



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2024-4>

УДК 69.059.2:624.159.2



БАЙДА Д.М.

Канд. техн. наук, доцент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна, e-mail: denisbayda@gmail.com, тел.: +38 (097) 041-38-12, ORCID: 0009-0004-0004-377X



МАЄВСЬКА І.В.

Канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com, тел.: +38 (096) 543-09-12, ORCID: 0000-0001-5999-6824



ПОПОВ В.О.

Канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, e-mail: v.a.popov.vntu@gmail.com, тел.: +38 (093) 757-22-69, ORCID: 0000-0003-2379-7764



БАШИНСЬКИЙ С.І.

Канд. техн. наук, завідувач кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна, e-mail: kgt.bsi@ztu.edu.ua, тел.: +38 (096) 758-75-18, ORCID: 0000-0002-2945-7683

ПРИЧИНИ НЕРІВНОМІРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ БУДІВЛІ ШКОЛИ, ЯКА ЗАЗНАЛА ПОШКОДЖЕНЬ ВНАСЛІДОК ПІДТОПЛЕННЯ

АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто вирішення науково-практичної задачі із визначення причин нерівномірних деформацій будівлі школи в умовах підтоплення. Ця будівля побудована в складних інженерно-геологічних умовах і під час повені зазнала пошкоджень у вигляді тріщин. Під час вирішення задачі були застосовані такі методи: візуальне обстеження, обміри конструкцій, інженерно-геологічні дослідження геологічної будови ділянки, дослідження фундаментів і ґрунтів в шурфах, перевірочні розрахунки фундаментів та основи будівлі. За результатами досліджень ґрунтів в свердловинах та шурфах була встановлена суттєва чутливість характеристик ґрунтів основи фундаментів будівлі під час замочування. Подальші розрахунки показали, що несуча здатність ґрунтів основи фундаментів забезпечена, але значення осідання між фундаментами відрізняються в 2,6...3,4 рази. Різні осідання фундаментів призведе-

ли до розвитку тріщин в цегляних стінах будівлі шириною розкриття 10...45 мм. Аналіз отриманих даних дозволив встановити такі причини нерівномірних деформацій фундаментів будівлі: 1) геотехнічну, яка полягає у суттєвому погіршенні деформаційних характеристик слабких ґрунтів внаслідок підтоплення; 2) конструктивну, яка обумовлена помилковим конструктивним рішенням підземної частини будівлі. У цьому рішенні було прийнято відокремлене розташування огорожуючих стін підвалу від основних несучих стін будівлі та збільшені розміри фундаментів стін підвалу із розрахунку на зсув. Це призвело до нерівномірного навантаження фундаментів середніх та крайніх стін з різницею тиску в 2...2,5 рази.

На підставі аналізу властивостей ґрунтів основи фундаментів було встановлено, що на момент обстеження більша частина їх потенційно можливих деформацій вже вичерпана. Це дозволило



відмовитися від заходів з підсилення фундаментів і обмежитися тільки необхідними ремонтними роботами із усунення виявлених пошкоджень конструкцій будівлі. Аналіз чинних нормативних документів в сфері проектування фундаментів в складних ґрунтових умовах дозволив виявити невідповідності та проблемні питання положень чинних норм, які для покращення практики проектування потребують подальшого вирішення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Нерівномірні деформації, складні ґрунтові умови, підтоплення ґрунтів основи, обстеження фундаментів, технічний стан.

CAUSES OF DIFFERENTIAL SETTLEMENT OF THE DAMAGED SCHOOL BUILDING AS A RESULT OF SOIL FLOODING

ABSTRACT

The article deals with the scientific and practical problem of determining the causes of differential settlement of school building that were flooded. This building was built in difficult soil conditions and suffered damage in the form of cracks during the flood. To solve the problem, the following methods were used: visual inspection, measurements of structures, engineering geology studies of the geological structure of the site, studies of foundations and soils in test pits, verification calculations of the building foundations. Soils investigation in boreholes and test pits allowed to establish a significant deterioration of the soil parameters during flooding. The results of the calculations showed that the bearing capacity of the underlying soils of the foundations is ensured, but the settlement values between the foundations differ by 2,6...3,4 times. The different settlements of the foundations led to the formation of cracks in the brick walls of the building with a width of 10...45 mm. The detailed analysis of the obtained data makes it possible to establish the following causes of differential settlements of building foundations: geotechnical, which consists in a significant deterioration of soil deformation parameters due to flooding; 2) structural, which is caused by an incorrect structural solution of the underground part of the building. In this decision, a separate location of the enclosing walls of the basement from the main load-bearing walls of the building was adopted and the dimensions of the foundations of the basement walls were increased based on the results of the stability calculation. This led to uneven loading of the foundations of the middle and outer walls with a pressure difference of 2...2,5 times.

The analysis of the obtained data made it possible to establish that the cause for the crack damages in the load-bearing walls of the school building is the differential settlement of the foundations. It was also established that at the time of the inspection, most of the potentially possible deformations of the base

had already been exhausted. This made it possible to exclude work on strengthening the foundations of the building from the repair work volume of the building damages. During the research, inconsistencies in regulatory documents and problematic issues that require further resolution to improve design practice were identified.

KEYWORDS: Differential settlement, difficult soil conditions, soil flooding, inspecting foundation, assessment, condition level.

ВСТУП

Однією із найбільш розповсюджених причин відмов будівель та споруд є нерівномірні деформації ґрунтів основи фундаментів, що зумовлюють виникнення недопустимих напружень в конструкціях надземної частини. Переважно такі відмови виникають, коли будівлі та споруди побудовані в складних інженерно-геологічних умовах. Найбільш розповсюджений та небезпечний механізм такої відмови реалізується через локальне замочування, що обумовлює виникнення додаткових деформацій або просідань ґрунтів. Також розповсюджений механізм відмови, коли внаслідок геотехнічних дій природного або техногенного характеру відбувається погіршення характеристик ґрунтів, що призводить до подальшого збільшення нерівномірних деформацій вище граничних значень. Запобігти проявам небезпечних геологічних процесів протягом експлуатації будівель та споруд майже не можливо. Тому під час проектування будівель та споруд необхідно усунути можливість виникнення нерівномірних деформацій або знизити їх до допустимих значень.

