

Григоровський П. Є.
ДП НДІБВ Мінрегіонбуду України

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИБОРУ СИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ЗСУВАМИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД З УРАХУВАННЯМ КРИТЕРІЮ УРАЗЛИВОСТІ

Вступ. Тривалість життєвого циклу будівель значною мірою залежить від своєчасного урахування загроз пошкодження будівлі та прогнозування погіршення їх технічного стану під впливом зовнішніх (природних та техногенних) та внутрішніх (будівельних та експлуатаційних) загроз. Нині на території України значний вплив на виникнення надзвичайних ситуацій мають більше 20 видів геологічних процесів, у тому числі природних, природно-техногенних і техногенних. Найбільш поширеними і небезпечними на території України є зсуви, підтоплення, просідання, ерозія, абразія і карст [2]. Основною руйнівною силою цих процесів є ґрунтові води. Площа зсувонебезпечних територій в Україні становить близько 66,1 тис. км². Активізація зсувів відмічена на території майже всіх адміністративних областей за винятком Волинської та Рівненської, які взагалі не мають геологічних передумов для розвитку зсувного процесу [4, 6].

Важливим фактором отримання необхідної інформації про стан та загрози пошкодження будівлі внаслідок зсувонебезпечних процесів для своєчасного прийняття рішень щодо забезпечення її експлуатаційної придатності є вибір ефективної системи інструментального контролю.

Вибір системи інструментального контролю ґрунтується на порівнянні витрат для забезпечення інструментального контролю та можливих витрат з усунення пошкоджень при несвоєчасному виявленні загрози зсуву. Витрати на інструментальний контроль залежать від необхідного обсягу інформації, достатнього для своєчасного запобігання погіршенню технічного стану будівлі, тобто забезпечення її експлуатаційної придатності. Обсяги такої інформації значною мірою залежать від властивості будівлі втрачати свою експлуатаційну придатність під впливом негативних факторів, тобто від уразливості будівлі.

Уразливістю пропонуємо вважати властивість будівлі втрачати експлуатаційну придатність в результаті виникнення пошкодження під впливом певного типу негативних факторів. Критерій уразливості будівлі можливо застосовувати для любого типу загроз.

Мета статті: обґрунтувати вибір обсягів та методів інструментального контролю за параметрами будівель, споруд і території забудови на прикладі встановлення загальних підходів до вибору ефективної системи спостереження за зсувами з урахуванням критерію уразливості будівлі та території забудови.

Результати досліджень. Вихідними даними для вибору системи та проектування технології (складу, послідовності, обсягів, термінів, трудомісткості, вартості) вимірювальних робіт при експлуатації є:

- стійкість схилів, на яких розміщена будівля та їх крутизна;
- стан та геологічний склад ґрунтової основи;
- джерела можливих підтоплень та вібрацій, наявність яких є загрозою порушення стійкості схилів.

Ризики пошкоджень оцінюються на основі даних інженерних вишукувань, призначених для проектування інженерно-технічних заходів із зменшення негативних наслідків, обумовлених геологічними процесами, природними і техногенними надзвичайними ситуаціями. Для оцінки ризику пошкоджень окрім виявлення можливих загроз пропонується виконати оцінку уразливості будівлі та території в районі будівлі [5].

Ступінь уразливості будівлі залежить від характеристик самої будівлі, характеристик та стану ґрунтової основи. Основні параметри будівель і території забудови, від яких залежить ступінь уразливості [3, 2, 7]:

- тип підземної споруди;
- ступінь зношення будівлі;
- тип фундаменту;
- коефіцієнт стійкості схилу;
- літологічні комплекси порід;
- крутизна схилів;
- гідрогеологічні умови.

Ступінь впливу параметрів чисельно оцінити досить складно, бо чітких критеріїв для цього немає, тому оцінку ступеню впливу параметрів на уразливість будівель доцільно виконати методом експертної оцінки [1] спеціалістами, що займаються проектуванням та експлуатацією будівель.

В результаті експертного опитування визначено максимально можливий ступінь уразливості по відношенню до зсувів (табл. 1).

