

УДК 624.012.035

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗВОЛОЖЕННЯ ОСНОВИ ФУНДАМЕНТУ НА
ТЕХНІЧНИЙ СТАН БУДІВЛІ****В. Ю. Люшин**

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 4 курс,
спеціальність «Будівництво та цивільна інженерія»
навчально-науковий інститут будівництва, архітектури та дизайну
Науковий керівник – к.т.н., старший викладач А. П. Павлюк

*Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне, Україна*

Впродовж терміну експлуатації фізико-механічні властивості ґрунтів піддаються певним змінам. Інтенсивність та величини змін залежать від багатьох факторів, серед яких всі дослідники виділяють зволоження ґрунту основи (або зміну рівня ґрунтових вод). Враховуючи, що система «основа – фундамент – споруда» працює разом, деформації основ фундаментів несуть прямий вплив на стан конструктивних елементів будівель і споруд. У роботі представлені результати досліджень впливу чинників різного походження та інтенсивності на зволоження ґрунту основи та технічний стан будівлі в цілому.

Ключові слова: основа фундаменту, фундамент, осідання, зволоження ґрунту, технічний стан.

During the period of operation, the physical and mechanical properties of soils undergo certain changes. The rate and magnitude of these changes depend on numerous factors, among which all researchers highlight the moisture content of the foundation soil (or fluctuations in the groundwater level). Considering that the “subgrade – foundation – structure” system functions as a single unit, deformations of the foundation soils have a direct impact on the condition of the structural elements of buildings and structures. This paper presents the results of studies on the influence of various factors of different origins and intensities on the moisture content of foundation soils and on the overall technical condition of the building.

Keywords: foundation base, foundation, settlement, soil moisture, technical condition.

Фундамент – конструктивна частина будівлі, технічний стан якої має прямий вплив на розташовані вище елементи та будівельні конструкції. Виникнення дефектів та пошкоджень конструктивних елементів будівель і споруд мають причинно-наслідковий зв'язок, який досить часто прослідковується починаючи від ґрунту основи та фундаментів до покрівлі будівлі.

Осідання та просідання фундаментів є досить поширеним дефектом будівель і споруд, які знаходять в процесі експлуатації. Дуже часто осідання можуть не проявлятися довгий період часу, оскільки відсутні негативні чинники для їх виникнення. Водночас практика обстеження будівель і споруд свідчить, що на перший погляд незначні впливи на ґрунти основи можуть призводити до суттєвих негативних наслідків, які проявляються у погіршенні технічного стану будівельних конструкцій (наприклад, у переході зі стану «задовільний» у стан «непридатний до нормальної експлуатації»). Серед найбільш поширених факторів

впливу, що призводять до негативних наслідків є зволоження ґрунтів основи різного походження.

Як відомо, розрахунки фундаментів проводяться в системі «основа – фундамент – споруда», тому коректна оцінка технічного стану будівлі неможлива без комплексного аналізу всіх її складових елементів, починаючи із ґрунтів основи і закінчуючи факторами, які потенційно можуть впливати на неї.

Впродовж експлуатації будівель і споруд під час дії тривалих навантажень на ґрунти основи виникають процеси ущільнення. В поєднанні із такими факторами, як інтенсивність навантаження, динамічні впливи, техногенні впливи, пошкодження інженерних мереж, гідрогеологічні умови можуть виникати і більш складні явища, які призводять до зміни міцнісних характеристик ґрунту. В свою чергу зміна міцнісних характеристик ґрунту основи може призвести до виникнення додаткових деформацій осідання чи просідання. Відповідно до вимог [5] розрахунки фундаментів проводяться в системі «основа – фундамент – споруда», тому наведені вище факти щодо можливої зміни міцнісних характеристик ґрунту основи мають безпосередній вплив на елементи будівель і споруд, які розташовані вище фундаменту. Найчастіше даний вплив проявляється у вигляді виникнення тріщин, що в свою чергу впливає на технічний стан будівлі в цілому.