У зв'язку з техногенним впливом діяльності людини, проблемою зміни клімату інженерно-геологічні умови існуючих будівель та споруд змінюються, як правило, в сторону їх погіршення. Ці зміни виходять за межі їх початкових проектних вимог. Таким чином, окрім задачі правильного проектування виникає потреба у прийнятті заходів із мінімізації негативного впливу процесів погіршення інженерно-геологічних умов на існуючі будівлі та споруди.

Для удосконалення нормативних вимог, покращення практики проектування та виконання заходів із підтримування нормального технічного стану існуючих будівель та споруд важливе значення має вивчення позитивного та негативного досвіду будівництва в складних інженерно-геологічних умовах.

В цій статті на прикладі обстеження будівлі школи в с. Велика Кісниця Ямпільського району Вінницької області [1, 2] розглянуті причини розвитку нерівномірних деформацій в одному із блоків школи та зроблені висновки відносно запобігання таких ситуацій на практиці.



АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Складні ґрунтові умови, які характеризуються розповсюдженням просідаючих та слабких нестійких ґрунтів, розповсюджені майже по всій території України. Наприклад, просідаючі ґрунти залягають на площі близько 70 % території країни. Окрім цього, на більшій частині території України розповсюджені складні ґрунтові умови, які обумовлені потенційними проявами небезпечних геологічних процесів (карстами, зсувами, підтопленням, затопленням, землетрусами тощо) [3].

Однією із складних проблем для України є проблема підтоплення та затоплення територій через весняні повені. Так, за даними Державного агентства водних ресурсів України на 2017 рік [4] негативні наслідки від повеней і паводків проявляються на 27 % території України (165 тис. км²), де проживає майже третина населення країни. Ця проблема також є гострою для сусідніх країн та загалом Європейського Союзу. З метою зниження ризиків для населення та ведення господарської діяльності Європейським парламентом була прийнята відповідна Директива № 2007/60/ЄС [5], яка поступово імплементується в Україні.

Окреслені проблеми обумовлюють необхідність проведення подальших досліджень небезпечних геологічних процесів в Україні і необхідність виконання системного удосконалення нормативної бази в сфері проектування та будівництва будівель та споруд в складних інженерно-геологічних умовах, а також захисту територій від проявів небезпечних геологічних процесів [6]. Зокрема, для вирішення питань захисту територій, будівель та споруд від негативних дій процесів підтоплення та затоплення було розроблено та впроваджено нові нормативні акти і документи:

- ДБН В.1.1-25-2009 [7];
- ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016 [8].

Питанням проектування, будівництва та забезпечення технічного стану будівель і споруд при небезпечних геологічних процесах в Україні і за кордоном приділяється значна увага. Огляд напрямків досліджень, які виконуються в Україні, розглянуті в роботі [9]. Більшість публікацій у

вітчизняних та закордонних виданнях присвячено дослідженням нерівномірних деформацій існуючих будівель внаслідок будівництва в умовах щільної забудови, розповсюдження просідаючих ґрунтів та карстів.

Досліджень технічного стану будівель, які зазнали нерівномірних деформацій через підтоплення або затоплення під час паводків, недостатньо. В публікації [10] розглянутий випадок історичної будівлі, яка через затоплення зазнала нерівномірних деформацій. Понадграничні нерівномірні деформації сталися внаслідок помилок під час попередніх реконструкцій будівлі, а також неврахування небезпечних геологічних процесів підтоплення і затоплення.

Науково-практичне дослідження, результати якого наведені в даній статті, є узагальненням багаторічного інженерного досвіду науковців та фахівців Вінницького національного технічного університету, Державного університету «Житомирська політехніка» з вирішення питань оцінки технічного стану та відновлення експлуатованих конструкцій будівель. Окремі результати авторів з виконання досліджень технічного стану будівель, які побудовані в складних інженерно-геологічних умовах, представлені в публікаціях [11-13].

ІСТОРІЯ ПИТАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВІЗУАЛЬНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

Будівля загальноосвітньої школи I-III ступенів збудована в 1986 р., знаходиться в с. Велика Кісниця Ямпільського району Вінницької області і розташована в заплаві р. Марківка на її лівому березі в 70 м від русла. Абсолютна відмітка поверхні землі біля будівлі школи складає 49,9...50,0 м. В конструктивному відношенні школа є безкаркасною цегляною будівлею з поздовжніми несучими стінами (рис. 1, 2).

В процесі обстеження основні пошкодження були виявлені в стінах західного блоку (ліва частина будівлі школи на рис. 1, 2), що свідчить про те, що цей блок найбільше постраждав від нерівномірних деформацій основ. За свідченнями працівників школи, найбільших нерівномірних



Рисунок 1 – Загальний вигляд школи. Частина головного фасаду в осях «1-14» з центральним входом. Зліва розташований 2-поверховий західний блок школи



Схема школи

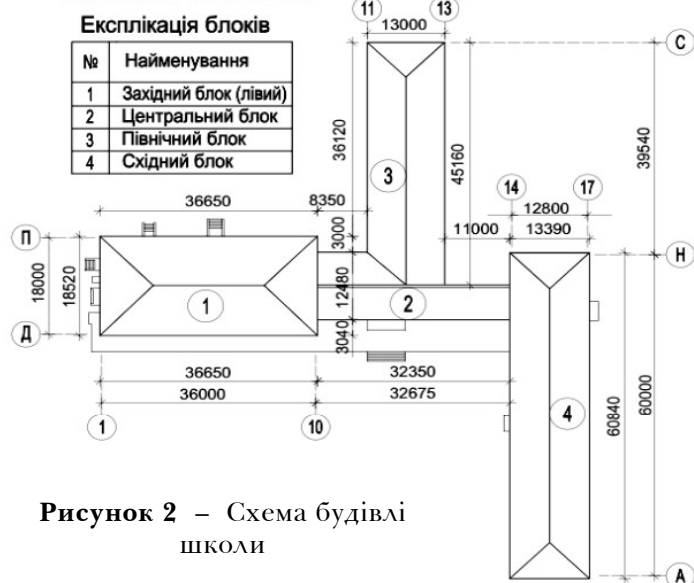


Рисунок 2 – Схема будівлі школи

деформацій цей блок зазнав через зміни гідрогеологічних умов ділянки в районі школи під час підтоплення внаслідок стихійної липневої повені 2008 року.

