

**П.Є. Григоровський**, д.т.н., с.н.с., Т.в.о. директора ДП "НДІБВ", м. Київ,

Orcid 0000200032052725890;

**В.О. Басанський**, зав. сект., ДП "НДІБВ", м. Київ,

Orcid 0000200022785027798;

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОБСЯГІВ ЦИКЛУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕРИТОРІЙ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЇХ ЗАБУДОВИ

**Анотація.** Наведена методика дослідження обсягів циклу інструментального моніторингу зсувонебезпечних територій шляхом моделювання геодинамічних процесів її забудови, що базується на аналізі та синтезі складових умовної ідеалізованої моделі зсувонебезпечних територій та їх забудови протягом життєвого циклу її існування. Основою такої моделі є найбільш поширені в Україні геологічні умови, що формують зсувонебезпечні території та забудова таких територій, що у сукупності впливають на перелік факторів природного та техногенного впливу на їх стійкість. Вихідними даними для вибору системи та проектування технології вимірювальних робіт при наявності загрози зсувів є: стійкість схилів та їх крутизна; стан та геологічний склад ґрунтової основи; джерела підтоплення та вібрацій, що є загрозою порушення стійкості схилів. Ризики пошкодження оцінюються на основі даних інженерних вишукувань, призначених для проектування заходів із зменшення негативних наслідків, обумовлених геологічними процесами, природними і техногенними надзвичайними ситуаціями

**Ключові слова:** інструментальний моніторинг; зсуви; методика; моделювання; технологія будівництва; організація будівництва.

**Постановка проблеми.** Відомо, що заходи захисту територій від небезпеки проявів зсувів є важливим технічним, економічним та соціальним аспектом у прийнятті рішень щодо нового будівництва та забезпечення експлуатаційної придатності споруд на геодинамічних територіях. Споруди і заходи інженерного захисту повинні забезпечувати необхідний коефіцієнт запасу стійкості схилу; довготривалу стабілізацію зсувонебезпечного схилу з об'єктами інженерного захисту без наднормових деформацій їх основи, які можуть вплинути на експлуатацію забудови на схилі.

Людська діяльність та початкові складні інженерно-геологічні умови є факторами щодо активізації зсувних процесів, а тривалість життєвого циклу будівель залежить від своєчасного урахування загроз пошкодження та прогнозування зміни їх технічного стану з врахуванням синергетичного впливу сукупності природних, техногенних, будівельних та експлуатаційних загроз [1]. Моніторинг з урахуванням визначених граничних параметрів стійкості схилів дозволить своєчасно виявити фактори та параметри, що призводять до втрати такої стійкості і передбачити необхідні протизсувні заходи. Прогнозування динаміки розвитку деформацій будівель з використанням даних інструментального моніторингу дозволить враховувати вплив геодинамічних процесів та інших факторів зовнішнього середовища на експлуатаційну придатність будівель.

**Аналіз останніх досліджень.** В дослідженнях Зуска А.В. [2] при визначенні зсувонебезпечних ділянок за результатами геодезичного моніторингу зазначено, що будівництво та забезпечення безаварійної експлуатації будівель на зсувонебезпечних територіях обумовлюють необхідність здійснення спостережень за станом геологічного середовища цих територій. Застосування систематичного інструментального моніторингу дає можливість визначати параметри

зсувних процесів для кожної ділянки схилу і своєчасно виявляти зміни положення поверхні, його геологічних шарів та будинків й споруд, розміщених на ньому.

В нормативних документах СНГ, стосовно моніторингу та прогнозування небезпечних геологічних явищ та процесів встановлено, що основною задачею моніторингу є своєчасне виявлення та прогнозування розвитку небезпечних геологічних процесів, що впливають на безпечний стан геологічного середовища, з метою розроблення та реалізації заходів з попередження руйнівних зсувів [3].

В дослідженнях Григоровського П.Є. в процесі розробки будівельно-інформаційних моделей і методів формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань в будівництві [1,4,5] вихідними даними для вибору системи та проектування технології вимірювальних робіт при наявності загрози зсувів визначено: стійкість схилів та їх крутизна; стан та геологічний склад ґрунтової основи; джерела підтоплення та вібрацій, що є загрозою порушення стійкості схилів. Ризики пошкодження оцінюються на основі даних інженерних вишукувань, призначених для проектування заходів із зменшення негативних наслідків, обумовлених геологічними процесами, природними і техногенними надзвичайними ситуаціями. Для оцінки ризику пошкодження окрім виявлення загроз виконано оцінку уразливості будівлі та території в районі будівлі.

Для вирішення задачі оптимізації періодичності спостережень при проведенні моніторингу зсувонебезпечних ділянок можуть бути використані методики, наведені вченими О.О. Терент'єв, О.В. Доля, О.І. Баліна в [6], що передбачають визначення критерію оптимальності, параметрів оптимізації та обмежень.

В даний час все більшого поширення набуває застосування чисельних розрахунків ґрунтових основ з використанням програмно-обчислювальних

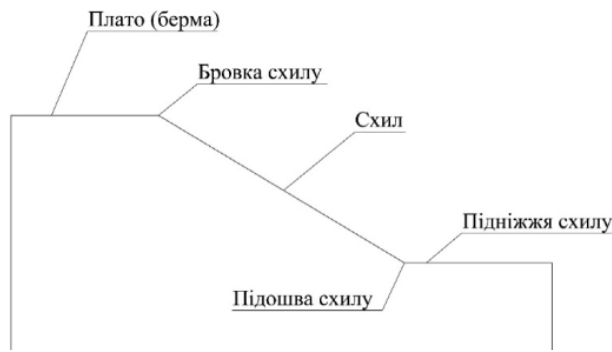


Рис. 1. Схема звичайного схилу за концепцією Е.П. Емельянової

комплексів, таких як SCAD Office, Ліра, Robot Structural Analysis, Plaxis, Ansys, Abaqus та інших. В даних програмних комплексах реалізовано велику кількість різних методик розрахунку ґрунтової основи. Наприклад, Егорова Е.С., Йоскевич А.В., Йоскевич В.В., Агишев К.Н., Кожевников В.Ю. [7] виконали порівняння розрахункових значень осідань за результатами застосування нормативної методики [8], та в програмних комплексах SCAD Office і Plaxis. В Україні широке розповсюдження отримав програмний комплекс Plaxis. Розрахунки стійкості зсувонебезпечного схилу виконуються за розрахунковою схемою в цьому програмному комплексі на різних етапах формування зсуву. У програмному комплексі Plaxis ґрунт моделюється як багатокомпонентний матеріал, в якому виникає поровий тиск. Програмний комплекс Plaxis дозволяє моделювати поетапне зведення споруди, екскавацію і відсіпання ґрунту і різні за величиною і напрямками навантаження. За допомогою програми можуть бути виконані розрахунки фільтрації та консолідації ґрунтів, розрахунки стабільності з визначенням потенційних поверхонь руйнування і значень коефіцієнта запасу, які відповідають рівню досягнутих напружень.

**Мета роботи.** Розробка методики та дослідження обсягів циклу інструментального моніторингу зсувонебезпечних територій шляхом моделювання в програмному комплексі Plaxis геодинамічних процесів її забудови, що базуються на складових ідеалізо-

ваної моделі зсувонебезпечних територій та їх забудови з врахуванням впливу геологічних умов та факторів природного і техногенного впливу на стійкість об'єктів забудови.

