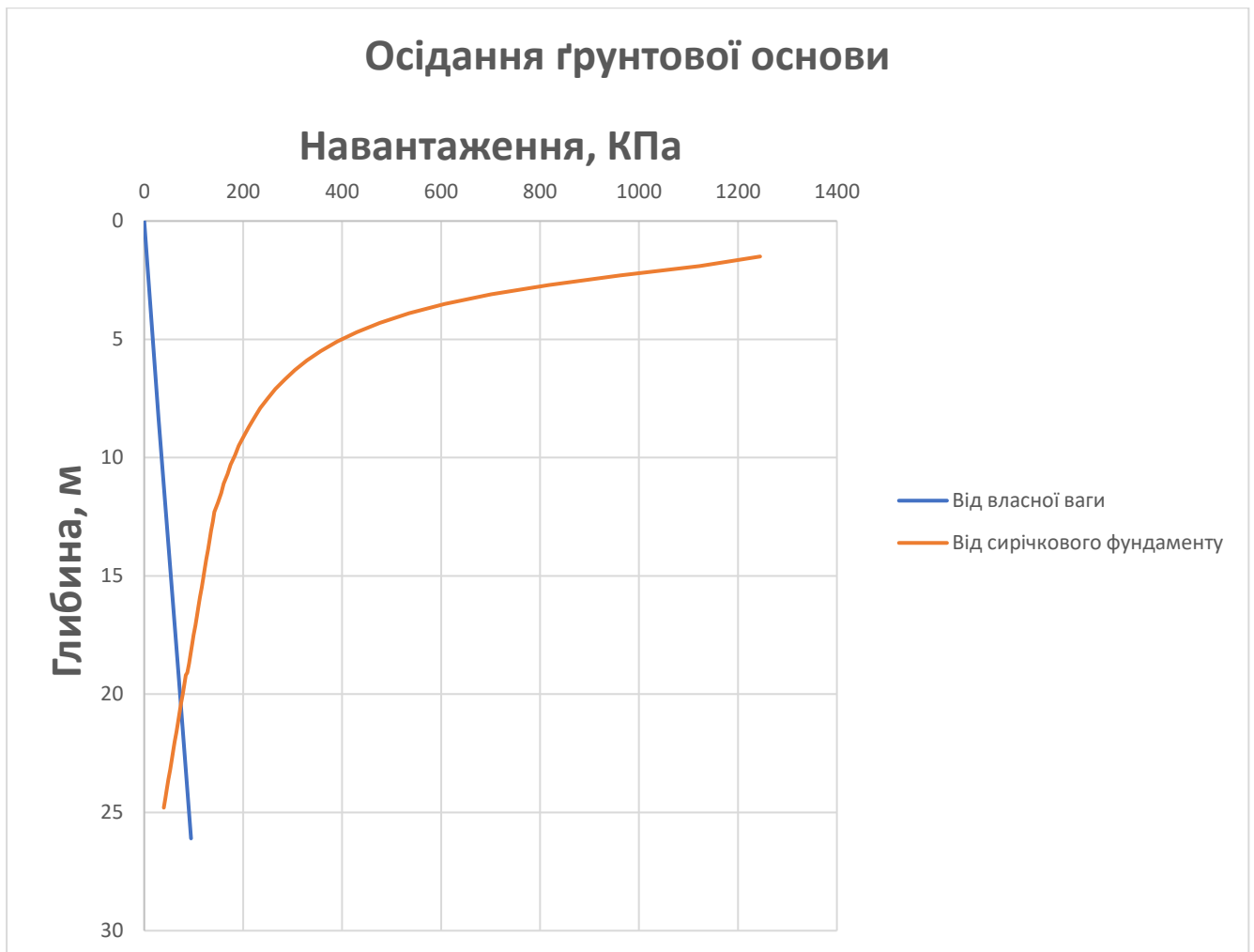


Рис. 2.3 Порівняльний графік осідання ґрунту під власною вагою та стрічковим фундаментом