23-28 липня 2008 року сталося часткове затоплення с. Велика Кісниця водними потоками р. Дністер. Рівень поверхневих вод піднявся до абсолютної відмітки 49,8 м. В цей період через зміни гідрогеологічних умов ділянки в районі школи її будівля зазнала нерівномірних деформацій. Внаслідок цих деформацій в стінах будівлі виникли тріщини (рис. 3, 4), суттєво (до 5 см) просіли внутрішні перегородки з утворенням горизонтальних та вертикальних тріщин (рис. 5).

Внаслідок цих деформацій найбільших видимих пошкоджень зазнала зовнішня торцева стіна по осі «1», в якій під час огляду були виявлені по висоті тріщини шириною розкриття до 45 мм (рис. 3). В інших несучих стінах виявлені тріщини шириною розкриття до 10 мм. При цьому просідання перегородок виявлено в безпідвальних частинах будівлі школи (рис. 5).

За результатами візуального обстеження технічного стану основних несучих та огорожувальних конструкцій будівлі школи були зроблені такі висновки:

- частина зовнішньої стіни по осі «1» в осях «П-Д» через можливість обрушення ділянок стіни в місцях обпирання перемичок знаходиться в аварійному стані;
- приміщення першого поверху західного блоку в осях «Д-П/1-4» через наявність значних деформаційних тріщин в стінах та перегородках знаходяться у непридатному до нормальної експлуатації технічному стані;
- інші частини будівлі школи знаходяться у задовільному стані.

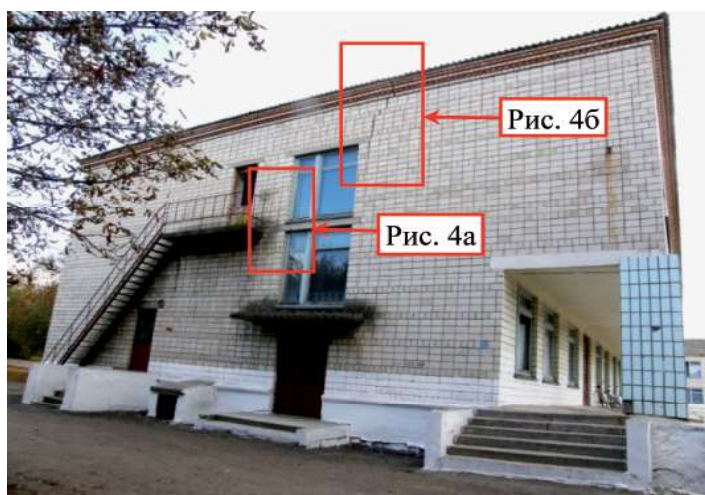


Рисунок 3 – Загальний вигляд торцевої стіни західного блоку по осі «1» (фасад в осях «П-Д»)



Рисунок 4 – Тріщини в зовнішній стіні західного блоку по осі «1» (фрагменти фасаду в осях «П-Д», які виділені на рис. 3)



Рисунок 5 – Характерний вигляд тріщин в перегородках безпідвальних приміщень західного блоку через просідання ґрунтів основи



Характер виявлених пошкоджень в стінах у вигляді вертикальних тріщин на всю висоту будівлі свідчить, що їх причиною є нерівномірні деформації основи фундаментів школи. В різних частинах школи, виходячи з ширини розкриття цих тріщин, ступінь розвитку нерівномірних деформацій основ фундаментів є різним.

Для запобігання можливій аварійній ситуації за результатами візуального обстеження був встановлений геодезичний контроль за деформаціями фундаментів та нагляд за динамікою тріщин по встановлених на стінах та перегородках маяках.

ДЕТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ҐРУНТІВ ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТІВ

З метою з'ясування причин нерівномірних деформацій і розробки першочергових протиаварійних заходів було виконане детальне інструментальне обстеження, яке включало:

- детальні обміри із складанням креслень західного блоку школи (рис. 6 ÷ 8);
- інженерно-геологічні дослідження геологічної будови ділянки в межах західного блоку школи з визначенням фізико-механічних характеристик ґрунтів;
- відкопування шурфів з метою безпосереднього обстеження стану фундаментів та ґрунтів під ними;

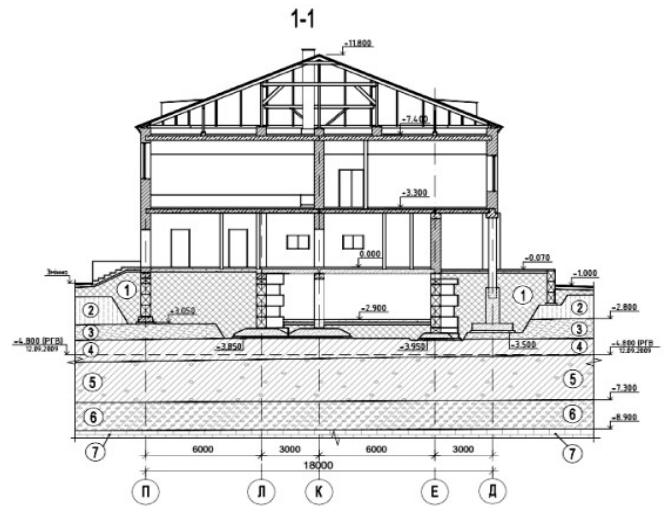


Рисунок 7 – Розріз 1-1 західного блоку школи (див. разом з рис. 6)

- перевірочні розрахунки основ та фундаментів західного блоку школи.