Дослідженням процесів, що відбуваються в ґрунтах основ будівель і споруд впродовж їх експлуатації займався П. А. Коновалов, який виділяв наступні зміни в основах споруд [20]:

- природного напруженого стану ґрунту під впливом додаткових (до природного) навантажень від споруди;
- природної будови ґрунтів;
- природного теплового режиму й умов аерації (затемнення будівель, наявність покриттів та т. п.);
- гідрогеологічного режиму ділянки (прокладання комунікацій, втрати води з водопровідних мереж).

У процесі експлуатації будівель і споруд основи фундаментів зазнають змін своїх фізико-механічних характеристик, зокрема зменшується коефіцієнт пористості, внаслідок чого зміцнюється ґрунт основи та збільшується модуль деформації [20].

Є. А. Сорочан вважає, що зменшення коефіцієнта пористості піщаних ґрунтів за терміну експлуатації основ ~ 100 років і більше відбувається в межах 16–22%, кут внутрішнього тертя може збільшуватися на 11%, а питоме зчеплення у 10 разів [20].

Що стосується глинистих ґрунтів, то за даними П. А. Коновалова, їхнє питоме зчеплення (c) може зрости до 50% та більше залежно від консистенції ґрунту і чинного тиску по підшві фундаментів. Деякі експериментальні дані свідчать про незначне збільшення кута внутрішнього тертя глинистих ґрунтів (φ) – на $1 - 2^\circ$ (Б. І. Далматов., Я. Д. Гільман, М. А. Малишев, В. М. Улицький) [20].

Виникнення осідань фундаментів під час експлуатації автори [1] виділяють чимало чинників, як-от:

- ущільнення ґрунтів після початку експлуатації будівлі або споруди, які зумовлені незакінченою консолідацією та деформаціями повзучості, поступовим збільшенням корисного навантаження до проектної величини;
- зміни положення рівня ґрунтових вод (при зниженні рівня ґрунтових вод може відбуватись додаткове ущільнення слабких глинистих ґрунтів через усунення звужуючої дії води, тоді як при збільшенні рівня основа додатково зволожується, внаслідок чого раніше не зволожені ґрунти основи можуть втрачати свої міцнісні характеристики та ущільнитись);
- послаблення ґрунтів основи підземними та котлованними виробками;
- динамічні впливи на ґрунт основи;
- активність геодинамічних процесів (карсти, зсуви, землетруси).

Кузло М. Т. виділяє наступні види вертикальних деформацій споруд, що були спричинені різними процесами, які протікають в ґрунтах основи [14; 15]:

- осідання, що пов'язані з ущільненням ґрунту під спорудою;
- просідання, що спричиняються не тільки ущільненням, але і корінною зміною структури ґрунтів як під дією зовнішнього навантаження, так і від додаткових чинників, наприклад, замочуванням водою;
- осідання в результаті деформацій земної поверхні, що викликані розробкою корисних копалин або зміною гідрологічних умов;
- підняття, що виникає при набуханні ґрунтів основи при зволоженні або утворенні в них крижаних прошарків при зимовому вологонакопиченні.

Провівши аналіз роботи ґрунтів основи впродовж експлуатації будівель і споруд [2; 3; 4; 9; 10; 11; 16; 18], можна зробити висновки, що фізико-механічні властивості ґрунтів піддаються певним змінам. Інтенсивність та величини змін залежать від багатьох факторів, серед яких усі дослідники виділяють зволоження (або зміну рівня ґрунтових вод). Враховуючи, що система «основа – фундамент – споруда» працює разом, деформації основ фундаментів мають прямий вплив на стан конструктивних елементів будівель і споруд.

Мета дослідження – встановити вплив зволоження ґрунтів основи на технічний стан будівлі.