2.6. Загальні поняття про пальовий фундамент

Пальовий фундамент - це один з видів фундаменту, який використовується для зведення будівель на слабких або неоднорідних ґрунтах. Пальовий фундамент складається з вертикальних опор - паль, які занурюються в ґрунт до нестисливого шару і передають навантаження від будівлі на нього. Палі можуть бути дерев'яними, металевими, бетонними або залізобетонними, круглими, квадратними або пірамідальними, повнотілими або порожнистими. Палі, в залежності від способу вкладання в ґрунт, поділяються на дві категорії: підпірні і висячі. Підпірні палі утримуються у ґрунті за допомогою своєї нижньої частини і вважаються більш надійними. Висячі палі ж не втримуються у ґрунті, а заснуються на терті між бічною поверхнею палі та ґрунтом. Пальовий фундамент

має свої переваги і недоліки. (*Пальовий фундамент: Типи, особливості, технологія влаштування, 2020*) До переваг належать:

- Можливість будувати на будь-яких ґрунтах, навіть на тих, де інші типи фундаменту не можливо або дуже складно реалізувати;
- Висока ступінь надійності і довговічності конструкції;
- Мала усадка фундаменту;
- Можливість будувати в умовах високого рівня ґрунтових вод;
- Швидкість монтажу фундаменту. (*0522.ua - Сайт міста Кропивницького, 2022*)

До недолік належать:

- Висока ціна на матеріали і роботи;
- Необхідність спецтехнології для забивання або буріння паль;
- Неможливість самостійного контролю за якістю робіт;
- Велика кількість шуму і вібрації при монтажі паль. (*0522.ua - Сайт міста Кропивницького, 2022*)

Пальовий фундамент може бути реалізований різними способами.

Найпопулярнішими є:

- Забивний фундамент - коли палі забиваються у ґрунт за допомогою спеціального обладнання (молотка, преса або вібратора). При цьому контролюється глибина залягання і опір ґрунту;
- Гвинтовий фундамент - це фундамент, в якому палі мають гвинтову форму і закручуються у ґрунт за допомогою електричного або гідравлічного приводу. При цьому не потрібно бурити ґрунт і заливати бетон;
- Бурунабивний фундамент - коли палі виготовляються шляхом буріння ґрунту і заливання бетону в отвори. При цьому можна використовувати арматуру або металеві труби для зміцнення паль. Бурунабивний фундамент має менше негативного впливу на ґрунт і сусідні будівлі. (*Пальовий фундамент: Типи, особливості, технологія влаштування, 2020*)

Пальовий фундамент вимагає ретельного розрахунку кількості, довжини, діаметра і розташування паль, а також їх з'єднання з ростверком або плитою. Розрахунок залежить від типу ґрунту, ваги будинку, кліматичних умов і інших факторів. Розрахунок пальового фундаменту можна зробити самостійно за допомогою спеціальних формул або програм, або звернутися до професіоналів. *(Пальовий фундамент: Сутність, види, переваги, недоліки та побудова своїми руками, б. д.)*

Пальовий фундамент можна будувати своїми руками, якщо володіти необхідними навичками і матеріалами. Для цього потрібно виконати такі етапи:

- Визначити межі будинку і розташування паль;
- Викопати ями для паль або забити або закрутити палі у ґрунт;
- Залити бетон у ями або порожнисті палі;
- Зробити опалубку для ростверка або плити;
- Заложити арматуру для ростверка або плити;
- Залити бетон в опалубку;
- Демонтувати опалубку після застигання бетону. *(Пальовий фундамент: Сутність, види, переваги, недоліки та побудова своїми руками, б. д.)*

Технологія зведення пальового фундаменту полягає в таких етапах:

- **Вибір типу паль** залежно від характеристик ґрунту, навантаження від будинку і бюджету. Палі можуть бути дерев'яні, металеві, бетонні або залізобетонні; прямокутні, круглі або пірамідні; цільні або пустотілі; забивні, буронабивні або гвинтові. *(Технологія будівництва пальового фундаменту, б. д.)*
- **Розбивка осей фундаменту** за допомогою відвісу, рулетки і кутника. Виноска ліній на землю з допомогою дроту або мотузки, які натягують на обносці - ряду стовпчиків з прибитими дошками. Перевірка прямих кутів і рівності діагоналей отриманого прямокутника.