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ДІЛЯНКИ

В ході вишукувань згідно з завданням були пробурені 3 розвідувальні свердловини глибиною по 7,7 ÷ 8,0 м за межами будівлі (рис. 6, 7).

Під час буріння були відібрані ґрунти для лабораторних досліджень. За результатами досліджень було встановлено (див. рис. 7):

- з поверхні ділянки до глибини 0,5-1,2 м залягають різноманітні насипні ґрунти (ІґЕ-1 на рис. 7);
 - далі до глибини 6,0-6,5 м приймають участь відклади еолово-делювіального, алювіального, озерно-алювіального генезису, котрі представлені заплавними відкладеннями – туго-м'якопластичними суглинками з домішками галечники (ІґЕ-2-5 на рис. 7). Заплавні відкладення ІґЕ 2-5 є слабкими сильностисливи ми замуленими суглинками, що характеризуються нерівномірною щільністю, нерівномірним розподіленням гумусу, розущільненістю, анізотропністю, мінливістю фізико-механічних показників по товщі;
 - заплавні відкладення на глибині 6,0-6,5 м підстилаються галечниковим ґрунтом з суглинним заповнювачем, які на глибині 7,7-8,0 м переходять у скельний ґрунт – вапняк тріщинуватий, маломіцний (ІґЕ-6 та ІґЕ-7 на рис. 7);
 - глибина залягання ґрунтових вод 3,8-4,0 м. Сезонні коливання рівня ґрунтових вод можуть сягати $\pm 1,0$ м.
- На досліджуваній ділянці місцевості присутні несприятливі фізико-геологічні

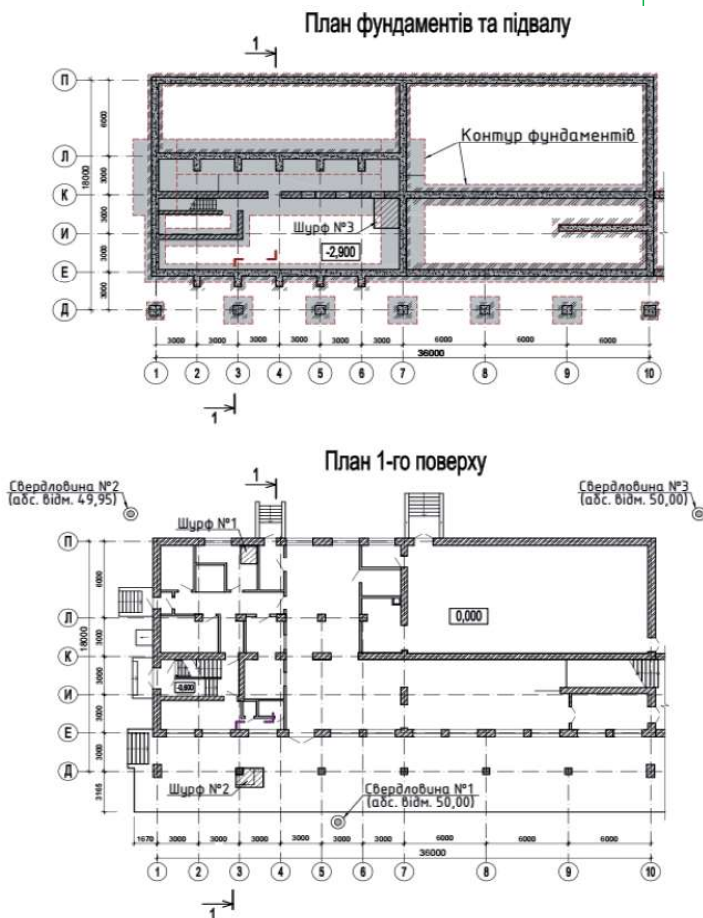


Рисунок 6 – Плани західного блоку школи



процеси і явища:

- наявність в верхній частині товщі просідаючих ґрунтів І типу (ІГЕ-2 на рис. 7). Як видно з рис. 7, просідаючі ґрунти залягають вище підшви фундаментів;
- територія піддається підтопленню та затопленню.

ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ В ШУРФАХ

Було виконано 3 шурфа, розташування яких показано на рис. 6, 7. У шурфах досліджували ґрунт ІГЕ-4 з-під підшви фундаментів по осі «К» і ґрунт зворотної засипки під плитами покриття тераси по осі «Д» – суглинок чорний гумусований. Моноліти ІГЕ-4 відбирали нижче підшви фундаментів. Характеристики міцності ґрунтів визначали у двох станах: у стані повного водонасичення і у стані природної вологості. Це дозволило встановити чутливість характеристик міцності ґрунтів до замочування.

Вибіркові результати лабораторних досліджень властивостей ґрунтів у свердловинах (за межами будівлі) і дослідних шурфах наведені у табл. 1. Аналіз цих результатів показує, що:

- механічні характеристики ґрунтів майданчику погіршуються під час замочання;
- ґрунт ІГЕ-4 під підшвою фундаментів має меншу вологість, більшу щільність і кращі механічні характеристики, ніж за межами будівлі (див. табл. 1), що є наслідком його ущільнення під навантаженням;
- ґрунт зворотної засипки під плитами покриття тераси залишається недоущільненим ($g_d = 13,3 \text{ кН/м}^3$) і має потенційну можливість

додаткових деформацій. Через це під час затоплення деформації ґрунту зворотної засипки призвели до просідання перегоронок першого поверху в осях «Л-П/1-7» і «Д-Е/3-4» (див. рис. 6, 7).