Задачі дослідження:

- аналіз факторів, які впливають на осідання основ фундаментів;
- характеристика об'єкта дослідження та джерел зволоження ґрунту основи;
- дослідження впливу зволоження ґрунту основи різного походження на технічний стан будівельних конструкцій та будівлі в цілому.

Практика дослідження та обстеження основ і фундаментів говорить про те, що найпоширенішими чинниками, які призводять до зволоження ґрунту основи, є: зміна рівня ґрунтових вод; пошкодження інженерних мереж; відсутність або пошкодження вимощення навколо будівлі, розвиток рослинності на вимощенні, що призводить до порушення суцільності його покриття; некоректне вертикальне планування території.

Пошкодження інженерних мереж залежно від їх функціонального призначення також може мати різний вплив, оскільки залежить від типу продуктів потрапляння в ґрунт (вода, продукти каналізації тощо) внаслідок пошкодження трубопроводів.

Дослідження впливу зволоження основ фундаментів на технічний стан будівлі виконувався на прикладі будівлі одного з корпусів лікарні в м. Винники Львівської області.

Конструктивна схема будівлі – безкаркасна (стінова). Несучі, самонесучі, внутрішні стіни та перегородки виконані з цегли. Стіни підвалу – із збірних залізобетонних фундаментних блоків та частково з цегли. Фундаменти будівлі – стрічкові неглибокого закладання.

У підвалі будівлі можна виділити три джерела (місця) зволоження ґрунтів, які мають різне походження (див. рис. 1):

- 1) зволоження ґрунтів основи через пошкодження та часткову відсутність вимощення;
- 2) зволоження ґрунтів основи через протікання каналізаційної мережі;
- 3) зволоження ґрунтів основи від мережі внутрішнього водовідведення.

Дані інженерно-геологічних досліджень вказують, що основою фундаментів будівлі служить супісок пластичний, пілуватий. В результаті зволоження ґрунтів основи в будівлі виникли дефекти та пошкодження, ключовими серед яких є тріщини в несучих та самонесучих стінах. Схему розташування тріщин наведено на рис. 2.