- **Встановлення паль** за обраною схемою розстановки (шахова, щільна, одиночна або смугова). Забивні палі забиваються в ґрунт за допомогою спеціальних установок. Буронабивні палі виготовляються в свердловинах, які заповнюються бетоном і утрамбовуються. Гвинтові палі вкручуються в ґрунт за допомогою автоматичних або ручних пристроїв. *(Технологія будівництва пального фундаменту, б. д.)*
- **Влаштування ростверку** - монолітної або збірної плити, яка об'єднує палі і служить основою для будинку. Ростверк може бути поверхневим або заглибленим. Для його виготовлення потрібно зробити опалубку, армування і заливку бетоном. Ростверк повинен мати гладку і рівну поверхню.
- **Гідроізоляційний етап** полягає в захисті фундаменту від вологи і ґрунтових вод. Для цього використовують різноманітні матеріали, такі як руберойд, бітум, полімерні мембрани. Гідроізоляційний шар накладають на верхню частину і бокові сторони ростверку і паль. *(Технологія будівництва пального фундаменту, б. д.)*

2.7. Розрахунок осідання ґрунтової основи під пальовим фундаментом

Для проведення даного розрахунку були використані ті самі вихідні дані та розріз, які були використані при розрахунку стрічкового фундаменту. Відмінністю даної роботи була побудова нової схематизації (див. Рис. 2.4) з використанням програми AutoCAD, для кращого розуміння основних частин, які беруть участь в підрахунку та їх числових параметрів.

Для розрахунку осідання ґрунту під пальовим фундаментом були пройдені наступні етапи:

1. Уся розрахункова ґрунтова товща ділиться за аналогією з попереднім методом ділиться на менші розрахункові проміжки h_i , з використанням формули 2.1.
2. Далі визначається середнє значення тиску під пальовим фундаментом:

$$\sigma_{zg0} = \gamma' \times d_n, \quad (2.6)$$

де γ' – середнє значення питомої ваги, Н/м³; d_n – глибина на яку було розміщено ростверк, м. (Осідання умовного фундаменту, б. д.)

3. Далі визначаються вертикальні напруження:

$$\sigma_{zpi} = a \times P, \quad (2.7)$$

де a – коефіцієнт, який відображає ступінь глибинного затухання напруги; P – тиск, який фундамент чинить на ґрунтову товщу, КПа.

4. Далі визначається напруга, яка викликана власною вагою ґрунту в товщі, що починається від рівня закладеного фундаменту:

$$\sigma_{zgi} = \gamma'_{II} \times (d_p + h) + \sum_{i=1}^m \gamma'_{III} \times h_i, \quad (2.8)$$

де γ'_i – значення питомої ваги, Н/м³; h_i – товщина розрахункового шару; m – кількість шарів.

5. Далі визначаються вертикальна напруга, що викликана власною вагою вийнятого з-під ростверку ґрунтового масиву:

$$\sigma_{zyi} = a \times \sigma_{zg0}, \quad (2.9)$$

де a – значення коефіцієнту напружень, що поступово затухають із заглибленням; σ_{zg0} – середнє значення тиску під пальовим фундаментом, КПа. (Осідання умовного фундаменту, б. д.)

6. Далі визначається проміжне значення стисливої товщі, з обов'язковим контролем наступної умови:

$$\sigma_{zyi} \leq k(\sigma_{zg} - \sigma_{zu1}), \quad (2.10)$$

де σ_{zg} – напруга від власної ваги ґрунту після зведення споруди, КПа; σ_{zu1} – напруга від власної ваги ґрунту від підшви ростверка до закінчення паль, КПа.