**Викладення основного матеріалу.** Методика дослідження обсягів циклу інструментального моніторингу зсувонебезпечних територій шляхом моделювання геодинамічних процесів її забудови базується на аналізі та синтезі складових умовної ідеалізованої моделі зсувонебезпечних територій та їх забудови. Основою такої моделі є найбільш поширені в Україні геологічні умови, що формують зсувонебезпечні території та забудова таких територій, що у сукупності впливають на перелік факторів природного та техногенного впливу на їх стійкість. Для застосування системи моніторингу виникає потреба встановлення обсягів такого моніторингу, а саме – перелік параметрів (кількість підсистем у складі системи); кількість точок контролю (для встановлення тривалості циклу вимірювань); періодичність та послідовність циклів для кожної підсистеми (для встановлення загальних обсягів вимірювальних робіт). Для можливості визначення техніко-економічних показників вимірювальних робіт та ступеню їх впливу на організаційно-технологічні рішення забезпечення експлуатаційної придатності зсувонебезпечних територій наведемо загальні принципи визначення обсягів такого моніторингу.

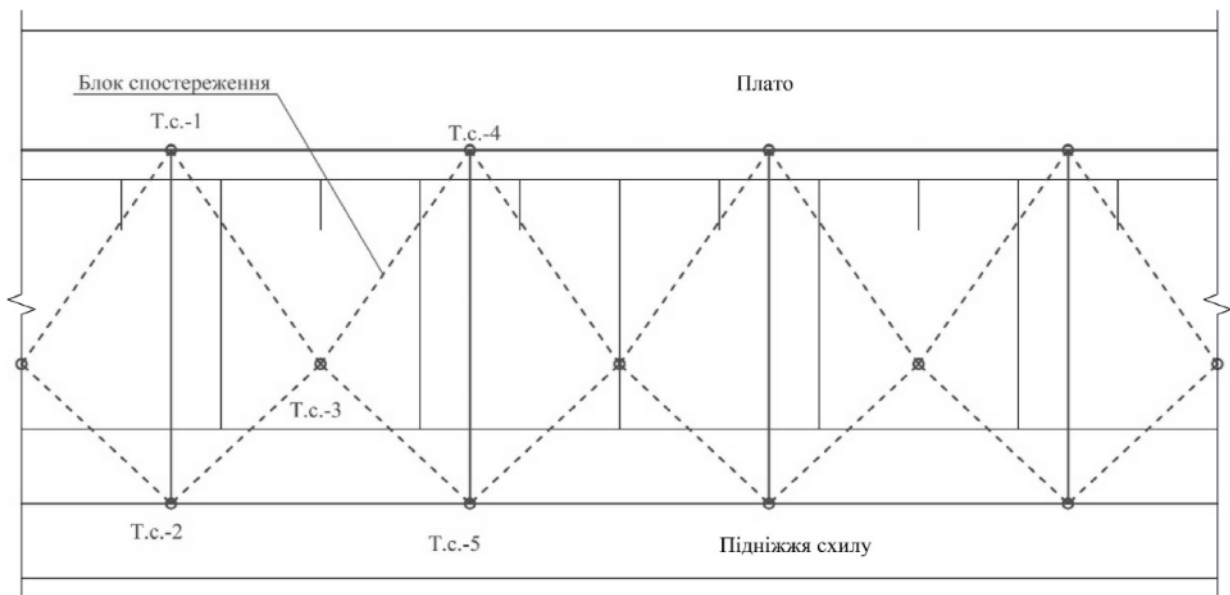
Визначення обсягів вимірювальних робіт у складі інструментального моніторингу забудови на зсувонебезпечних територіях базується на розподілі масиву ґрунту схилу на окремі блоки вздовж зсувонебезпечної території, в межах яких ведуться спостереження за деформаціями поверхні ґрунту, деформаціями в тілі ґрунтового масиву, визначення рівня ґрунтових вод та значення порового тиску. Визначення блоків спостереження прийнято на моделі звичайного схилу (рис. 1).

В залежності від геометричної конфігурації зсувонебезпечної території схилу розподіл на умовно жорсткі неподільні блоки виконуємо згідно даних табл.1, що прийняті, виходячи з припущення, що вірогідність зсуву збільшується при збільшенні висоти і кута нахилу схилу.

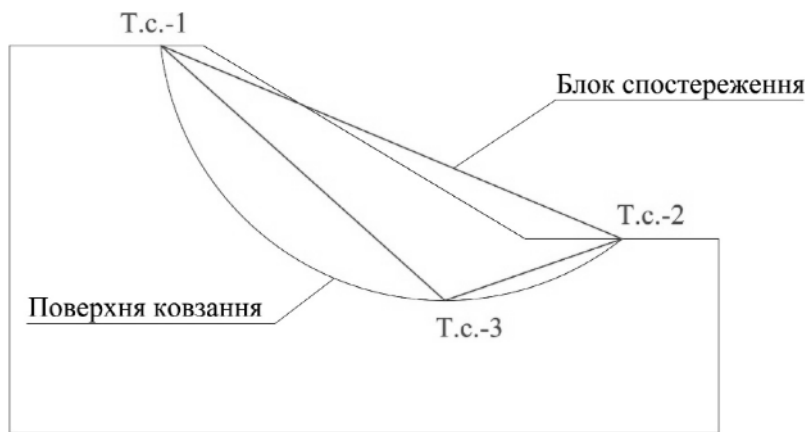
Табл. 1. Розподіл на блоки спостереження в залежності від геометричної конфігурації зсувонебезпечної території схилу, м

Висота схилу*, м	Розмір блоку, м									
	Кут нахилу поверхні схилу*, °									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
5	3000	2500	2000	1500	1000	800	500	300	200	100
10	2500	2000	1500	1000	800	500	300	200	100	70
15	2000	1500	1000	800	500	300	200	100	70	50
20	1500	1100	900	700	400	250	150	80	60	40
25	1300	1000	800	600	300	200	120	60	50	30
30	1200	900	700	500	250	170	110	50	40	25
35	1100	800	600	400	200	150	100	45	35	20
40	1000	700	500	350	180	140	90	40	30	20
45	900	600	450	320	160	120	70	35	25	20
50	800	500	400	300	150	110	60	30	25	20

\* – при проміжних значеннях висоти і куту схилу розмір блоку визначається за інтерполяцією.



А



Б

Рис. 2 Схема розподілу зсувонебезпечної території на блоки спостереження вздовж лінії схилу та вибору точок спостереження (Тс-1 – Тс-5) в межах виділеного об'ємного блоку:

А – на плані; Б – на розрізі

Враховуючи можливість виникнення нерівномірних деформацій в межах розташування будівель та споруд, виходячи з досвіду спостережень, ширину блоку приймаємо не більше 25-30 м. Такий умовно жорсткий неподільний блок приймаємо за умовно мінімальний елемент спостереження, виходячи з припущення, що геометричні та фізичні зміни в межах такого блоку не відбуваються. Тобто, такий блок є кінцевим елементом для визначення обсягів спостережень. При збільшенні вірогідності зсуву розмір такого блоку зменшується.