Таблиця 1 – Ступінь уразливості будівлі по відношенню до зсувів за результатами експертного опитування

Параметр	Коефіцієнт стійкості схилу	Літологічні комплекси порід	Крутизна схилів	Гідрогеологічні умови
Код параметру	y_1	y_2	y_3	y_4
Ступінь уразливості	0,30	0,21	0,31	0,18

Основні параметри будівель і основ, від яких залежить ступінь уразливості при зсувах [4] наведено в табл. 2. Для можливості подальшого аналізу і використання визначену ступінь уразливості умовно поділено на три рівні: високий ступінь уразливості ($0,67 \cdot y_i$) та низький ступінь уразливості ($0,33 \cdot y_i$).

Для оцінки уразливості будівлі щодо дії факторів, які загрожують виникненням пошкоджень, будемо використовувати коефіцієнт уразливості k_y будівлі, що визначається сумою ступенів уразливості від окремих факторів:

$$k_y = \sum_{i=1}^n y_i, \text{ при } 0 \leq k_y \leq 1, \quad (1)$$

де y_i – чисельне значення уразливості від i -го фактору впливу; n – кількість факторів впливу на даний об'єкт.

Можливість пошкодження залежить не тільки від уразливості будівель, але й від характеристик джерела загрози. Оцінку цих факторів можна визначити окремо в кожному конкретному випадку як коефіцієнт значимості k_z до результуючого коефіцієнту уразливості.

Для урахування ступеню відповідальності будівлі приймемо значення коефіцієнту впливу на уразливість згідно з табл.3.

В такому разі коефіцієнт уразливості будівлі $k_{yб}$ до конкретного фактору ризику можна визначити як

$$k_{yб} = k_c \cdot k_z \cdot k_y, \quad (2)$$

де k_{ci} – коефіцієнт впливу ступеню відповідальності будівлі; k_z – коефіцієнт значимості джерела загрози, потужності загрози тощо; k_y – коефіцієнт уразливості (1).

Таблиця 2 – Параметри схилів

Код	Ступінь уразливості	Найменування параметру
y_1	Коефіцієнт стійкості	
	0,10	1,25
	0,20	1,20
	0,30	>1,15
y_2	Літологічні комплекси порід	
	0,07	Окремнені аргіліти, алевроліти, піщаники
	0,14	Мергелі з прошарками мергелястих алевролітів, аргілітів, піщаників
	0,21	Мергелі з прошарками піщаників, вапняні аргіліти з прошарками піщаників
y_3	Крутизна схилів, град	
	0,10	0÷2
	0,21	2÷10
	0,31	10÷15 і більше
y_4	Гідрогеологічні умови	
	0,06	Відсутність підземних вод
	0,12	Спорадичне поширення підземних вод
	0,18	Постійний горизонт підземних вод

Якщо існують декілька загроз, то їх розглядають окремо і приймають для оцінки загрози найбільше значення $k_3 = k_3^{\max}$.

Таблиця 3 – Коефіцієнт впливу ступеню відповідальності будівлі на коефіцієнт уразливості

Позначення	Величина	Характеристика
k_c	0,9	ступінь відповідальності СС1
	1,0	ступінь відповідальності СС2
	1,1	ступінь відповідальності СС3

Причинами, що збільшують вірогідність зсувів, можуть бути підтоплення та вібрації. При цьому треба мати на увазі, що при проектуванні потрібно передбачити всі протизсувні заходи. В [4] наведені дані, що характеризують параметри джерел підтоплення від мережі водонесучих комунікацій (табл. 4). Коефіцієнти значимості цих параметрів наведені в таблиці.

В [7] наведені дані, що характеризують джерела вібрацій (табл. 5).

Таблиця 4 – Характеристики водонесучих комунікацій

Параметр водонесучих комунікацій та водойм (коефіцієнт значимості)	Ступінь значимості, (значення параметру)		
	велика	середня	мала
Щільність водонесучих комунікацій, м/га ($k_{щ}$)	більше 500 (1,2)	400÷500 (1,1)	менше 400 (1,0)
Ступінь зносу водонесучих комунікацій, % (коефіцієнт значимості), (k_3)	більше 50 (1,2)	35÷50 (1,1)	менше 35 (1,0)
Відстань до природного джерела підтоплення, м (коефіцієнт значимості), (k_e)	менше 50 (1,2)	50÷200 (1,1)	більше 200 (1,0)