ПЕРЕВІРОЧНІ РОЗРАХУНКИ ОСНОВ ТА ФУНДАМЕНТІВ

Перевірочні розрахунки основ і фундаментів виконували відповідно до [14, 15] на експлуатаційні сполучення навантажень з врахуванням погіршених характеристик ґрунтів у випадку їх замочання. Розрахунки показали, що тиск по підшві фундаментів основних несучих стін західного блоку не перевищує розрахункового опору ґрунтів основи (табл. 2). Для більшості фундаментів умова міцності ґрунту виконується навіть без урахування тривалої експлуатації будівлі, яка призводить до ущільнення ґрунтів під фундаментами і збільшення розрахункового опору. Виключення складають фундаменти під зовнішньою стіною по осі «П» та стіною по осі «Е» в осях «3-7» (див. рис. 6, 7), де умова міцності після погіршення властивостей ґрунтів внаслідок замочування виконується тільки з урахуванням тривалого обтиснення. З даних підсумкової табл. 2 видно, що фундаменти середніх стін в підвальной частині будівлі суттєво недовантажені, що говорить про суттєве завищення їх площі.

Нерівномірне завантаження ґрунтів основи призвело і до значної нерівномірності максимальних значень осідань під різними фундаментами. Абсолютне значення максимальних осідань

не перевищує допустимого за нормами для безкаркасних будівель значення $S_{ис} = 8 \text{ см}$ (п. 5 табл. В.1 [15]), але відносна нерівномірність осідань між середніми і крайніми фундаментами західного блоку в підвальной частині перевищує допустиме значення, як видно з рис. 8, де показана еюра максимальних деформацій ґрунтів під фундаментами несучих стін.

Рис. 8 пояснює причини виникнення тріщин у поперечній стіні по осі «І». Суттєво більші осідання крайніх фундаментів у порівнянні з середніми призвели до вигину будівлі у поперечному напрямку з виникненням тріщин в верхній зоні.

Таблиця 1 – Властивості ґрунтів, зразки яких були відібрані із шурфів (для порівняння наведені характеристики цих ґрунтів за межами будівлі за даними свердловин)

№ ІГЕ	Найменування ґрунтів	Тип виробок для відбору зразків	Питома вага	Питома вага сухого ґрунту	Показник текучості	Питома зчеплення	Кут внутрішнього тертя	Модуль деформації
			γ , кН/м^3	γ_d , кН/м^3				
Зворотна засипка	Суглинок напівтвердий, гумусований, чорний	Шурфи	17,6	13,3	$\frac{0,19}{0,50}$	$\frac{25}{10}$	$\frac{17}{17}$	$\frac{6}{6}$
		Свердловини	17,0	–	–	–	–	–
4	Суглинок тугопластичний, темно-сірий	Шурфи	19,7	16,1	$\frac{0,25}{0,50}$	$\frac{35}{25}$	$\frac{13}{13}$	$\frac{19}{19}$
		Свердловини	17,4	13,5	$\frac{0,69}{0,95}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{5,0}{3,5}$

Примітка. В чарунках над ризкою наведені показники зразків у природному стані, під ризкою – у водонасиченому стані.



Таблиця 2 – Перевірка виконання розрахункових умов ДБН В.1.1-45:2017 для фундаментів основних несучих стін західного блоку

Фундамент	σ , кПа	σ_R , кПа	Перевірка умови $\sigma \leq \sigma_R$ (умова)	S , см	Перевірка умови $S \leq S_{us}$, ($S_{us} = 8$ см)
Стіна зовнішня по осі «П» (в осях 1-7»)	200,3	$\frac{148}{203,1}$	+	3,63	+
Стіна внутрішня по осі «Л» (в осях 1-7»)	86,7	134,5	+	1,65	+
Стіна внутрішня по осі «К» (в осях «1-3»)	78,8	136,1	+	1,36	+
Стіна внутрішня по осі «К» (в осях «3-7»)	88,6	136,1	+	1,98	+
Стіна внутрішня по осі «И» (в осях «1-3»)	107,9	122,9	+	2,04	+
Стіна внутрішня по осі «Е» (в осях «1-3»)	133,6	133,9	+	3,13	+
Стіна внутрішня по осі «Е» (в осях «3-7»)	153,0	$\frac{133,9}{187,0}$	+	3,58	+
Під колону по осі «Д»	178,3	168,0	+	4,68	+

Примітка. Умовні позначення до таблиці:

σ – розрахункове напруження під подошвою фундаментів;

σ_R – напруження, що відповідає розрахунковому опору основи R (в знаменнику наведене значення з врахуванням тривалого навантаження основи згідно з [16]);

S – розрахункове значення спільної деформації будівлі і основи (осідання);

$S_{us} = 8$ см – граничне значення деформації основи (осідання) відповідно до п. 5 табл. В.1 [15].

За результатами розрахунків ширина розкриття тріщин в верхній зоні стіни по осі «І» показує, що деформації основи близькі до своїх максимальних значень. Отже, якщо виникне додаткове підняття рівня підземних вод, які на момент обстеження знаходились на глибині 0,8...1,7 м від подошви фундаментів, і реалізуються додаткові нерівномірні деформації основи, це не призведе до виникнення аварійної ситуації. Для

запобігання виникнення нових тріщин у стінах при капітальному ремонті слід передбачити збільшення просторової жорсткості будівлі.

КОНСТРУКТИВНІ ПРИЧИНИ НЕРІВНОМІРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ

Західний блок характеризується складними архітектурними рішеннями з нерегулярним розташуванням вертикальних несучих конструкцій (див. рис. 6, 7). Поздовжні стіни підвалу вздовж осей «Л» і «Е» не співпадають з основними несучими стінами західного блоку вздовж осей «П», «К», «Д». Поперечні огорожувальні стіни є самонесучими. Можливо через складність архітектурних рішень та нерегулярність вертикальних конструкцій при проектуванні були прийняті нераціональні рішення із завищення площі фундаментів вздовж осей «К» і «Л». Зокрема можна припустити, що під час проектування було прийняте необгрунтоване завищення площі фундаментів вздовж осі «К» через помилкове завищення розрахункових навантажень. А