При змінах фізико-механічних характеристик ґрунтів в обсязі схилу, що призводять до зміни коефіцієнту його стійкості, а саме: геологічної та гідрологічної будови масиву формують нові умовно жорсткі неподільні блоки спостереження, що мають незмінні властивості.

Значна зміна рельєфу призводить до зміни обсягів ґрунтового масиву, що знаходяться у невірноваженому стані на схилі і, відповідно є необхідність у виокремленні блоків спостереження при значній зміні рельєфу.

Наявність в межах зсувонебезпечної території будівель та споруд впливає на збільшення зусиль, що виникають в ґрунтовому масиві у порівнянні з ділянками з відсутньою забудовою і відповідно на зміну

стійкості схилів з більш навантаженими ділянками. Такі ділянки (з наявною забудовою) потребують виокремлення у окремі блоки спостереження. Враховуючи можливість виникнення власних нерівномірних зусиль і деформацій в забудові, що має значні габарити у плані, рекомендується також виокремлювати на окремі блоки спостереження ділянки у межах габаритної будівлі довжиною не більше 25 – 30 м.

Кількість блоків з різними відносними властивостями характеризують динаміку зміни властивостей зсувонебезпечної території.

В межах виділеного блоку вибирають п'ять точок спостереження. Дві точки розташовують на поверхні плато схилу в місці найбільших прогнозованих деформацій (виклинювання на плато кривої ковзання), дві інші точки розташовують на поверхні підніжжя схилу в місці найбільших прогнозованих деформаціях (виклинювання кривої ковзання на підніжжі схилу). П'яту точку спостереження вибирають в місці максимальних деформацій в тілі зсувного масиву (рис.2-3).

Просторові координати розташування точок спостережень ( $K$  розт) визначають аналітичними та числовими методами в залежності від параметрів: висоти ( $h$ ) та кута ( $\alpha$ ) схилу, фізико-механічних параметрів ґрунту (щільності  $\gamma$ , кута внутрішнього тертя  $\phi$ ,

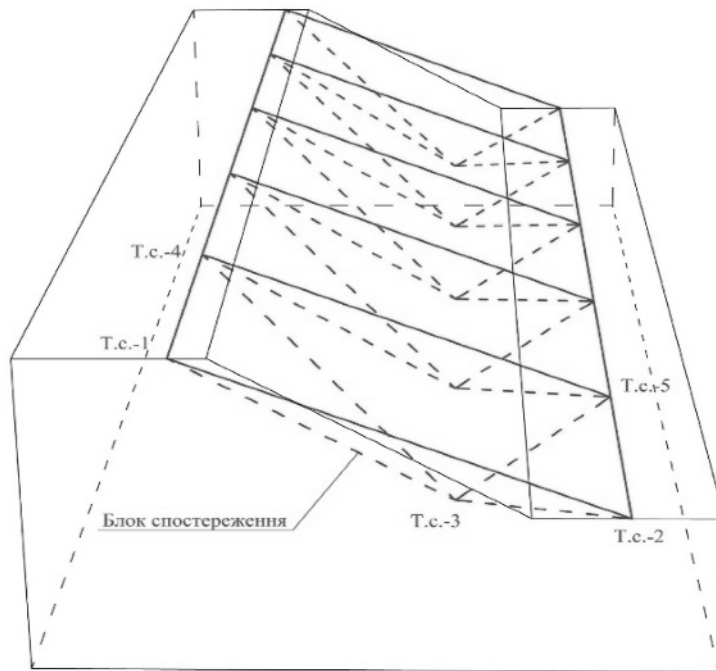


Рис. 3 Просторова схема розташування блоків спостереження на схилі у вигляді кінцевих елементів можливого зсуву (для однорідного схилу)

зчеплення  $c$ , модуля деформації  $E$ ), порового тиску ( $p$ ):

$$K_{\text{розг}} = f(h, \alpha, \gamma, \phi, c, E, p)$$

П'ять точок спостережень формують просторову піраміду, яка умовно імітує тіло зсуву. Просторова "піраміда" (рис. 3) сформована точками спостережень на окремому блоці приймається як кінцевий елемент тіла зсуву. Інструментальний моніторинг такого елемента дає можливість фіксації виникнення деформацій та прогнозування розвитку зсувного процесу.

В загальному випадку обсяг циклу спостережень ( $Mni$ ) у складі інструментального моніторингу зсувонебезпечної території визначено, як

$$Mni = Nc-n Ni,$$

де  $Nc-n$  — кількість точок спостереження в межах одиничного неподільного блоку (кінцевого елемента) спостережень;

$Ni$  — кількість одиничних неподільних блоків (кінцевих елементів) спостережень території інструментального моніторингу.

Тривалість трудового процесу визначення фізико-технічних характеристик, зсувонебезпечної території ( $Tni$ ):

$$Tni = Tc-n Ni,$$

$$Tc-n = Tc-1 + Tc-2 + Tc-3 + Tc-4 + Tc-5,$$

де,  $Tc-n$  — тривалість трудового процесу визначення фізико-технічних характеристик в межах одиничного неподільного блоку спостережень;

$Tc-1 \dots - Tc-5$  — тривалість трудового процесу визначення фізико-технічних характеристик в одній точці в межах одиничного неподільного блоку спостережень.

Трудовитрати виконання трудового процесу визначення фізико-технічних характеристик, зсувонебезпечної території ( $Qni$ ):

$$Qni = Tc-n Ni \cdot \text{Чл},$$

де  $\text{Чл}$  — чисельність ланки для виконання трудового процесу інструментального моніторингу з визначення фізико-технічних характеристик зсувонебезпечної території.

зпечної території.

Визначення обсягів циклу інструментального моніторингу проведено шляхом дослідження з використанням ідеалізованої моделі варіантів компенсаційних заходів при поступовій втраті схилом стійкості протягом його життєвого циклу. За результатами інструментальних спостережень у прийнятих точках на схилі основним чинником втрати стійкості вибрано обводнення схилу, як найбільш впливовий фактор зміни стійкості. Ідеалізована модель базується на розподілі масиву ґрунту схилу на окремі блоки вздовж зсувонебезпечної території, в межах яких ведуться спостереження за деформаціями поверхні та в тілі ґрунтового масиву, а також визначення рівня ґрунтових вод та значення порового тиску. Розділення на блоки виконане за результатами розрахунків у програмному комплексі Plaxis.

В результаті розрахунків отримані ізополя ймовірних деформацій, значення граничних деформацій для трьох стадій існування схилу, оскільки наявність різних факторів впливу вимагає виділення таких стадій. Визначені поверхні ковзання ймовірних зсувів. Стадійність забудови схилу ідеалізованої моделі розділена на три основні етапи за принципом збільшення рівня урбанізації та техногенного впливу, а саме:

1) схил знаходиться у природньому стані без забудови та споруд інфраструктури.

2) на схилі влаштована цегляна 5-ти поверхова будівля з під'їзною дорогою.

3) на схилі влаштована новобудова — 25-поверхова монолітно-каркасна будівля з підземною частиною і фундаментом з палів.

Для визначення обсягів циклу інструментального спостереження в межах ідеалізованої моделі згідно методики наведеної вище виділяють блоки спостереження для кожного розрахункового етапу.