Таблиця 5 – Параметри джерел вібрацій

Параметр джерел вібрації (коефіцієнт значимості)	Ступінь значимості, (значення параметру)		
	велика	середня	мала
Відстань до залізничної колії, м ($k_{ез}$)	менше 5 (1,2)	5÷200 (1,1)	більше 200 (1,0)
Відстань до трамвайної лінії, м ($k_{ет}$)	менше 5 (1,2)	5÷200 (1,1)	більше 200 (1,0)
Відстань до лінії метрополітену, м ($k_{ем}$)	менше 5 (1,2)	5÷100 (1,1)	більше 100 (1,0)
Відстань до автомагістралі, м ($k_{еа}$)	менше 5 (1,2)	5÷50 (1,1)	більше 50 (1,0)

Коефіцієнт уразливості будівлі до зсувів розраховується у відповідності до залежності (2) використовуючи значення таблиць 2÷5.

Для прийняття рішення про необхідність проведення спостережень та їх склад визначимо клас уразливості будівлі до конкретного фактору ризику:

– низька уразливість

$$k_{y\delta} \leq 0,33 \cdot k_{y\max} = 0,33,$$

де $k_{y\max}$ – максимально можливе значення коефіцієнта уразливості, $k_{y\max} = 1,0$ без урахування коефіцієнтів для факторів ризиків.

– середня уразливість

$$0,33 > k_{y\delta} > 0,67.$$

– висока уразливість

$$k_{y\delta} \geq 0,67.$$

Коефіцієнт $k_{y\delta}$ може приймати значення більше 1,0 при урахуванні коефіцієнта значимості загрози, ступеня відповідальності тощо.

Рішення про необхідність спостереження, його склад та періодичність приймається за результатами визначення коефіцієнта уразливості:

– при низькій уразливості будівлі рівень спостереження – звичайний, тобто враховуючи низьку ймовірність виникнення пошкоджень можливо не проводити інструментальні спостереження, а обмежитись візуальним спостереженням в період проведення планових оглядів;

– при середній уразливості будівлі рівень спостереження – підвищений, тобто враховуючи середню ймовірність виникнення пошкоджень крім візуального спостереження в період проведення планових оглядів, що виконуються для звичайного рівня спостережень, додатково потрібно проводити періодичні інструментальні обстеження для встановлення можливого взаємозв'язку між рівнем вібрацій, ґрунтових вод та динамікою виявлених пошкоджень з урахуванням просадок, кренів, розвитку тріщин, тощо;

– при високій уразливості будівлі рівень спостереження – особливий, тобто, враховуючи високу ймовірність виникнення пошкоджень крім вимог для підвищеного рівня спостережень, додатково об'єкт необхідно обладнувати автоматизованою системою моніторингу та попередження надзвичайних ситуацій (склад системи та контрольовані параметри визначають індивідуально з урахуванням аналізу можливих загроз та пошкоджень).

За результатами спостережень можливе прогнозування подальшого розвитку процесів. Періодичність контролю визначається максимальною швидкістю зсувів з урахуванням співвідношення вартості цих робіт до можливих збитків від несвоєчасного виявлення зсувних процесів.

Висновки. Запропоновано оцінювати ризику пошкоджень на підґрунті даних інженерних вишукувань, обумовлених геологічними процесами, природними і техногенними впливами. Сформовано метод оцінки уразливості будівлі та території

для виявлення ризику пошкоджень внаслідок можливих загроз. Обґрунтовано створення системи інструментального контролю за параметрами будівель, споруд і території забудови через встановлення загальних підходів до методології спостережень за зсувами з урахуванням критерію уразливості будівлі та території забудови.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бешелев С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.
2. ГОСТ Р 22. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Оценка уровня безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий. – М. : Стандартинформ, 2014.
3. ГОСТ Р 52892-2007. Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию. – М. : Стандартинформ, 2008. – 20 с.
4. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування : ДБН В.1.1-24:2009. – [Чинний від 2010. 01. 01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 61с. – (Державні будівельні норми України).
5. Методические рекомендации по оценке риска и ущерба при подтоплении территорий. – М. : ФГУП НИИ ВОДГЕО, 2001. – 33 с.
6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. [Електронний ресурс]. – Режим доступа : http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html (27.02.2016). – Назва з екрану.
7. Рубан Н. Н. Оценка параметров динамических воздействий от транспортных источников в условиях г. Днепропетровска / Н. Н. Рубан // Перспективы развития строительных технологий: 9-я междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов (23–24 апр. 2015 г.): доклады / Днепропетровск: Национальный горный университет, 2015. – С. 86–95.