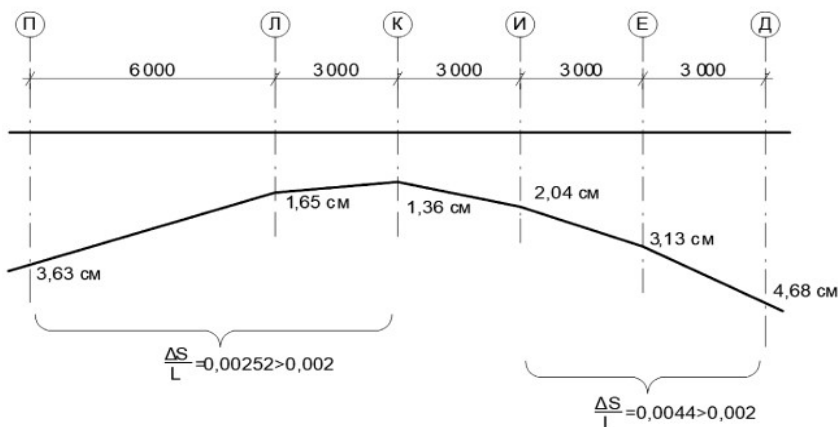


Рисунок 8 – Максимальні значення і нерівномірність осідань під фундаментами основних несучих стін західного блоку



завищення площі фундаментів по осях «Л», «І» та «7» було обґрунтоване розрахунком стін підвалу на дію бокового тиску ґрунту (див. рис. 6, 7).

Для зменшення впливу можливих нерівномірних деформацій системи «основа-фундаменти» на конструкції будівлі в початкових проектних рішеннях були реалізовані конструктивні заходи з активного захисту: по верху фундаментних стрічок (збірних подушок) по низу стін влаштований арматурний пояс; по верху фундаментних бетонних блоків типу ФБС був влаштований залізобетонний пояс (див. рис. 6, 7). Ці заходи виявилися недостатніми. Найбільше пошкодження у вигляді тріщин утворилося в зовнішній стіні сходиноквої клітини, де найменша поперечна жорсткість будівлі.

Оскільки проектна документація в повному вигляді не збереглася, ми не знаємо, які гідрологічні умови були враховані під час проектування будівлі школи. Тому не можна однозначно зробити висновок, що розглянуті вище нераціональні рішення фундаментів, які призвели до понадграничних нерівномірних деформацій будівлі, є однозначною помилкою проектувальників. Але можна зробити висновок, що під час проектування будівель в складних геологічних умовах слід намагатися застосувати конструктивні схеми будівель з регулярним розташуванням вертикальних конструкцій і забезпечувати рівномірне по площі фундаментів розподілення тиску на основу. У випадку складних архітектурних рішень необхідно виконувати проектування фундаментів на основі викори-

стання розрахункової просторової схеми «основа-будівля» без виключень. Це дозволить забезпечити раціональне проектування фундаментів.

РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВАЛІ

Проведені дослідження дозволили зробити рекомендації із відновлення пошкоджених конструкцій будівлі школи та розробити проектні рішення з їх капітального ремонту. Ці рішення включали:

- підсилення частини зовнішньої стіни по осі «І» в осях «И-К» способом улаштування металевої обойми з метою усунення можливості обрушення ділянок стіни в місцях обпирання перемичок;
- збільшення просторової жорсткості частини будівлі західного блоку в осях «І-7» способом улаштування металевих поясів та напружених тяжів для мінімізації негативного впливу можливих подальших нерівномірних деформацій основи на технічний стан несучих конструкцій;
- шпарування існуючих тріщин в стінах, цоколі та ганках;
- відновлення на першому поверсі західного та північного блоків перегородок та підлог, які зазнали значних пошкоджень під час підтоплення та затоплення школи способом їх заміни;
- влаштування організованого водовідведення з покриття школи з встановленням водовідвідних жолобів та труб, а також влаштування огороження по контуру даху;

Таблиця 3 – Вибірка можливих деформаційних критеріїв для будівлі школи згідно з рекомендаціями чинних нормативних критеріїв

Посилання на рекомендації норм	Види будівель	Граничні деформації основи	
		$(\Delta S/L)_{us}$	S_{us} , см
п. 3 таблиці А.1 ДБН В.2.1-10:2018	Багатоповерхові безкаркасні будівлі з несучими стінами з цегляної кладки без армування	0,002	12
п. 5 таблиці В.1 ДБН В.1.1-45:2017	Промислові і цивільні багатоповерхові безкаркасні будівлі і споруди при $H/L \leq 0,75$	0,002	(8)
п. 10 таблиці В.1 ДБН В.1.1-45:2017	Дитячі дошкільні будівлі і споруди, лікарні, поліклініки, школи, театри, клуби тощо заввишки (1 – 3) поверхи	0,004	8

Примітка. Умовні позначення до таблиці:

S_{us} – середнє значення граничної деформації осідання. В дужках наведено максимальне граничне значення осідання основи S_{max} ;
 $(\Delta S/L)_{us}$ – граничне значення відносної різниці осідань основи.



- відновлення вимощення по контуру школи;
- ремонт бетонного покриття та організація нормального водовідведення з тераси.

ПРОТИРІЧЧЯ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ

В процесі виконання розрахунків та аналізу будівельних норм виявлені такі протиріччя в їх положеннях:

- в таблиці А.1 ДБН В.2.1-10:2018 та таблиці В.1 ДБН В.1.1-45:2017 для будівлі школи можна прийняти різні значення деформаційних критеріїв S_{us} , $(\Delta S/L)_{us}$, які суперечать один одному (табл. 3);
- огляд досліджень критеріїв допустимих відносних деформацій будівель, який був проведений в роботі [17], показує, що граничні значення відносних деформацій залежать від конструктивної схеми будівлі, просторової форми нерівномірних деформацій, конструкції стін, їх армування тощо. Для прикладу, за даними цього огляду для неармованих цегляних стін допустимі значення відносних деформацій можуть бути в декілька раз меншими. Для цегляних конструкцій граничні значення відносних деформацій також мають бути пов'язані з допустимими значеннями розкриття тріщин в цегляних стінах. Тому параметри граничних деформацій, які рекомендовані нормами, потребують подальшого уточнення;
- згідно з положеннями п. 8.2.2 ДБН В.2.1-10:2018 допускається виконувати розрахунки навантажень на фундаменти без врахування жорсткості надфундаментної конструкції для будівель класів СС1 та СС2. На практиці це допущення може призвести до помилкового рішення, приклад якого розглянутий у цій статті. На нашу думку, перш за все, складність прийнятої розрахункової моделі для розрахунків фундаментів має бути пов'язана із складністю конструктивної схеми будівлі. У випадку складних архітектурних рішень із застосуванням нерегулярних несучих конструкцій необхідно виконувати проектування на основі використання розрахункової просторової схеми «основа-будівля» без виключень;
- заданими проведених вишукувань для будівлі школи прогнозований рівень підняття ґрунтових вод складає 1,0 м, хоча під час повені у 2008 році від піднявся на 4,0 м. Це максимальне підняття рівня води під час повені відбулося 1 раз за 35 років експлуатації, що чітко вказує на його епізодичний характер. Згідно з п. 7.15 ДБН В.1.1-45:2017 в розрахунках будівель рекомендується враховувати тільки епізодичні навантаження, які пов'язані з корінними змінами структури ґрунтів. Детальні рекомендації з врахування