В межах виділеного блоку вибирають п'ять точок спостереження. Дві точки розташовують на по-

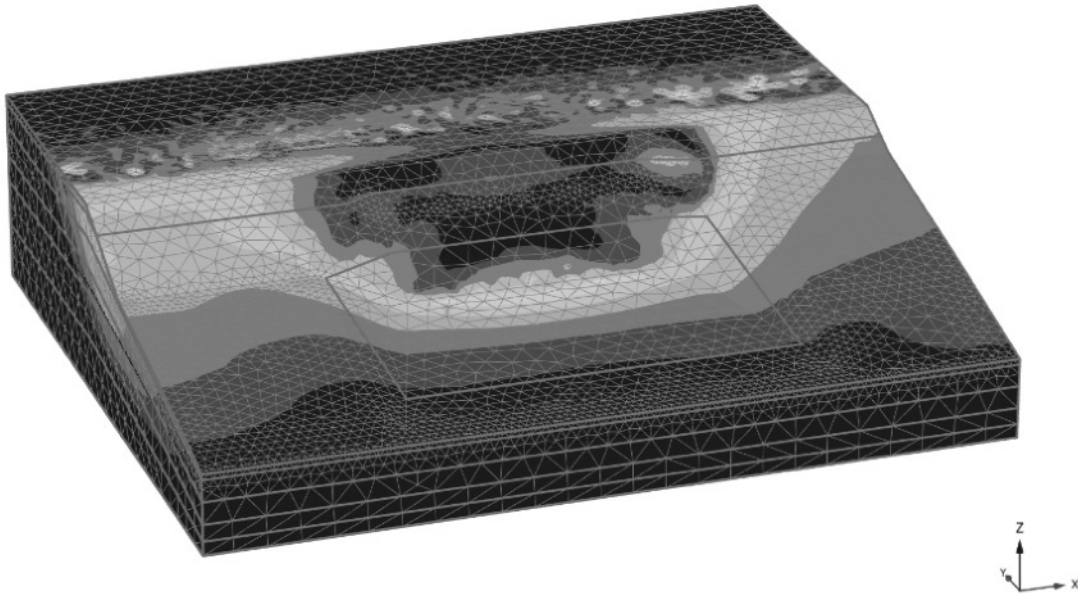


Рис. 4 Ізополя деформацій ґрунтового масиву в просторовому вигляді для схилу в природньому стані

верхні плато схилу в місці найбільших прогнозованих деформацій (виклинювання на плато кривої ковзання), дві другі точки розташовують на поверхні підніжжя схилу в місці найбільших прогнозованих деформаціях (виклинювання кривої ковзання на підніжжі схилу). П'ять точку спостереження вибирають в місці максимальних деформацій в тілі зсувного масиву.

П'ять точок спостережень формують просторову піраміду, яка умовно імітує тіло зсуву. Просторова піраміда сформована точками спостережень на окремому блоці приймається як кінцевий елемент тіла зсуву. Інструментальний моніторинг такого елемента дає можливість фіксації виникнення деформацій та прогнозування розвитку зсувного процесу.

Етап 1 — схил знаходиться у природньому стані без забудови та споруд інфраструктури. Для даного етапу згідно методики блоки спостереження виділяються за ознакою зміни рельєфу схилу. В кожному блоці спостереження виділяють відповідні точки спостереження. Для визначення обсягів циклу інструментальних спостережень за результатами розрахунків для цієї стадії існування схилу визначено обсяг блоків та точок спостереження (рис. 4-8), де: на рис. 4 — наведено ізополя деформацій ґрунтового масиву в просторовому вигляді (ізометрії) для схилу в природньому стані; на рис. 5 — виділено блоки та точки спостереження в вигляді плану для схилу в природньому стані; на рис. 6-8 — вказано точки спостереження блоків №1,2 і 3 для схилу в природньому стані.

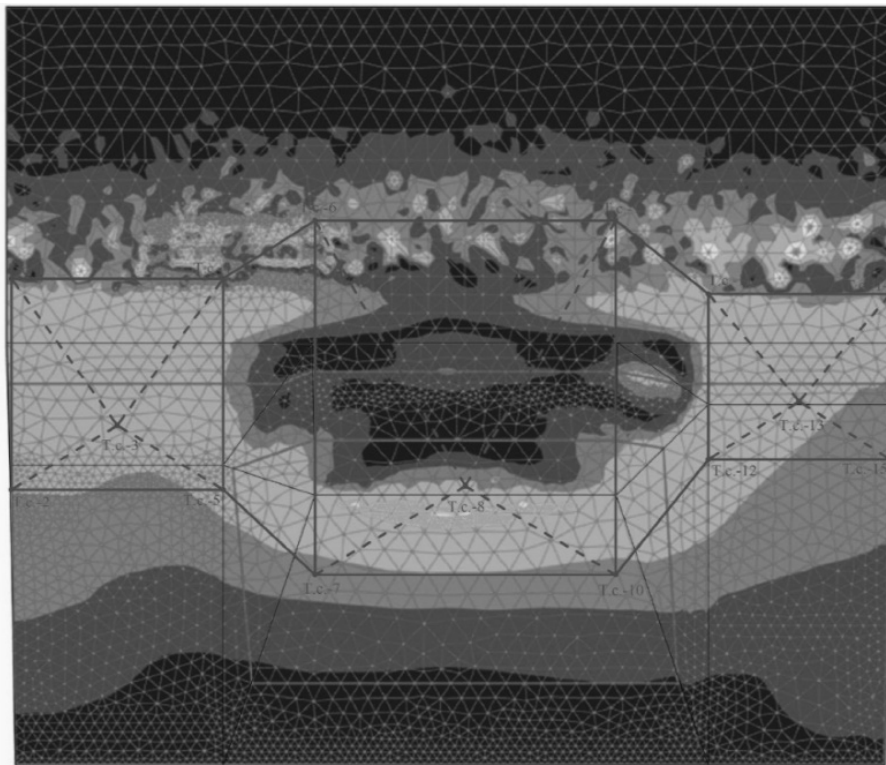


Рис. 5 Блоки та точки спостереження в вигляді плану для схилу в природньому стані

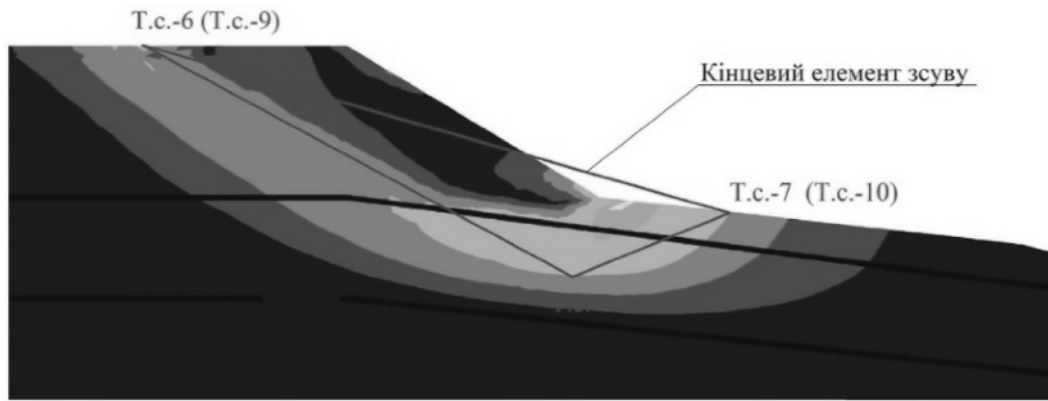


Рис. 6 Точки спостереження блоку №1 для схилу в природньому стані

Схил ідеалізованої моделі у природньому стані без забудови та споруд інфраструктури характеризується трьома основними ділянками зі значною різницею у рельєфі і відповідно для визначення обсягів інструментального спостереження згідно методики виділяється 3 блоки та 14 точок спостереження.