7. Після цього визначається осідання кожного з розрахункових шарів:

$$S_i = \beta \frac{(\sigma_{zpi \text{ сеп.}} - \sigma_{zyi \text{ сеп.}}) \times h_i}{E_i} + \beta \frac{\sigma_{zyi \text{ сеп.}} \times h_i}{E_{ei}}, \quad (2.11)$$

де β – безрозмірний коефіцієнт, який за стандартом представлений як 0,8; h_i – товщина розрахункового шару в ґрунті, м; E_i – модуль деформації, що викликаний первинним навантаженням, КПа; E_{ei} – модуль пружності, що

викликаний вторинним навантаженням, КПа; $\sigma_{zpi \text{ сep.}}$ - середнє значення вертикальної напруги, що викликана зовнішнім навантаженням, КПа; $\sigma_{zyi \text{ сep.}}$ - середнє значення вертикальної напруги, що напряму залежить від ваги ґрунту, КПа.

8. Під кінець визначається повне осідання ґрунтової основи:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (2.12)$$

де n – кількість шарів, на які поділено ґрунтову товщу. (Осідання умовного фундаменту, б. д.)

Для виконання наведених вище розрахунків був використаний електронний ресурс MQN (<http://www.mqn.com.ua/foundations-depletion-piles.php>). Усі необхідні значення були розміщені у відповідні комірки електронного інженерного калькулятора (див. Рис. 2.5).

