

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ГЕОДЕЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД З УРАХУВАННЯМ КРИТЕРІЮ УРАЗЛИВОСТІ

П. Григоровський

ДП НДІБВ Мінрегіону України

Ключові слова: загрози пошкодження, уразливість будівель, підтоплення, вібрації, зсуви, геодезичні спостереження.

Вступ

Тривалість життєвого циклу будівель значною мірою залежить від своєчасного врахування загроз пошкодження будівель та прогнозування погіршення їхнього технічного стану під впливом зовнішніх (природних і техногенних) та внутрішніх (будівельних і експлуатаційних) загроз.

Нині на території України істотно впливають на виникнення надзвичайних ситуацій понад 20 видів геологічних процесів, зокрема 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 спостерігається на території майже всіх адміністративних областей, за винятком Волинської та Рівненської, у яких взагалі немає геологічних передумов для розвитку зсувного процесу [4, 6].

Мета досліджень

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

Виклад основного матеріалу

Вибір системи геодезичних спостережень ґрунтується на порівнянні витрат для забезпечення інструментального геодезичного контролю та можливих витрат для усунення пошкоджень у разі несвоєчасного виявлення загрози деформаційних процесів. Витрати на геодезичні вимірювання 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 власливості будівлі втрачати свою експлуатаційну придатність під впливом негативних факторів, тобто від уразливості будівлі.

Уразливістю пропонуємо вважати властивість будівлі втрачати експлуатаційну придатність внаслідок виникнення пошкодження під впливом певного типу негативних факторів. Критерій уразливості будівлі можливо застосовувати для будь-якого типу загроз. У цій роботі зроблено спробу показати можливість обґрунтованого вибору обсягів та методів геодезичного контролю за параметрами будівель, споруд і території забудови на

прикладі встановлення загальних підходів до вибору ефективної системи спостереження за деформаційними процесами, викликаних природними та техногенними факторами, з урахуванням критерію уразливості будівлі та території забудови.

Перелік факторів, що можуть спричиняти деформаційні процеси у будівлі та на території забудови, доволі значний. Як приклад, вихідними даними для вибору системи спостережень та проектування технології вимірювальних робіт (складу, послідовності, обсягів, термінів, трудомісткості, вартості) під час експлуатації приймемо:

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

Ризики пошкодження оцінюються на основі даних інженерних вишукувань, призначених для проектування інженерно-технічних заходів зі зменшення негативних наслідків, спричинених геологічними процесами, природними і техногенними надзвичайними ситуаціями. Для оцінювання ризику пошкоджень, окрім традиційного 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 у разі їх сумісної дії числово оцінити доволі складно, бо чітких критеріїв для цього немає, тому оцінку ступеня впливу параметрів на уразливість будівель доцільно виконати методом експертної оцінки [1], залучивши спеціалістів, що займаються проектуванням та експлуатацією будівель.

У результаті експертного опитування визначено максимально можливий ступінь уразливості щодо чинників природного характеру (табл. 1).

Таблиця 1

**Ступінь уразливості будівлі щодо чинників
природного характеру за результатами
експертного опитування**

Параметр	Коефіцієнт стійкості схилу	Літологічні комплекси порід	Крутизна схилів	Гідрогеологічні умови
Код параметра	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 їх уразливості за деформаційних процесів [4], наведено в табл. 2. Для можливості подальшого аналізу і використання визначені ступені уразливості умовно поділено на три рівні: високий ступінь уразливості (y_i), середній 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, використовуватимемо коефіцієнт уразливості k_y будівлі, що визначається сумою ступенів уразливості від окремих факторів

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

де y_i – числове значення уразливості від i -го фактора впливу; n – кількість факторів впливу на цей об'єкт.

Можливість пошкодження залежить не тільки від уразливості будівель, але і від характеристик джерела загрози. Оцінку цих факторів можливо визначити окремо в кожному конкретному випадку як коефіцієнт значущості k_z до результуючого коефіцієнта уразливості.

Для врахування ступеня відповідальності будівлі приймемо значення коефіцієнта впливу на уразливість згідно з табл. 3.

У такому разі коефіцієнт уразливості будівлі k_{yb} до конкретного фактора ризику можна визначити як

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

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

Таблиця 2

Параметри схилів

Код	Ступінь уразливості	Назва параметра
y_1	Коефіцієнт стійкості	
	0,10	1,25
	0,20	1,20
	0,30	>1,15
y_2	Літологічні комплекси порід	
	0,07	Окременілі аргіліти, алевроліти, піщаники
	0,14	Мергелі з прошарками мергелистих 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 або сумарне значення $k_z = k_z^{\max}$.

Таблиця 3

Коефіцієнт впливу ступеня відповідальності будівлі на коефіцієнт уразливості

	Значення	Характеристика
k_c	0,9	ступінь відповідальності СС1
	1,0	ступінь відповідальності СС2
	1,1	ступінь відповідальності СС3

Причинами, що збільшують вірогідність деформаційних процесів, можуть бути підтоплення та вібрації. Треба враховувати, що під час проектування потрібно передбачити всі запобіжні заходи. У [4] наведено дані, що характеризують параметри джерел підтоплення від мережі водонесучих комунікацій (табл. 4). Коефіцієнти значущості цих параметрів подано в табл. 4.