Етап 2 – на схилі влаштована цегляна 5-ти поверхова будівля з під'їзною дорогою. Для даного етапу згідно методики блоки спостереження виділяються за ознакою зміни рельєфу схилу та наявністю забудови. В кожному блоці спостереження виділяють відповідні точки спостереження. Для визначення обсягів циклу інструментальних спостережень за результатами розрахунків для цієї стадії існування схилу визначено обсяг блоків та точок спостереження (рис. 9-14), де: на рис. 9 – наведено ізополю деформацій ґрунтового масиву в просторовому вигляді (ізометрії) для схилу з 5-ти поверховою будівлею; на рис. 10 – виділено блоки та точки спостереження в вигляді плану для схилу з 5-ти поверховою будівлею; на рис. 11-14 – вказано точки спостереження блоків

№1,2, 3 і 4 для схилу з влаштуванням цегляної 5-ти поверхової будівлі.

Схил ідеалізованої моделі з цегляною 5-ти поверховою будівлею характеризується трьома основними ділянками зі значною різницею у рельєфі та однією будівлею і відповідно для визначення обсягів інструментального спостереження згідно методики виділяється 4 блоки та 16 точок спостереження.

Етап 3 – на схилі влаштована новобудова – 25-поверхова монолітно-каркасна будівля з підземною частиною і фундаментом з паль.

Для даного етапу згідно методики блоки спостереження виділяються за ознакою зміни рельєфу схилу та наявністю забудови. В кожному блоці спостереження виділяють відповідні точки спостереження. Для визначення обсягів циклу інструментальних спостережень за результатами розрахунків для цієї стадії існування схилу визначено обсяг блоків та точок спостереження (рис. 15-20), де: на рис. 15 – наведено ізополю деформацій ґрунтового масиву в просторовому вигляді (ізометрії) для схилу з новобудо-

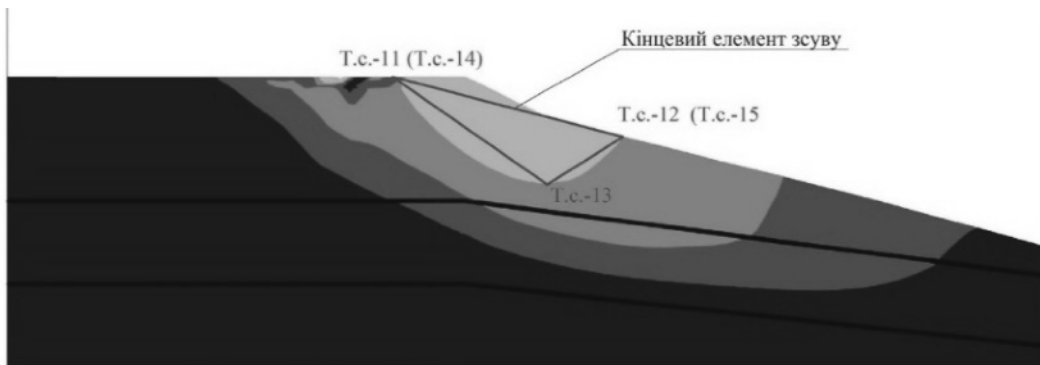


Рис. 7 Точки спостереження блоку №2 для схилу в природньому стані

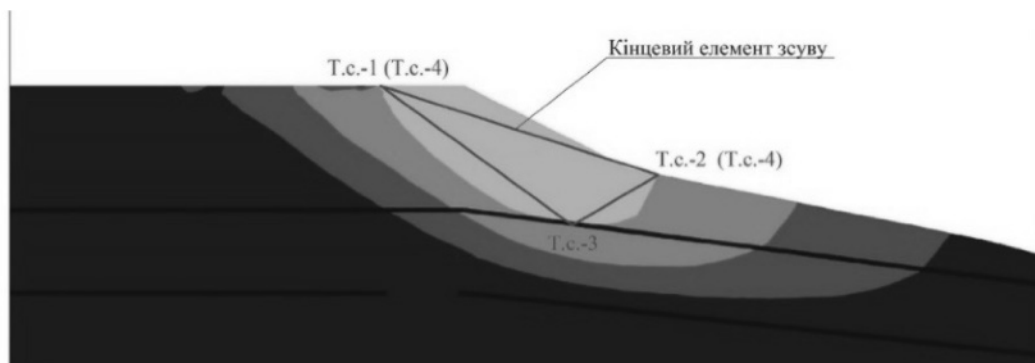


Рис. 8 Точки спостереження блоку №3 для схилу в природньому стані



Рис.9 Ізополя деформацій ґрунтового масиву в просторовому вигляді для схилу з 5-ти поверховою будівлею