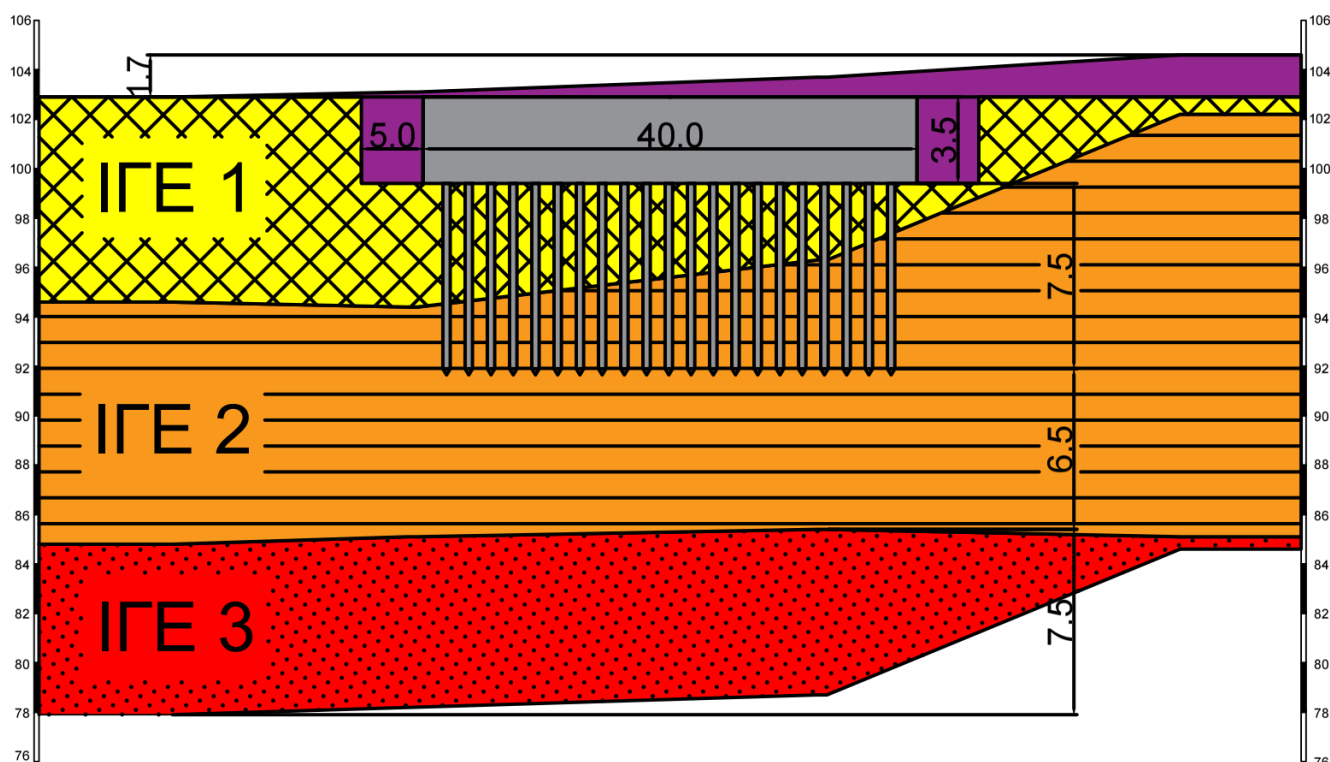


Рис. 2.4 Схематизація влаштування пальового фундаменту по лінії проведення досліджень XXXIII-XXXIII

Зусилля
 $N = 1300$ kN

габарити поля паль
 $L = 40$ m
 $b = 20$ m
 $h = 7.5$ m
 $d_p = 0.3$ m

параметри котловану
 $L_k = 50$ m
 $B_k = 30$ m
 $d_n = 5.2$ m
 $d = 3.5$ m
 $\varphi_{II,mt} = 18$ °
 $\gamma_{II,mt,dn} = 16.95$ kN/m³
 $\gamma_{II,mt,h} = 17.9$ kN/m³
 $\gamma_{експ} = 18.9$ kN/m³

Враховувати E_e^*

Кількість ґрунтів 2

IGE-1
 $h_1 = 6.5$ m
 $\gamma_{II} = 18.74$ kN/m³
 $E = 24000$ kPa
 $E_e = 150000$ kPa

IGE-2
 $h_2 = 7.5$ m
 $\gamma_{II} = 18.15$ kN/m³
 $E = 34000$ kPa
 $E_e = 150000$ kPa

РОЗРАХУВАТИ

Результати
 $S = 0$ m
 $H_c = 0.02$ m

S - Осідання
Hc - Глибина стисливої товщі

Пояснення до розрахунку

Розрахунок осідання умовного фундаменту методом пошарового підсумовування виконано відповідно до додатків "Д" та "П" ДБН В.2.1-10-2009 "Основи і фундаменти споруд. Основні положення проектування"[1].

Для того, щоб виконати розрахунок осідання фундаменту на цьому сайті, необхідно:

- ввести зусилля N від розрахункового експлуатаційного навантаження;

Рис. 2.5 Заповнення електронного інженерного калькулятора для розрахунку осідання ґрунтової основи під пальовим фундаментом
(<http://www.mqn.com.ua/foundations-depletion-piles.php>)

ВИСНОВОК

Під час виконання даної роботи були проаналізовані виробничі матеріали інженерно-геологічних досліджень, що включали в себе інженерно-геологічні звіти, чисельні графіки та таблиці значень фізико-механічних властивостей ґрунтів території вулиць Кирилівська, Нижньоюрківська та пров. Мильного в м. Києві, які були отримані після проведення чисельних дослідів з відібраними пробами. Отримані значення допомогли провести розрахунки по визначенню осідання ґрунтової основи.

При дослідженні геоморфологічного фактору на даній ділянці був отриманий висновок, що ділянка має досить високі ризики по підтопленню через високий рівень ґрунтових вод (до 1 м), а також значні проблеми на схилових ділянках, де має місце низький коефіцієнт стійкості (0,8). Ці фактори є одними з вирішальних при зведені будь-яких габаритних споруд, особливо поблизу схилів, через що рекомендується впроваджувати спеціальні дренажні споруди для відводу води та терасувати схиліві ділянки із подальшим армуванням та сітчастим закріпленням верхніх шарів ґрунту для зменшення ризиків розвитку схилових процесів.

