

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"**

ПОНОМАРЕНКО ІВАН ОЛЕКСАНДРОВИЧ



УДК 624.131.3

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАХИСНОЇ СИСТЕМИ З
ДИСКРЕТНИХ УТРИМУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ
ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ІЗ СПОВЗАЮЧИМ ҐРУНТОВИМ МАСИВОМ
ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЗСУВІВ**

Спеціальність 05.15.09 – “Ґеотехнічна і гірнича механіка”

**Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпро – 2021

Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі «Промислове і цивільне будівництво» Черкаського державного технологічного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, професор
ДОНЧЕНКО Павло Архипович,
завідувач кафедри «Промислове і цивільне будівництво» Черкаського державного технологічного університету
Міністерства освіти і науки України.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
КОВРОВ Олександр Станіславович,
професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища
Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»
Міністерства освіти і науки України;

кандидат технічних наук
КРИСАН Володимир Іванович,
директор ТОВ «Геопротект» (м. Дніпро).

Захист дисертації відбудеться “23” вересня 2021 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 при Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19, т. 47-24-11).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19).

Автореферат розіслано “20” серпня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.В. Солодянкін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Несприятливе поєднання різноманітних факторів (природних, техногенних, людських та ін.) призводить до виникнення зсувів, як катастрофічних проявів процесів у масивах гірських порід. Внаслідок цього виникають загрози людському життю, пошкодження та руйнування житлових і промислових будівель та об'єктів і мереж інфраструктури, значні матеріальні втрати.

Також відомо, що серед надзвичайних ситуацій геологічного походження 60% становлять саме зсуви.

Явища зсувоутворення мають місце у всьому світі, у тому числі в Україні. Так, починаючи з 1992 року, тенденція збільшення частоти сходу зсувів має місце майже у всіх регіонах України, особливо в Дніпропетровській, Харківській, Київській, Полтавській і Черкаській областях, Карпатському регіоні та Криму.

Прояв зсувів у багатьох регіонах України має руйнівний, а іноді катастрофічний характер. Це створює постійну загрозу виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, а також небезпеку для здоров'я та життя людей.

Одним із способів запобігання зсувам є улаштування утримуючих конструкцій, які сприймають на себе зсувний тиск і таким чином або стабілізують або повністю попереджають виникнення зсувів.

Однак використання утримуючих конструкцій потребує великих матеріальних витрат. Крім того їх улаштування – трудомісткий процес, особливо якщо вини являють собою суцільну конструкцію.

Тому слід звернути увагу на улаштування дискретних утримуючих конструкцій у вигляді розташованих із деяким кроком контрфорсів з прямокутних елементів та бурових паль. Слід також підкреслити, що застосування таких конструкцій може бути значно здешевлене завдяки застосуванню бурозмішувальної технології виготовлення таких конструкцій.

Улаштування дискретних утримуючих конструкцій нерідко має низьку ефективність. Це обумовлено вадами сучасних методів їх розрахунку та проектування, а саме – недостатньою вивченістю особливостей взаємодії дискретних утримуючих конструкцій з ґрунтом, відсутністю чітких вказівок щодо призначення кроку розстановки утримуючих конструкцій, їх розмірів та інших параметрів системи «сповзаючий ґрунтовий масив – дискретна утримуюча конструкція». На розв'язання цих актуальних питань проблеми забезпечення стійкості зсувонебезпечних територій, спрямовані викладені у даній роботі матеріали досліджень.

Таким чином, встановлення закономірностей взаємодії дискретних утримуючих конструкцій з ґрунтовим масивом з обґрунтуванням параметрів захисної системи, що забезпечить стійкість зсувонебезпечних схилів є актуальним науково-практичним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, патентами:

Дисертаційна робота виконувалася в межах наукових програм, а саме: "Комплексній програмі протизсувних заходів на 2005-2014 роки", запроваджен-

ній постановою Кабінетів Міністрів України від 22 вересня 2004 року № 1256; Загальнодержавній програмі розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року, затвердженій законом України від 21 квітня 2011 року №3268-VI; Загальнодержавній програмі розвитку малих місій затвердженій законом України від 4 березня 2004 року № 1580-VI; Концепції Комплексної програми протизсувних заходів затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 258-р від 16 травня 2002 року.

Метою роботи є визначення закономірностей взаємодії сповзаючого ґрунтового масиву з дискретними утримуючими конструкціями у системі «сповзаючий ґрунтовий масив – дискретна утримуюча конструкція».