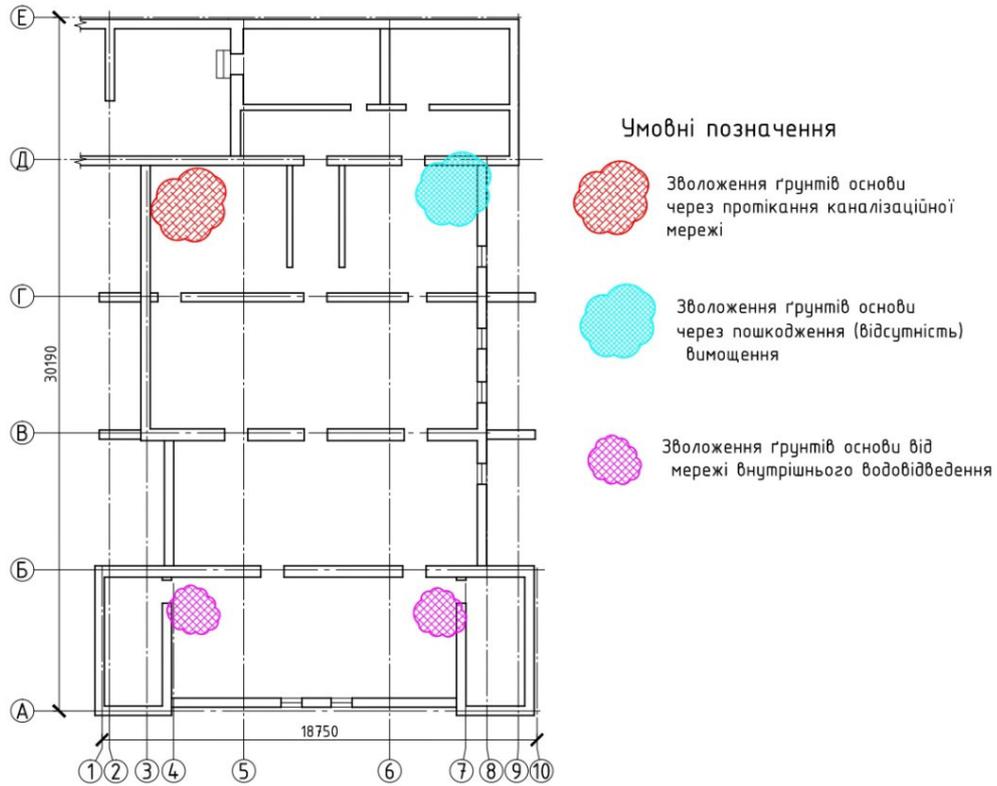


Рис. 1. Схема розташування джерел зволоження ґрунтів основи

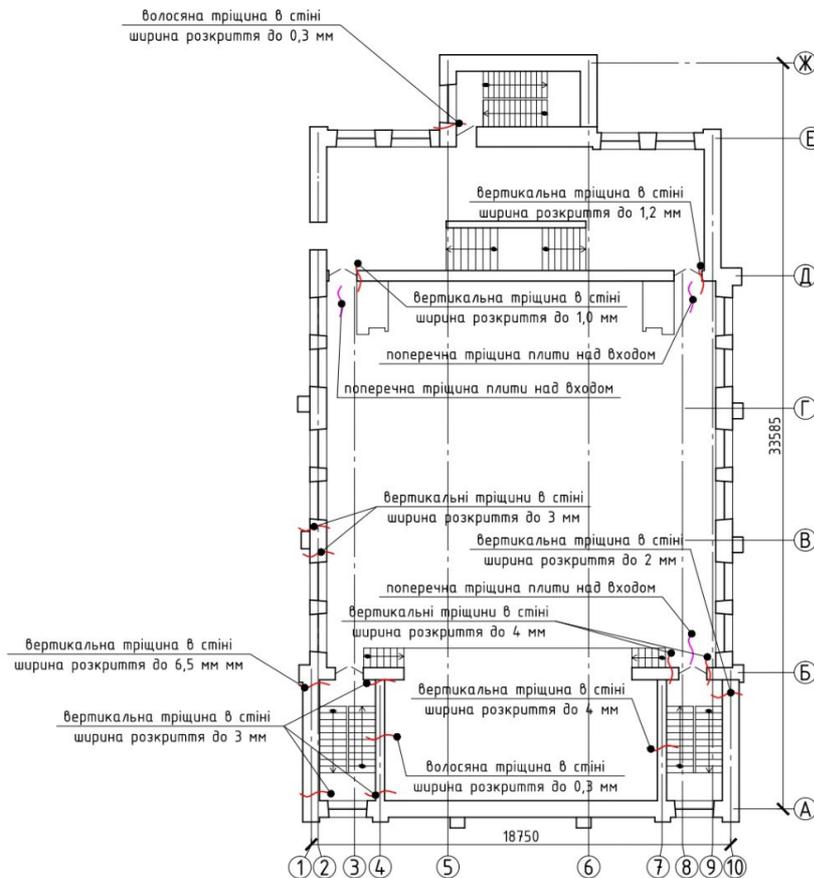


Рис. 2. Схема розташування тріщин

Враховуючи місця розташування джерел зволоження ґрунту основи, характер розвитку тріщин стін та їх величин розкриття, можна виділити декілька груп тріщин залежно від їх походження:

- тріщини від локального зволоження ґрунту основи через протікання каналізаційної мережі;
- тріщини від локального зволоження ґрунту через пошкодження вимощення;
- тріщини від локального зволоження ґрунту від мережі водостічної системи з покрівлі;
- тріщини через нерівномірне осідання фундаментів по краях будівлі.

Найбільша інтенсивність тріщин була зафіксована на зовнішніх стінах вздовж осей «1» та «10», для яких на рис. 3, 4 наведено схеми причин виникнення тріщин.