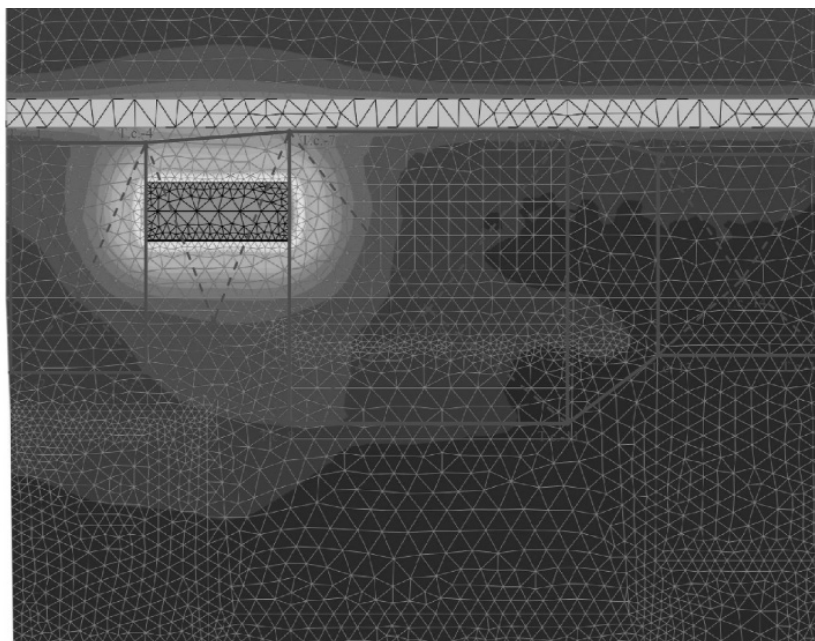


Рис.10 Блоки та точки спостереження в плані для схилу з 5-ти поверховою будівлею

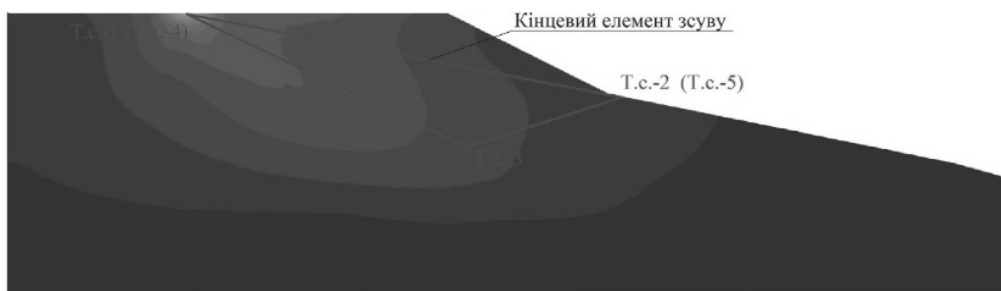


Рис. 11 Точки спостереження блоку №1 для схилу з 5-ти поверховою будівлею

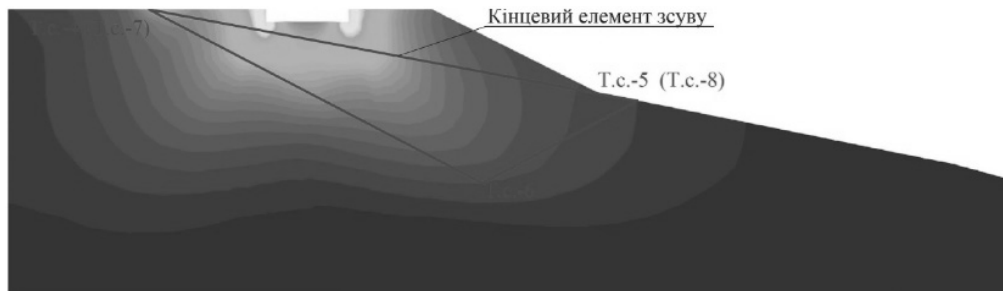


Рис. 12 Точки спостереження блоку №2 для схилу з 5-ти поверховою будівлею

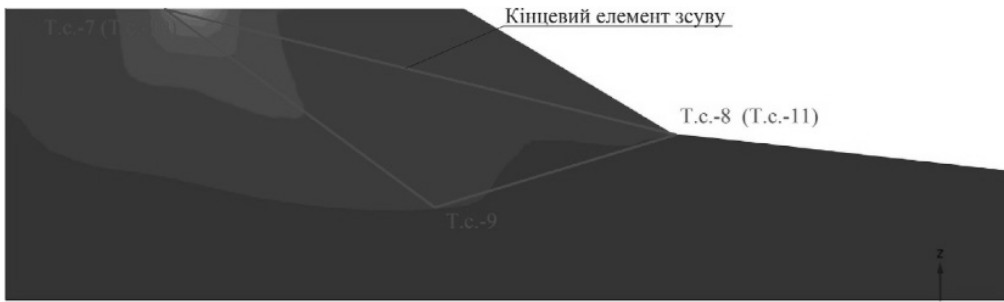


Рис. 13 Точки спостереження блоку №3 для схилу з 5-ти поверховою будівлею

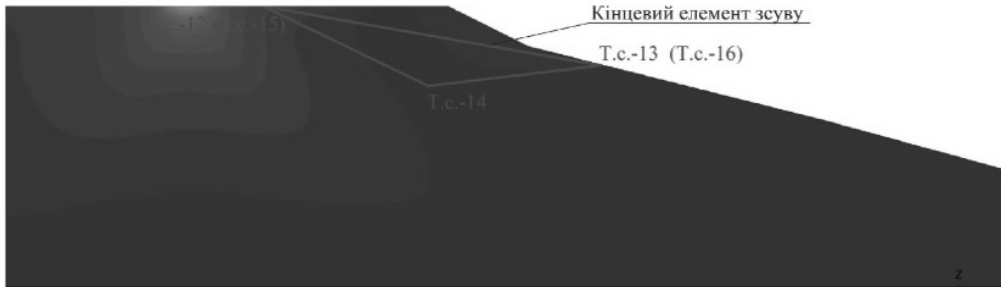


Рис. 14 Точки спостереження блоку №4 для схилу з 5-ти поверховою будівлею

вою; на рис. 16 - виділено блоки та точки спостереження в вигляді плану для схилу з новобудовою; на рис. 17 - 20 - вказано точки спостереження блоків №1,2, 3 і 6 для схилу з новобудовою.

Схил ідеалізованої моделі з 25-ти поверховою новобудовою характеризується трьома основними ділянками зі значною різницею у рельєфі та двома будівлями, слід відмітити, що враховуючи значні габарити новобудови вона розділяється додатково на два блоки, відповідно для визначення обсягів інструментального спостереження виділяється 6 блоків та 22 точки спостереження.

Для прогнозу подальшої експлуатації схилу, будівель і споруд ідеалізованої моделі виділені додаткові стадії розрахунку з урахуванням впливу негативного фактору (зміна гідрологічного режиму), що впли-

ває на загальну стійкість зсувонебезпечної території. Блоки та точки спостереження на різних етапах зміни гідрологічного режиму прийняті з етапу експлуатації новобудови для можливості своєчасного виявлення зміни сталого стану блоків спостереження.

Етап зміни гідрологічного режиму схилу розраховувався поетапно для різних варіантів:

Варіант 1. Розрахунок значного обводнення ґрунтового масиву. В результаті розрахунку визначено, що при значному обводненні стійкість схилу втрачається (коефіцієнт стійкості схилу менше 1,0) і без додаткових заходів будівлі, що влаштовані на плато схилу зазнають деформацій, які можуть призвести до втрати стійкості конструкцій будівлі.

Варіант 2. Розрахунок значного обводнення ґрунтового масиву з влаштуванням утримуючої схил спо-

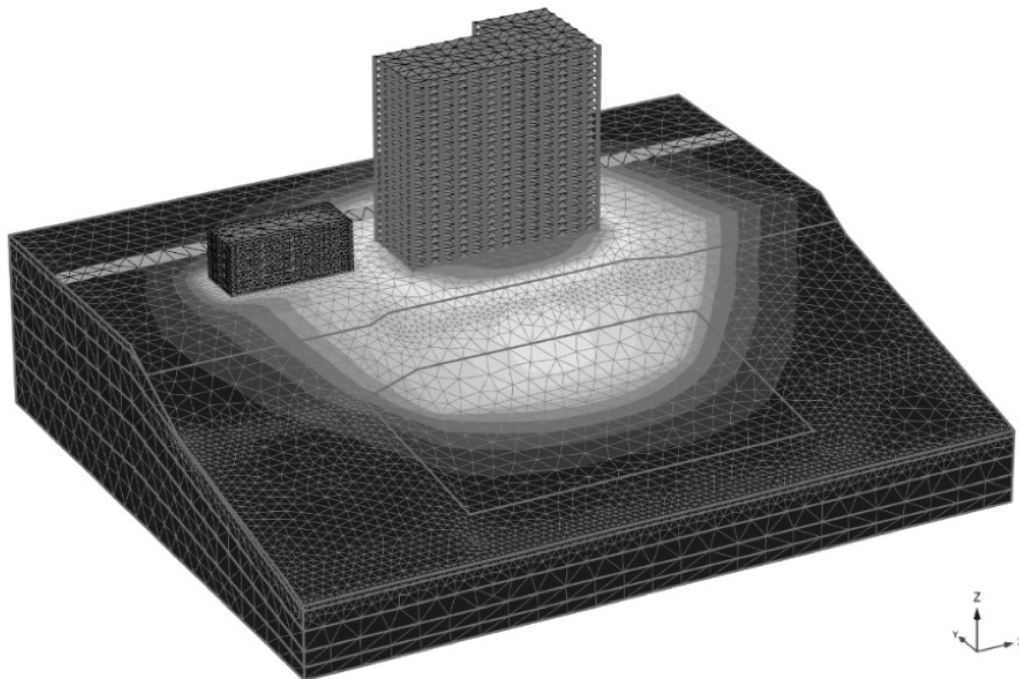


Рис.15 Ізополя деформацій ґрунтового масиву в просторовому вигляді для схилу з новобудовою