Основна ідея роботи полягає у використанні сучасної версії запропонованої М. М. Протодьяконовим теорії арочного ефекту для розрахунку міцності та стійкості ґрунту у зоні його взаємодії з протизсувними утримуючими дискретними спорудами і на цій основі – визначення конструктивних параметрів цих споруд.

Об'єктом досліджень є механічні процеси, що відбуваються у системі «сповзаючий ґрунтовий масив – дискретна утримуюча конструкція» внаслідок прояву зсувів.

Предмет дослідження – технологічні параметри захисної системи з дискретними утримуючими конструкціями.

Відповідно до поставленої мети сформульовано такі **задачі досліджень**:

- виконати аналіз сучасного стану питань щодо виникнення, а також прояву зсувів та їх стабілізації;
- дослідити переваги та вади дискретних утримуючих конструкцій, а також методів їх проектування та розрахунку;
- експериментальним шляхом дослідити взаємодію дискретних утримуючих конструкцій із сповзаючим ґрунтовим масивом;
- на основі аналізу експериментальних даних розробити нові прогресивні конструкції утримуючих захисних систем з дискретними елементами;
- розробити методику визначення несучої здатності сповзаючого ґрунтового масиву із дискретними та комбінованими утримуючими конструкціями.

Методи дослідження. Методичну основу досліджень складає комплексний підхід, що включає в себе аналіз і узагальнення літературних даних за темою роботи, а також аналітичні та експериментальні дослідження, виконані з метою визначення несучої здатності ґрунту, який взаємодіє із дискретними утримуючими конструкціями, при виникненні зсувів укосів і схилів.

Основні наукові положення, що захищаються в роботі.

1. В зоні впливу утримуючих конструкцій системи «сповзаючий ґрунтовий масив – дискретна утримуюча конструкція» виникає так званий арочний ефект, причому стріла підйому арки поділена на її проліт, чисельно дорівнює відношенню розрахованої з використанням критерію О.М. Шашенка міцності до питомого зчеплення ґрунту, що дозволяє обґрунтовано призначати технологічні параметри захисних систем.

2. Мінімальне значення коефіцієнту стійкості ґрунтового масиву, що знаходиться у зоні впливу утримуючих конструкцій, чисельно дорівнює відношенню розрахованої з використанням критерію О.М. Шашенка міцності ґрунту до зсувного тиску, поділеного на товщину сповзаючого масиву, що дозволяє підвищити надійність проектування захисних систем на зсувонебезпечних територіях.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Для стабілізації і запобігання зсувів вперше запропоновано нову комбіновану дискретно - суцільну конструкцію, одні елементи якої працюють на згин, а інші – на розтяг.

2. Запропоновано модифікацію відомої теорії арочного ефекту, що виникає при взаємодії сповзаючого ґрунтового масиву з дискретними утримуючими спорудами. На цій основі вперше отримані аналітичні залежності, необхідні для визначення таких параметрів: мінімального значення коефіцієнту стійкості сповзаючого ґрунтового масиву, стріли підйому арки, зсувних та утримуючих ґрунтовий масив сил.

3. Досліджено умови взаємодії ґрунту з дискретними утримуючими спорудами на їх контакт. На цій основі отримано нові аналітичні залежності, необхідні для визначення ширини утримуючих конструкцій.

Практичне значення роботи полягає у створенні методики розрахунку стійкості та міцності ґрунту у зоні впливу дискретних утримуючих конструкцій і, на цій основі, удосконалення способів проектування таких конструкцій. Область застосування отриманих в дисертації результатів:

- закріплення і стабілізація зсувонебезпечних укосів і схилів;
- зміцнення бортів відкритих виробок, в тому числі траншей і котлованів;
- попередні дані, необхідні для розрахунку з використанням ЕОМ.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується відповідністю розроблених розрахункових залежностей діючим державним будівельним нормам щодо проектування основ та фундаментів, механіки ґрунтів, проведеними експериментальними дослідженнями, а також гарним збігом теоретичних та експериментальних даних. Зокрема, відносна похибка між натурними та розрахунковими значеннями коефіцієнтів стійкості ґрунтового масиву не перевищує 15%.

Впровадження результатів роботи. Результати досліджень використано при розрахунку та проектуванні дискретних утримуючих конструкцій у м. Дніпро державним підприємством Дніпро-ГПНТІЗ та у м. Києві підприємством «Архітектурна ліга».