Після проведених розрахункових робіт були отримані відповідні кількісні значення просідання ґрунту для стрічкового (28 см), та пальового (3 мм) фундаментів. Данні значення можна пояснити тим, що споруда проектується на насипних ґрунтах, які не є гарною основою для фундаментів неглибокого закладання, тому заглиблення фундаменту у більш стійкі ґрунти, такі як глини чи пісок більш глибокого залягання, можна одержати більш якісніші умови для експлуатації майбутньої конструкції. Також високий рівень підземних вод та промерзання ґрунту (до 1 м), а також близькість до схилів являються ще одними факторами, на основі яких рекомендовано закладати саме фундамент глибокого закладання.

Отже, для вулиць Кирилівська, Нижньоюрківська та пров. Мильного в м. Києві більш надійним для експлуатації є пальовий фундамент.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альошина А., Гуда К., Коломенська С., Лопіна І., Писаренко Л., Стрішенець Ю., & Чумакова І. (2018, 6 листопада). Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Географічний факультет. Звіт з ландшафтознавчої практики. StudFiles. <https://studfile.net/preview/7105843/page:2/>
2. Бобровський М. В. (2013, 19 грудня). ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ. Київський спеціалізований ліцей Універсум. - Ліцей Універсум. Київ. <http://universum.kiev.ua/2009-09-18-12-57-46/2013-01-31-11-57-35/127-2013-12-19-14-27-21.html>
3. Водні ресурси. (2022). БУВР середнього Дніпра. https://x4ivkmt64.ukit.me/vodni_riesursi
4. Геоморфологічна будова Київської області. (2010, 1 листопада). Географія. https://geografia.at.ua/load/ukrajina/geomorfologichna_budova_kijivskoj_i_oblasti/8-1-0-187
5. Заклецький О. (1999). Геоморфологічна будова Київської області. Кафедра екології.
6. Інженерно-геологічні умови Київської області. (б. д.). Гільдія Інжиніринг. https://geotop.com.ua/injenerno-geologicheskie-usloviya-kievskoy-oblasti_ua.php
7. Клименко В.Г, Прасуль Ю.І, & Башилов І.О. (2019, 28 грудня). Територіальні особливості водно-ресурсного потенціалу Київської області | Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. Наукова періодика Каразінського університету. <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/15086>
8. Ковальов О.Б, Матвеев Г.Я, Пастухов В.В, Виноградов Г.Г, Охинько З.П, Зосимович В.Ю, Гожик П.Ф, & Довгань Р.М. (2001). ДЕРЖАВНА ГЕОЛОГІЧНА КАРТА УКРАЇНИ. Масштаб 1:200 000. ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКА СЕРІЯ.

АРКУШ М-36-ХІІІ (КІЇВ). ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА. Geologicheskaya Biblioteka GeoKniga.

<https://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/m-36-xiii-kiev-geologicheskaya-karta-i-karta-poleznyh-iskopaemyh-chetvertichnyh.pdf>

9. Костюченко М.М, & Шостак А.В. (2005). Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни “Механіка ґрунтів”. Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет».
10. Матвеев І., Соловійова Г., & Петраков О. (2009). Основи та фундаменти споруд, основні положення проектування ДБН В.2.1-10-2009. Мінрегіонбуд України. (Оригінал опубліковано 2009 р.)
11. Осідання умовного фундаменту. (б. д.). MQN.
<http://www.mqn.com.ua/foundations-depletion-piles.php>
12. Основні припущення методу. (2014, 4 січня). Студопедія.
https://studopedia.su/2_39507_osnovni-pripushchennya-metodu.html
13. Основні припущення методу. (2016, 16 лютого). StudFiles.
<https://studfile.net/preview/5286550/page:15/>
14. Пальовий фундамент: Сутність, види, переваги, недоліки та побудова своїми руками. (б. д.). Ландшафтний дизайн.
<http://samdizajner.com.ua/svajnyj-fundament-sushhnost-vidy-preimushhestvo-nedostatki-i-postroenie-svoimi-rukami.html>
15. Пальовий фундамент: Типи, особливості, технологія влаштування. (2020, 13 жовтня). Компанія управління будівництвом «Моноліт».
<https://kubmonolit.com/2020/10/13/palovij-fundament/>
16. Переваги та недоліки стрічкового фундаменту. (2021, 28 липня). КУБ БЕТОН – Бетон та бетонні вироби м. Коломия. <https://cubconcretokolomyia.com.ua/perevahy-ta-nedoliky-strichkovoho-fundamentu/>