У [7] наведені дані, що характеризують джерела вібрацій (табл. 5). Коефіцієнт уразливості будівлі до зсувів розраховують відповідно до залежності (2), використовуючи значення табл. 2–5.

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

– низька уразливість

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

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

Таблиця 4

Характеристики водонесучих комунікацій

Параметр водонесучих комунікацій та водойм (коефіцієнт значущості)	Ступінь значущості, (значення параметра)		
	Великий	Середній	Низький
Щільність водонесучих комунікацій, м/га ($k_{\text{щ}}$)	більше за 500 (1,2)	400–500 (1,1)	менше за 400 (1,0)
Ступінь зносу водонесучих комунікацій, % (коефіцієнт значущості), (k_z)	більше за 50 (1,2)	35–50 (1,1)	менше за 35 (1,0)
Відстань до природного джерела підтоплення, м (коефіцієнт значущості), (k_g)	менше за 50 (1,2)	50–200 (1,1)	понад 200 (1,0)

Таблиця 5

Параметри джерел вібрацій

Параметр джерел вібрацій(коефіцієнт значущості)	Ступінь значущості, (значення параметра)		
	Великий	Середній	Низький
Відстань до залізничної колії, м ($k_{\text{вз}}$)	менше за 5 (1,2)	5–200 (1,1)	понад 200 (1,0)
Відстань до трамвайної лінії, м ($k_{\text{вт}}$)	менше за 5 (1,2)	5–200 (1,1)	більше за 200 (1,0)
Відстань до лінії метрополітену, м ($k_{\text{вм}}$)	менше за 5 (1,2)	5–100 (1,1)	більше за 100 (1,0)
Відстань до автомагістралі, м ($k_{\text{ва}}$)	менше за 5 (1,2)	5–50 (1,1)	більше ніж 50 (1,0)

– середня уразливість

$$0,33 > k_{\text{уб}} > 0,67;$$

– висока уразливість

$$k_{\text{уб}} \geq 0,67.$$

$k_{\text{уб}}$ може набувати значення, більше за 1,0 за врахування коефіцієнта значущості загрози, ступеня відповідальності тощо.

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

– за низької уразливості будівлі рівень спостереження – звичайний, тобто, враховуючи низьку ймовірність виникнення пошкоджень, можна не проводити інструментальних спостережень, а обмежитись візуальним спостереженням у період планових оглядів;

– за середньої уразливості будівлі рівень спостереження – підвищений, тобто, враховуючи середню ймовірність виникнення пошкоджень, крім візуального спостереження у період здійснення планових оглядів, що виконують для звичайного рівня спостережень, додатково треба проводити періодичні інструментальні обстеження, щоб встановити можливий взаємозв'язок між рівнем вібрацій, ґрунтових вод та динамікою виявлених пошкоджень, з урахуванням просадок, кренів, розвитку тріщин тощо;

– за високої 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 запобігання надзвичайним ситуаціям. Склад системи та контрольовані параметри визначають індивідуально, з урахуванням аналізу можливих загроз та пошкоджень.

Висновки

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

Література

1. Бешелев С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. – 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.
4. ДБН В.1.1-24-2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення.
5. Методические рекомендации по оценке риска и ущерба при подтоплении территорий. – М., 2001.
6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 р. / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. – К., 2015.
7. Рубан Н. Н. Оценка параметров динамических воздействий от транспортных источников в условиях г. Днепропетровска / Перспективы развития строительных технологий: матер. конфер. – С. 86–95.

Загальні принципи вибору ефективної системи геодезичних спостережень під час експлуатації будівель і споруд з урахуванням критерію уразливості

П. Григоровський

Розглянуто загрози пошкодження будівель і споруд. Показано можливість обґрунтованого вибору методів інструментального контролю за параметрами будівель, споруд і території забудови на прикладі вибору ефективної системи геодезичних спостережень з урахуванням критерію уразливості будівель у процесі їх експлуатації.

Общие принципы выбора эффективной системы геодезических наблюдений при эксплуатации зданий и сооружений с учетом критерия уязвимости

П. Григоровский

Рассмотрены угрозы повреждения зданий и сооружений. Показана возможность обоснованного выбора методов инструментального контроля за параметрами зданий, сооружений и территории застройки на примере выбора эффективной системы геодезических наблюдений с учетом критерия уязвимости зданий в процессе их эксплуатации.

General principles for selection of effective in geodetic observations of buildings and structures taking into account criterion vulnerability

P. Grygorovsky

The threats of damages of building and building are considered. Possibility of reasonable choice of methods of instrumental control is shown after the parameters of building, building and building territory on the example of choice of the effective system of geodesic supervisions taking into account the criterion of vulnerability of building in the process of their exploitation.