Особистий внесок здобувача. Автор самостійно сформулював мету роботи, ідею, завдання досліджень, розробив програму досліджень, проаналізував результати експериментальних і теоретичних досліджень, запропонував розрахункові залежності для визначення конструктивних параметрів дискретних утримуючих споруд.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи викладено в доповідях і обговорено на міжнародних науково-технічних конференціях: І наук.-практ. інтернет-конференція «Надійність та безпека

об'єктів будівництва» (Черкаси, 2016), International Multidisciplinary Conference «Key Issues of Education and Sciences: Development Prospects for Ukraine and Poland (Сталёва-Воля, Польща, 2018), Українському гірничому форумі (Дніпро, 2020), XXIII International Science Conference «Theory, practice and science» (Токіо, Японія, 2021).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 19 наукових праць, з яких одна монографія, 6 статей у спеціалізованих фахових виданнях (з них одна – у науковому виданні іншої держави), 4 доповіді у збірниках матеріалів конференцій, 5 патентів України на корисну модель, 3 статті – в інших виданнях.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 122 найменувань на 12 сторінках і 8 додатків на 9 сторінках. Містить 116 сторінок машинописного тексту, 49 рисунків і 10 таблиць. Загальний обсяг дисертації становить 175 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, сформульовані наукові положення, які виносяться на захист, висвітлено наукове і практичне значення отриманих результатів досліджень, показано особистий внесок автора та наведена інформація стосовно апробації та публікацій результатів досліджень.

У першому розділі наведено аналіз літературних джерел, присвячених проблемі досліджень та розглянуто питання актуальності поставлених при написанні дисертаційної роботи задач.

Розділ має таку структуру:

На першому етапі було проаналізовано загальні дані щодо зсувних процесів та конструкцій, які у даний час використовують для стабілізації та зупинки зсувів. На цій основі було визначено основні напрямки проведення досліджень.

Далі було розглянуто та проаналізовано сучасні методи визначення стійкості укосів та схилів, а також зсувного тиску на утримуючі конструкції. Це дозволило визначити найбільш придатний для вирішення поставлених при написанні дисертаційної роботи задач.

Виконаний аналіз сучасних моделей ґрунтових основ. Ці дані дозволили визначити міцність та стійкість ґрунту у зоні його взаємодії з дискретними протизсувними спорудами.

Аналіз матеріалів наукових праць таких дослідників, як М.Н. Гольдштейн, Ю.Л. Винников, С.С. Вялов, Ю.К. Зарецький, М.М. Маслов, В.Д. Петренко, К. Терцагі, В.Г. Шаповал, В.Б. Швець, О.М. Шашенко, М.А. Цитович, дозволив зробити висновок про те, що основною умовою виникнення зсувів є наявність перепаду висот, тобто зсув не може виникнути на абсолютно рівній поверхні. Також було встановлено такі причини втрати стійкості укосів і схилів:

- неприпустиму крутизну укосу або схилу;

- підрізку схилу або укусу, що знаходиться в стані, близькому до граничного;
- збільшення зовнішнього навантаження (зведення споруд, складування матеріалів та ін. на укосі (схилі) або поблизу його бровки);
- зміну внутрішніх сил (наприклад, збільшення питомої ваги ґрунту за рахунок підвищення його вологості або, навпаки, зменшення за рахунок виштовхуючої дії води);
- неправильне призначення розрахункових характеристик ґрунту;
- зниження опору ґрунту зрушенню за рахунок підвищення вологості або інших причин;
- прояв гідродинамічного тиску;
- вплив сейсмічних сил та різного роду динамічних впливів (рух транспорту, забивання паль, трамбування і т. п.).

Подальший аналіз Українських державних норм та робіт таких дослідників, як П.А. Аббасов, А.О. Бартоломей, Б.В. Бахолдін, В.Г. Березанцев, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, М.М. Герсеванов, М.Н. Гольдштейн, Б.І. Далматов, Н.М. Дорошкевич, М.Ф. Друкований, М.П. Дубровський, М.Л. Зоценко, О.С. Ковров, М.В. Корнієнко, В.І. Крисан, В.І. Крутов, Л.С. Лapidус, І.Я. Лучковський, М.О. Метс, О.О. Петраков, В.Д. Петренко, Г.Є.О. Сорочан, М.О. Цитович, К.Ш. Шадунц, В.Г. Шаповал, Г. М. Шахунянц, В.Б. Швець, О.М. Шашенко, R. Adashi, A. Bishop, H. Brandl, J. Burland, R. Chelis, R. Frank, T. Ito, R. Katzenbach, I. Kerisel, A. Kezdi, R. Peck, M. Randolph, L. Rees, H. Seed, D. Tejlor, K. Terzaghi та ін. дозволив зробити такі висновки.