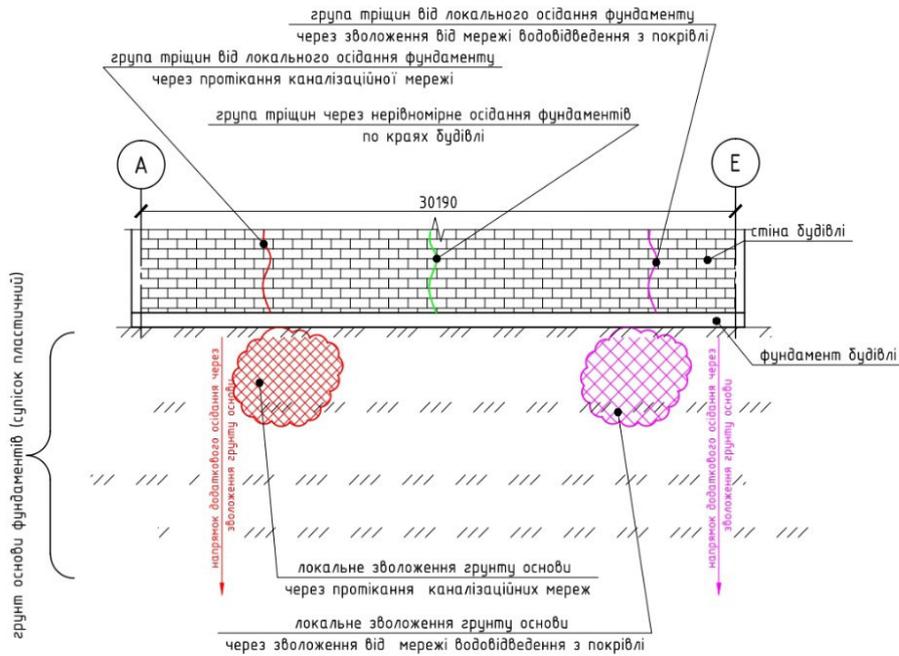


Рис. 3. Схема виникнення тріщин на стіні вздовж осі «1»

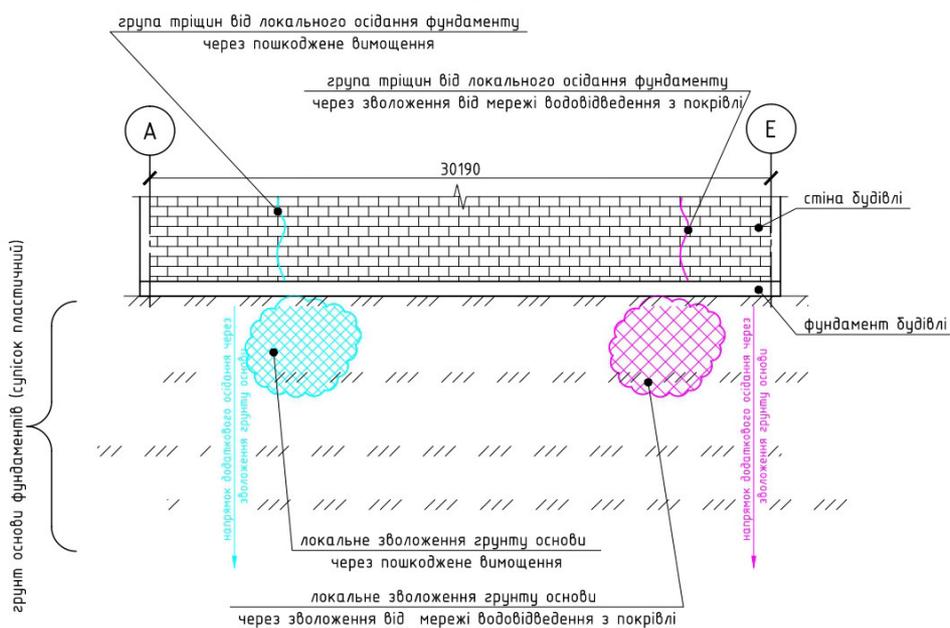


Рис. 4. Схема виникнення тріщин на стіні вздовж осі «10»