17. Пестушко В., Уварова Г., & Довгань А. (2021). Географія. Підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти. (2-ге вид.). Генеза. <https://pidruchnyk.com.ua/822-geografiya-8-klas-pestushko-2016.html>
18. Підземні води України. (б. д.). <https://geology.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/09/OZPV-Tema-2.doc>
19. Погода в Києві. Клімат Києва. Прогноз погоди для Києва. Середньорічна температура в Києві. (2019). Kievtown.net - інформаційний портал для гостей Києва. <https://kievtown.net/ukr/other/whether.html>
20. Ромась О.М. (2021). Технічний звіт "Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціального і громадського призначення та підземним паркінгом в межах вулиць Фрунзе, Нижньоюрківської та пров. Мильного у Подільському районі м. Києва". ТОВ "Центр інженерних вишукувань". (Оригінал опубліковано 2021 р.)
21. Сиротенко А.Й, & Чернов Б.О. (2000). План характеристики своєї області. Характеристика Київської області. Онлайн-бібліотека освітньої та наукової літератури. https://eduknigi.com/geo_view.php?id=602
22. Скільки коштує побудувати будинок в Україні 2023. (2023, 9 січня). Новий Дім. <https://noviydom.com.ua/uk/skilky-koshtuye-pobuduvaty-budynok>
23. Стрічковий фундамент. (2023). SANPOL. <https://sanpol.ua/ua/library/o-promyshlennom-stroitelstve/lentochnyy-fundament/>
24. Технологія будівництва пальового фундаменту. (б. д.). Корисні поради для кожного. <http://poradu24.com/remontu/texnologiya-budivnictva-palovogo-fundamentu.html>
25. Труш С.О. (2023). Вплив геоморфологічних чинників на інженерно-геологічні умови ділянки будівництва. XIII Всеукраїнська молодіжна наукова конференція-школа, 56–58. <http://www.geol.univ.kiev.ua/ua/conf/>

- 26.Шутенко Л. М., Рудь О. Г., Кічаєва О. В., Самородов О. В., & Гаврилюк О. В. (2017). Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. <https://core.ac.uk/download/pdf/83143677.pdf>
- 27.Які водоносні горизонти Київської області? - Блог компанії Aquatoria. (2017, 19 червня). Акваторія. <https://aquatoria.kiev.ua/uk/bloh/burinnia-sverdlovyh/1289-yaki-vodonosni-horyzonty-kyivskoi-oblasti>
- 28.Dal'matov B.I. (1988). Mekhanika gruntov, osnovaniya i fundamenty (2-ге вид.). Stroyizdat, Leningradskoye otdeleniye. (Оригінал опубліковано 1988 р.)
- 29.Google Maps. (б. д.). Google. <https://www.google.com/maps>
- 30.M-36-XIII (kiyev). Geologicheskaya karta. Dneprovsko-donetskaya seriya. Mashtab 1:200000. (1960). Geologicheskaya Biblioteka GeoKniga. <https://www.geokniga.org/maps/14786>
- 31.Stati ob Ukraine. Geologicheskoye stroyeniye Ukrainy. (б. д.). FOTO UKRAINY – fotografii dostoprimechatelnostey Ukrainy. <https://www.photoukraine.com/russian/articles?id=3>