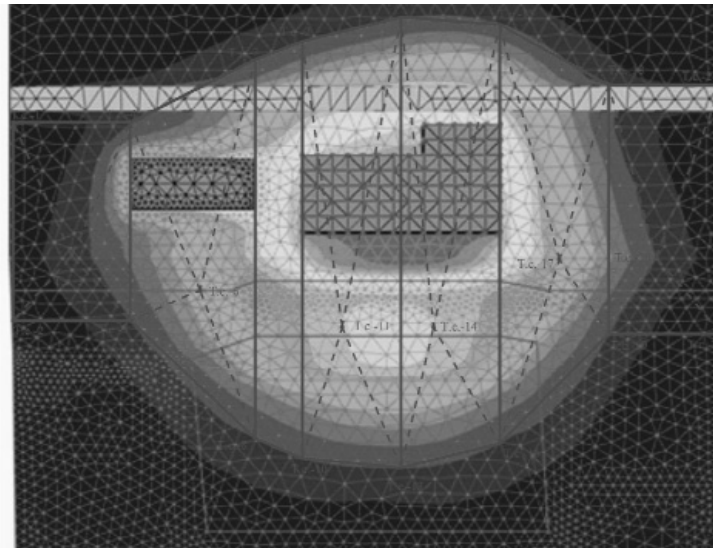


Рис.16 Блоки та точки спостереження в плані для схилу з новобудовою

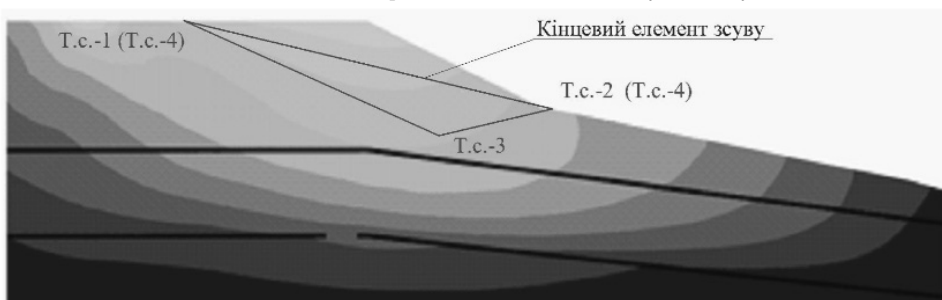


Рис. 17 Точки спостереження блоку №1 для схилу з новобудовою

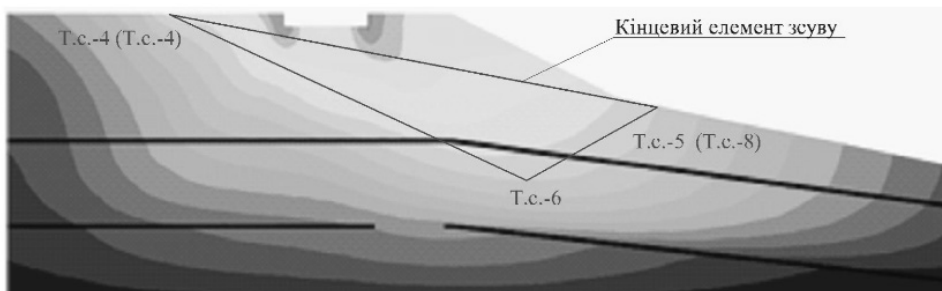


Рис. 18 Точки спостереження блоку №2 для схилу з новобудовою

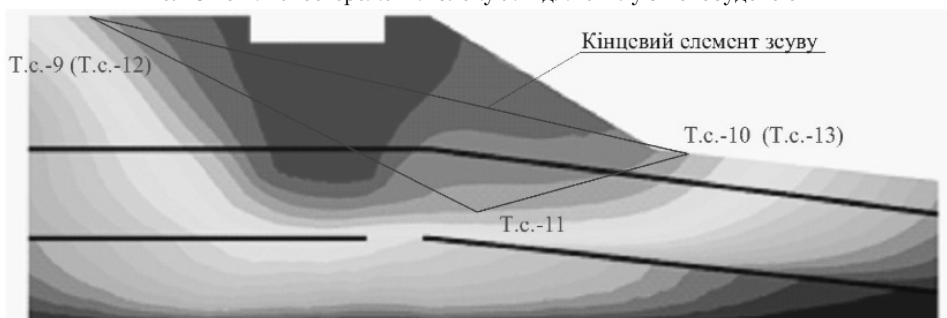


Рис. 19 Точки спостереження блоку №3 для схилу з новобудовою

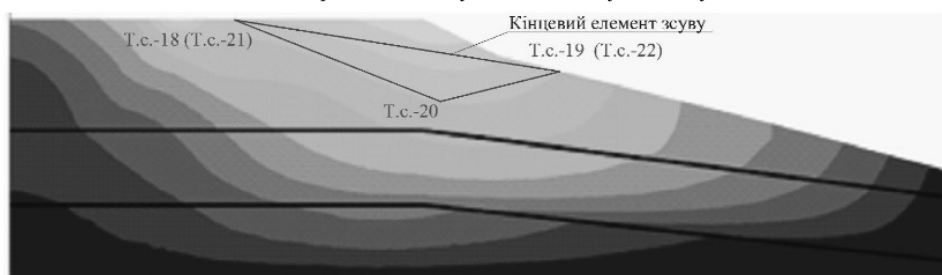


Рис. 20 Точки спостереження блоку №6 для схилу з новобудовою

руди у вигляді підпірної стіни. Аналіз розрахунку показав, що для приведення схилу до стійкого стану необхідне влаштування потужних компенсаційних заходів у вигляді підпірної стіни протяжністю 120 м з пал' діаметром 820 мм, кроком 1,2 м та довжиною 30 м. Влаштування такої підпірної стіни дає можливість забезпечити стійкість схилу (коефіцієнт стійкості більше 1,25) в межах зсувонебезпечної території.

Варіант 3. Розрахунок поступової зміни гідрологічної ситуації з влаштуванням компенсаційних заходів в залежності від результатів моніторингу зсувонебезпечної території. Постійне спостереження за зміною рельєфу, глибинними деформаціями та зміною гідрологічної ситуації дає можливість застосовувати протизсувні заходи на початкових стадіях втрати стійкості схилу зсувонебезпечної території.