Ширина розкриття тріщин на стіні вздовж осі «1» вказує на те, що величини осідань фундаментів від протікання мережі каналізації мають більший вплив, в порівнянні із зволоженням ґрунту від пошкодженого вимощення. Це імовірно пов'язано із агресивністю середовища продуктів каналізаційної мережі та кількістю зволоження. Більше того, у зв'язку із розташуванням джерел зволоження основи по краях будівлі, і, відповідно їх додаткового осідання, в середній частині стіни вздовж осі «1» виникла додаткова група тріщин.

На несучій стіні вздовж осі «1» зафіксовані тріщини із максимальними шириною розкриття до 6,5 мм, що відповідно до [8] вказує на аварійний стан стіни. Враховуючи, що цегляні несучі стіни відповідно до таблиці 3 та [8] належать до категорії відповідальності будівельних конструкцій А, то і технічний стан всієї будівлі можна ідентифікувати як аварійний.

На несучій стіні вздовж осі «10» зафіксовано тріщини із максимальними шириною розкриття до 2 мм, що відповідно до [8] вказує на зниження несучої здатності цегляної кладки в два рази (коефіцієнт зниження несучої здатності згідно табл. В.3.2 [8] становить 0,5).

Враховуючи проведені дослідження можна зробити наступні висновки:

- зволоження ґрунтів основи має вплив на конструктивні елементи будівель і споруд, розташовані вище фундаменту. Обсяги такого впливу залежать від виду та інтенсивності зволоження ґрунту основи;

- найбільш поширеними факторами, які впливають на зволоження ґрунтів основи фундаментів є пошкодження (або відсутність) вимощення, некоректне вертикальне планування території навколо будівлі та протікання інженерних мереж;

- зволоження ґрунту основи призводить до виникнення додаткового осідання, яке призводить до виникнення тріщин в цегляних стінах будівель;

- зволоження ґрунтів основи продуктами каналізаційної мережі мають більший вплив на будівельні конструкції та їх технічний стан, порівняно із зволоженням від пошкодження або відсутності вимощення. Продукти каналізаційної мережі здійснюють агресивний вплив на будівельні матеріали, з якими контактують;

- вплив продуктів каналізаційної мережі на конструкції та ґрунти основи поділяється на декілька етапів:

- перший етап – акумуляція та просочення продуктів каналізаційної мережі будівельних матеріалів;

- другий етап – пошкодження вимиванням, хімічною корозією будівельних матеріалів;

- третій етап – руйнування підлоги, зволоження ґрунтів основи, вимивання підготовки під підлогою та фундаментами;

- зволоження ґрунту основи від пошкодження або відсутності вимощення носить здебільшого сезонний характер і має найбільший вплив на конструктивні елементи будівлі в осінньо-зимовий та зимово-весняні періоди;

- зволоження ґрунту основи від пошкодження інженерних мереж не має закономірності щодо збільшення або зменшення інтенсивності впливу на технічний стан фундаментів та конструкцій будівлі в цілому. Цей тип зволоження основ за відсутності ремонту мереж несе постійний вплив на ґрунти основи та їх фізико-механічні характеристики;

- інженерні мережі потребують постійного обслуговування та ремонту, оскільки їх руйнування може призвести до зволоження ґрунту основи та переходу несучих конструкцій будівлі у аварійний стан;

- систематичне протікання інженерних мереж без відсутності їх ремонту довгий період часу призводить до зменшення несучої здатності цегляної кладки в два рази та переходу ділянок несучих конструкцій стін будівлі під джерелами зволоження ґрунту основи в аварійний стан;

- зволоження ґрунту основи різного походження призводить до виникнення тріщин несучих стін шириною розкриття до 6,5 мм та аварійного стану будівлі в цілому.