епізодичних геотехнічних дій на будівлі, що можуть траплятися під час повені, в нормативних вимогах відсутні.

ВИСНОВКИ

На прикладі досліджень технічного стану будівлі школи в с. Велика Кісниця Ямпільського району Вінницької області та аналізу її пошкоджень були виявлені геотехнічно-конструктивні причини нерівномірних деформацій будівлі, яка побудована в складних інженерно-геологічних умовах і під час експлуатації зазнала впливу підтоплення та часткового затоплення. За результатами цих досліджень було встановлено:

- підтоплення паводковими водами ґрунтів основи фундаментів несучих цегляних стін призвело до суттєвого погіршення деформаційних характеристик слабких ґрунтів основи, що стало геотехнічною причиною збільшення деформацій фундаментів;
- конструктивна схема західного блоку будівлі школи прийнята з нерегулярним розташуванням вертикальних стінових конструкцій з підвалом, огорожувальні стіни якого не співпадають з основними несучими стінами будівлі. Внаслідок цієї нерегулярності помилково під частиною стін будівлі були прийняті завищені розміри фундаментів. Це призвело до нерівномірного навантаження фундаментів і розподілу тиску між ними. Зокрема, тиск під подошвою середніх та крайніх фундаментів відрізняється в 2...2,5 рази, різниця осідань відповідно в 2,6...3,4 разів;
- нерівномірне навантаження фундаментів стало визначальною конструктивною причиною понадграничних нерівномірних деформацій будівлі і призвело до утворення тріщин в цегляних стінах шириною розкриття 10...45 мм. Найбільше розкриття тріщин виявилось в поперечній зовнішній стіні будівлі в місці розташування сходиноквої клітини і в місці найменшої поперечної жорсткості будівлі;
- масові горизонтальні тріщини шириною розкриття до 50 мм в перегородках безпідвальної частини будівлі спричинені самоущільненням насипного ґрунту внаслідок замочування.

Перевірочні розрахунки фундаментів західного блоку будівлі школи показали, що на момент обстеження будівлі більша частина потенційно можливих деформацій основи вже вичерпана і у випадку повторення паводків очікувані додаткові деформації є несуттєвими та несуча здатність ґрунтів основи буде забезпечена. Це дало можливість відмовитися від заходів з підсилення фундаментів і обмежитися тільки необхідними ремонтними роботами із усунення виявлених



пошкоджень конструкцій будівлі з відновленням просторової жорсткості конструкцій будівлі.

В процесі досліджень був виконаний аналіз чинних нормативних документів, який дозволив виявити невідповідності та недоліки окремих їх положень. На нашу думку, з метою покращення нормативних вимог та практики проектування питань, які були поставлені в частині статті «Протиріччя нормативних вимог», потребують подальшого вивчення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Звіт № В.06/10 «Інструментальне обстеження будівлі загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів в с. Велика Кісниця Ямпільського району Вінницької області. В 2 т. Т. 1. Візуальне та інструментальне обстеження / ТОВ «Гервін». 2009. – 63 с.
2. Звіт № В.06/10 «Інструментальне обстеження будівлі загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів в с. Велика Кісниця Ямпільського району Вінницької області. В 2 т. Т. 2. Виконання інженерно-геологічних вишукувань розрахунків фундаментів будівлі / ТОВ «Гервін». 2009. – 59 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [чинний від 2011-11-01]. Київ: Мінрегіонбуд України. 2011. 123 с.
4. Білецький А.А., Клімов С.В. Тенденції розвитку інженерних заходів захисту територій та населених пунктів від затоплення. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. Київ. КНУБА. 2017. Вип. 28. С. 30-36.
5. Директива 2007/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 року про оцінку і управління ризиками затоплення. – Режим доступу: <https://dsns.gov.ua/upload/1/2/8/8/8/prognoz-weekly-directivazatopenya-npa-direktiva-es-2007-60-ua.pdf>
6. Слюсаренко Ю.С., Мелашенко Ю.Б., Титаренко В.А., Шумінський В.Д. Нормативна база України з проектування основ і фундаментів будівель та споруд. Сучасний стан і перспективи розвитку. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2018. Вип. 72. С. 162-170.
7. ДБН В.1.1-25-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення і затоплення: [Чинний від 1997-01-07]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 30 с.
8. ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016. Настава щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення: [Чинний

від 2017-04-01]. Київ: ДП «УкрНДЦ», 2017. 135 с.