Змодельовано підняття рівня ґрунтових вод на схилі на 3 м, що призводить до зниження коефіцієнту стійкості схилу нижче допустимого значення (менше 1,25). Аналіз проведеного розрахунку показав, що для забезпечення стійкості схилу достатньо влаштування

системи водовідведення (дренажу) на плато. Влаштування на цьому етапі дренажу дозволяє знизити рівень ґрунтових вод та забезпечити коефіцієнт стійкості схилу більше 1,25.

Змодельована ситуація з неефективною роботою системи дренажу подальшого підняття рівня ґрунтових вод на 3 м, що знову призводить до зниження коефіцієнту стійкості схилу нижче допустимого значення (менше 1,25). Аналіз проведеного розрахунку показав, що на даному етапі влаштування гравітаційної підпірної стіни з 3-х рядів габіонів у підніжжі схилу призводить до стабілізації схилу (коефіцієнт стійкості схилу більше 1,25).

В результаті розрахунків отримуються дані щодо граничних значень показників, які фіксуються системою моніторингу.

Аналіз розрахунків, виконаних на ідеалізованій моделі, показали, що застосування системи моніторингу дозволяє своєчасно реагувати на наближення контрольованих показників до граничних значень і завчасно використовувати оптимальні (менш затратні) компенсаційні заходи для стабілізації схилу.

#### Література

1. Типологія та ранжування зсувних процесів і протизсувних заходів у межах інженерно-геологічних регіонів України з врахуванням критерію уразливості./ П.Є. Григоровський, Ю.М. Червяков, Л.М. Грубська, В.О. Басанський, С.О. Мармалюк. // Будівельне виробництво – 2019, № 68, С. 39-46.
2. Зуска А.В. Визначення зсувонебезпечних ділянок за результатами геодезичного моніторингу / Інженерна геодезія -2014, вип. 60, С. 14-22
3. ГОСТ Р 22.1.06-99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов. Общие требования
4. Григоровський П.Є. Будівельно-інформаційні моделі і методи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань в будівництві [Текст] : монографія. / П.Є.Григоровський – К: Майстер книг, 2019. – 340 с.
5. Григоровський П.Є. Методологічні основи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань при зведенні та експлуатації будівель і споруд дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.23.08. Харків : ХТУБА. 2018. 503 с.
6. Дослідження операцій: навчальний посібник / О.О. Терент'єв, О.В. Доля, О.І. Баліна. – К.: Компрінт, 2020. – 116 с.:іл. 2.
7. Егорова Е.С., Иоскевич А.В., Иоскевич В.В., Агисhev К.Н., Кожевников В.Ю. Модели ґрунтов, реализованные в программных комплексах SCAD Office и Plaxis 3D// Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №3 (42). С. 31-60.
8. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*

#### References

1. Typology and ranking of landslide processes and landslide measures within the engineering and geological regions of Ukraine, taking into account the criterion of vulnerability. P.E. Hrigorovskiy, Yu.M. Червяков, Л.М. Грубська, В.О. Basansky, S.O. Marmalyuk. // Construction production – 2019, № 68, P. 39-46.
2. Zuska AV Determination of landslide-prone areas based on the results of geodetic monitoring / Engineering Geodesy -2014, vol. 60, pp. 14-22
3. GOST R 22.1.06-99 Safety in emergency situations. Monitoring and forecasting of dangerous geological phenomena and processes. General requirements
4. Hrigorovskiy PE Building-information models and methods of formation of organizational-technological decisions of instrumental measurements in construction [Text]: monograph. / PE Grigorovsky – K: Master of Books, 2019. – 340 p.
5. Hrigorovskiy PE Methodological bases of formation of organizational and technological decisions of instrumental measurements at construction and operation of buildings and constructions dis. ... Dr. Tech. Science: special. 05.23.08. Kharkiv: KhTU-BA. 2018. 503 p.
6. Research of operations: a textbook / O.O. Terentyev, OV Dolya, OI Balina. – K.: Comprint, 2020. – 116 pp.: ill. 2.
7. Egorova ES, Ioskevich AV, Ioskevich VV, Agishev KN, Kozhevnikov V.Yu. Soil Models Implemented in SCAD Office and Plaxis 3D Software Systems // Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. No. 3 (42). S. 31-60.
8. SP 22.13330.2011 Foundations of buildings and structures. Updated edition of SNiP 2.02.01-83 \*

**П.Е. Григоровский**, д.т.н., ВрИО директора ГП "НИИСП", г. Киев,  
Orcid 0000200032052725890;  
**В.О.Басанский**, зав. сект. ГП "НИИСП", г. Киев,  
Orcid 0000200022785027798;

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ЦИКЛА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИХ ЗАСТРОЙКИ

**Аннотация.** Приведенная методика исследования объемов цикла инструментального мониторинга оползневых территорий путем моделирования геодинамических процессов ее застройки, основанный на анализе и синтезе составных условной идеализированной модели оползнеопасных территорий и их застройки в течение жизненного цикла ее существования. Основой такой модели является наиболее распространенные в Украине геологические условия, формирующие оползнеопасные территории и застройку таких территорий, которые в совокупности влияют на перечень факторов природного и техногенного влияния на их устойчивость. Исходными данными для выбора системы и проектирования технологии измерительных работ при наличии угрозы оползней являются: устойчивость склонов и их крутизна; состояние и геологический состав грунтового основания; источники подтоплений и вибраций, является угрозой нарушения устойчивости склонов. Риски повреждений оцениваются на основе данных инженерных изысканий, предназначенных для проектирования мероприятий по уменьшению негативных последствий, обусловленных геологическими процессами, природными и техногенными чрезвычайными ситуациями

**Ключевые слова:** инструментальный мониторинг; оползни; методика; моделирование; технология строительства; организация строительства.

**P.E. Hryhorovskiy**, Doctor of Technical Sciences, Acting Director State Enterprise "Research institute of building production named V.S. Balitsky", Kyiv,  
Orcid 0000200032052725890;  
**V.O. Basanskyi**, Head of Sector, State Enterprise "Research institute of building production named V.S. Balitsky", Kyiv,  
Orcid 0000200022785027798

### RESEARCH OF VOLUMES OF THE CYCLE OF INSTRUMENTAL MONITORING OF LANDLESS DANGEROUS TERRITORIES BY SIMULATION OF GEODYNAMIC PROCESSES OF THEIR PROCEDURES

**Annotation.** The method of research of cycles of instrumental monitoring of landslide areas by modeling geodynamic processes of its development based on the analysis and synthesis of components of conditional idealized model of landslide areas and their development during the life cycle of its existence is given. The basis of this model is the most common geological conditions in Ukraine, which form landslide-prone areas and the development of such areas, which together affect the list of factors of natural and man-made impact on their stability. The initial data for the choice of the system and the design of the technology of measuring works in the presence of the threat of landslides are: the stability of the slopes and their steepness; condition and geological composition of the soil base; sources of flooding and vibration, which is a threat to the stability of the slopes. Damage risks are assessed on the basis of engineering surveys designed to design measures to reduce the negative effects caused by geological processes, natural and man-made emergencies.

**Key words:** instrumental monitoring; landslides; methods; modeling, construction technology; construction organization.