1. Бабич Є. М., Крусь Ю. О. *Механіка ґрунтів, основи та фундаменти* : підручник. Рівне : РДТУ, 2001. 367 с.
2. Винников Ю. Л., Косточка Н. А., Мірошніченко І. В. *Визначення осідання основи будівель за показником стискання ґрунту. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. Дніпро : ДНУЗТ ім. акад. Лазаряна, 2015. Вип. 8. С. 4–13.
3. Винников Ю. Л. *Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі* : монографія. Вид. друге, перероб. і допов. Полтава : Пол-тНТУ імені Юрія Кондратюка, 2016. 280 с.
4. Винников Ю. Л., Косточка Н. А. *Підвищення достовірності показників стисливості основи за даними комп-ресійних випробувань ґрунтів. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. пр. Рівне : НУВГП, 2013. Вип. 27. С. 407–414.
5. ДБН В.2.1-10:2018. *Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення*. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 42 с.
6. ДБН А.2.1-1-2008. *Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва*. К. : Мінрегіонбуд України, 2008. 75 с.
7. ДБН В.1.2-14:2018. *Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд*. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
8. ДСТУ 9273:2024. *Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість*. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2024. 78 с.
9. Дутчин М., Грицюк Т., Ничвид М. *Дослідження точності визначення осідань фундаментів інженерних споруд на стадії ущільнення ґрунтів. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва* : зб. наук. праць. Львів : НУ «ЛП», 2014. С. 55–58.
10. Дутчин М., Грицюк Т., Біла І. *До розрахунку точності визначення осідань фундаментів інженерних споруд в процесі ущільнення ґрунтів. Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS-технології*. Алушта, 2013. С. 241–243.
11. Дутчин М., Мельниченко Г. *Дослідження деформаційних характеристик фундаментів газоперекачувальних агрегатів компресорних станцій з використанням методів механіки ґрунтів. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва* : зб. наук. праць. Львів : НУ «ЛП» 2012. С. 86–88.
12. Зоценко М. Л., Коваленко В. І., Хілобок В. Г., Яковлев А. В. *Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти*. Київ : Вища школа, 1992.
13. Крусь Ю. О. *Основи та фундаменти. Практикум* : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2019. 247 с.
14. Кузло М. Т. *Інженерно-геологічні вишукування, ґрунтознавство та механіка ґрунтів* : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2024. 264 с.
15. Кузло М. Т. *Інженерне ґрунтознавство та механіка ґрунтів* : навч. посіб. Рівне : НУВГП. 2011. 252 с.
16. Михайловський Д. В., Склярєва Т. С. *Вплив нерівномірних осідань декількох фундаментів арок на напружено-деформований стан всієї будівлі. Будівельні конструкції. Теорія і практика* : зб. наук. праць. 2022. К. : КНУБА, 2022. С. 56–65.
17. Парфентьева І. О., Верешко О. В., Гусачук Д. А. *Основи та фундаменти* : навч. посіб. для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Луцьк : ЛНТУ, 2017. 296 с.
18. Самородов О. В., Табачников С. В., Єсакова С. В., Кротов С. В. *Натурні дослідження осідань плитних фундаментів двосекційної багатоповерхової будівлі на слабких водо насичених ґрунтах. Український журнал будівництва та архітектури*. Дніпро : УДУНТ, 2024. № 3(015). С. 94–101.
19. Цихановський В. К., Прусов Д. Е. *Проектування основ та фундаментів* : навч. посіб. К. : «НАУ-друк», 2009. 120 с.
20. Шутенко Л. М., Рудь О. Г., Кічаєва О. В. *Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник*. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. 563 с.
21. Швець В. Б., Боцко І. П., Винников Ю. Л. *Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти* : підручник. Дніпропетровськ : Пороги, 2014. 231 с.