9. Червінський Я.Й. Дослідження технічного стану будівель та споруд при небезпечних геологічних процесах / Я.Й. Червінський, О.О. Петраков, М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, В.А. Титаренко, В.Д. Шумінський, С.В. Степанчук, А.М. Дворник, Я.І. Домбровський. Журнал «Наука та будівництво». 2014. № 2. С. 17-24.
10. Ukleja J. Renovation of the historic building after damage connected with foundations subsidence – case study. MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 174, 03006. –р. 1-11. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817403006>.
11. Попов В.О., Байда Д.М., Чорноскутова К.О., Маєвська М.В. Моделювання напружено-деформованого стану балкової клітини, що зазнала ушкоджень внаслідок нерівномірних просідань фундаментів, для розроблення раціональних заходів з підсилення. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний збірник. Вінниця: УНІВЕРСУМ. Вінниця. 2010. №1. С. 6-15.
12. Войцехівський О.В., Байда Д.М., Маєвська І.В., Попов В.О. Паспортизація корпусу грануляційної башти цеху виробництва карбаміду на ВАТ «Одеський припортовий завод». Будівництво в сейсмічних районах України. Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). ДП «ДНДІБК», Київ. 2012. Випуск 76. С. 478-483.
13. Попов В.О., Войцехівський О.В., Маєвська І.В., Байда Д.М., Романова К.О. Методи підсилення фундаментів печі первинного риформінгу амміаку в умовах збільшення навантаження. Містобудування та територіальне планування. Науково-технічний збірник. Будівлі та споруди спеціального призначення: сучасні матеріали та конструкції. Київ, КНУБА. 2016. Випуск 61. С. 328-334.
14. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд основні положення: [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2018. 36 с.
15. ДБН В.1.1-45:2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення: [Чинний від 2017-10-01]. Київ: Мінрегіон України, 2017. 29 с.
16. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд: [Чинний від 2017-04-01]. Київ: ДП «УкрНДЦ», 2017. 68 с.
17. Korff M. Deformations and damage to buildings



adjacent to deep excavations in soft soils. Delft Cluster, 2009. 143 p. URL: https://publications.deltares.nl/1001307_004.pdf.

REFERENCES

1. Gervin, LLC. (2009). Report No. V.06/10 "Instrumental survey of the building of the general secondary school of I-III degrees in the village of Velyka Kisnytsia, Yampil district, Vinnytsia region. In 2 vols. Vol. 1. Visual and instrumental survey.
2. Gervin, LLC. (2009). Report No. V.06/10 "Instrumental survey of the building of the general secondary school of I-III degrees in the village of Velyka Kisnytsia, Yampil district, Vinnytsia region. In 2 vols. Vol. 2. Execution of engineering-geological surveys calculations of the building's foundations.
3. Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine. (2011). DSTU-N B V.1.1-27:2010. Protection against dangerous geological processes, harmful operational impacts, from fire. Building climatology. [Effective from 2011-11-01].
4. Biletskyi, A. A., & Klimov, S. V. (2017). Trends in the development of engineering measures to protect territories and settlements from flooding. Problems of water supply, water disposal, and hydraulics: Scientific-technical collection, (28), 30-36. Kyiv: KNUCA.
5. European Parliament and Council. (2007). Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks. Retrieved from <https://dsns.gov.ua/upload/1/2/8/8/8/prognoz-weekly-directivazatopenya-npa-direktiva-es-2007-60-ua.pdf>
6. Slyusarenko, Y. S., Melashenko, Y. B., Tytarenko, V. A., & Shumynskyi, V. D. (2018). Normative base of Ukraine on the design of foundations and foundations of buildings and structures. Current state and development prospects. Bulletin of Odessa State Academy of Construction and Architecture, (72), 162-170.
7. Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine. (2010). DBN V.1.1-25-2009. Engineering protection of territories and structures from flooding and flooding: [Effective from 1997-01-07].
8. State Enterprise "UkrNDI". (2017). DSTU-N B V.1.1-38:2016. Guidelines for the engineering protection of territories, buildings, and structures from flooding and flooding: [Effective from 2017-04-01].
9. Chervinskyi, Y. I., Petrakov, O. O., Zotsenko, M. L., Vynnykov, Y. L., Tytarenko, V. A., Shumynskyi, V. D., Stepanchuk, S. V., Dvornik, A. M., & Dombrovskyi, Y. I. (2014). Investigation of the technical condition of buildings and structures in dangerous geological processes. Science and Construction, (2), 17-24.
10. Ukleja, J. (2018). Renovation of the historic building after damage connected with foundations subsidence – case study. MATEC Web of Conferences, 174(03006), 1-11. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817403006>
11. Popov, V. O., Baida, D. M., Chornoskutova, K. O., & Maievska, M. V. (2010). Modeling of the stress-strain state of a beam cell that has suffered damage due to uneven foundation settlements, for the development of rational reinforcement measures. Modern technologies, materials, and structures in construction: Scientific-technical collection, (1), 6-15. Vinnytsia: UNIVERSUM.
12. Voitsekhivskyi, O. V., Baida, D. M., Maievska, I. V., & Popov, V. O. (2012). Passportization of the corpus of the granulation tower of the urea production workshop at JSC "Odessa Port Plant". Construction in seismic areas of Ukraine. Building structures: Interdepartmental scientific-technical collection of scientific works (construction). SE "DNDIBK", (76), 478-483.
13. Popov, V. O., Voitsekhivskyi, O. V., Maievska, I. V., Baida, D. M., & Romanova, K. O. (2016). Methods of strengthening the foundations of the primary reforming furnace of ammonia under increased load. Urban planning and territorial planning. Scientific-technical collection. Special purpose buildings and structures: modern materials and structures, (61), 328-334. Kyiv, KNUBA.
14. Ministry of Regional Development of Ukraine. (2018). DBN V.2.1-10:2018. Basics and foundations of buildings and structures main provisions: [Effective from 2019-01-01].
15. Ministry of Regional Development of Ukraine. (2017). DBN V.1.1-45:2017. Buildings and structures in complex engineering-geological conditions. General provisions: [Effective from 2017-10-01].
16. State Enterprise "UkrNDI". (2017). DSTU B V.3.1-2:2016. Repair and reinforcement of load-bearing and enclosing building structures and foundations of buildings and structures: [Effective from 2017-04-01].
17. Korff, M. (2009). Deformations and damage to buildings adjacent to deep excavations in soft soils. Delft Cluster. Retrieved from https://publications.deltares.nl/1001307_004.pdf

Стаття надійшла до редакції 01.03.2024 року