1. Зсуви завдають великої шкоди життю та здоров'ю людей і інфраструктурі. Вони також завдають величезних матеріальних збитків. Тому боротьба із зсувами має величезне значення в світовому масштабі в цілому і в Україні зокрема.

2. Основні причини зсувів – це перепад висот природного або штучного рельєфу, обводнення основи, землетруси і діяльність людини, а найбільш поширеними є зсуви ковзання.

3. Величезним недоліком суцільних протизсувних утримуючих споруд є їх висока вартість. Тому раціональним рішенням може бути використання переривчастих (дискретних) утримуючих споруд, вартість яких в рази нижче суцільних.

Доцільним є використання комбінованого варіанту протизсувних споруд, що складаються з дискретних елементів, які працюють на вигин, і розташованих між ними гнучких мембран, які працюють на розтягнення.

4. Для досягнення поставлених при написанні цієї дисертаційної роботи завдань необхідно використовувати критерій міцності Кулона – Мора і метод ламаної поверхні ковзання.

Крім того, викладені у першому розділі дисертаційної роботи матеріали дозволили намітити такі напрямки подальших досліджень:

1. Виконати детальний аналіз сучасних методів моделювання та на цій основі розробити методику проведення експериментальних досліджень стійкості укосів.

2. З використанням методу відцентрового моделювання виконати експе-

риментальні дослідження стійкості моделей укосів, посилених суцільними та дискретними утримуючими конструкціями, отримати вихідні дані для теоретичних досліджень, а також необхідні для проведення перевірки на адекватність експерименту пропонувані методик розрахунку дискретних утримуючих споруд.

3. Дослідити особливості застосування теорії арочного ефекту при визначенні стійкості і міцності взаємодіючого з утримуючими протизсувними спорудами ґрунту і, виходячи з цього, розробити теоретичні основи розрахунку міцності і стійкості ґрунту в зоні впливу дискретних утримуючих конструкцій.

4. Розробити методику розрахунку конструктивних параметрів дискретних утримуючих споруд, зокрема кроку їх розстановки і геометрії поперечного перерізу.

У другому розділі наведено матеріали експериментальних досліджень. Розділ має таку структуру:

Розглянуто та проаналізовано наведені у літературних джерелах загальні дані щодо визначення стійкості укосів та схилів з використанням відцентрового моделювання. На цьому етапі було напрацьовано матеріал, який необхідний для створення методики проведення експериментів, аналізу та інтерпретації їх результатів.

Далі наведено опис обладнання, яке було використане при проведенні експериментів, а також загальна методика їх проведення.

Представлені результати експериментальних даних та їх аналіз, а також висновки по другому розділу.

Фото відцентрової машини, яку було використано при проведенні експериментів, наведено на рис. 1.

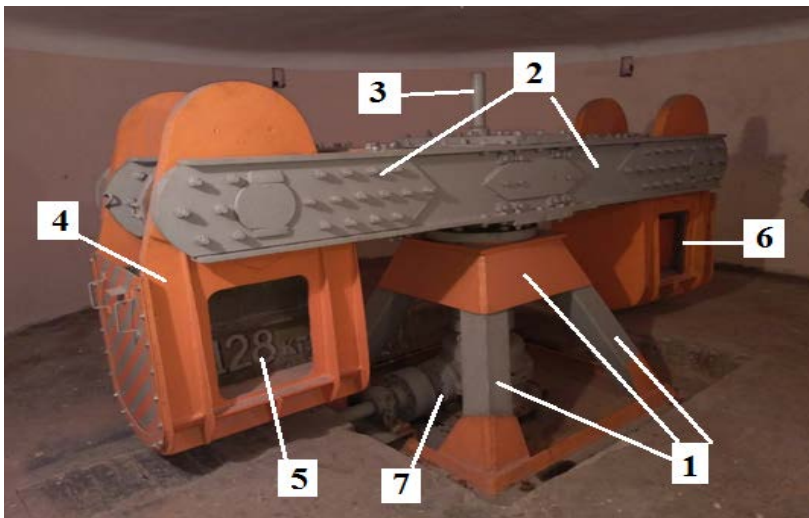


Рис. 1. Відцентрова машина (фото):
 1 – станина;
 2 – коромисло;
 3 – вертикальна вісь обертання;
 4 – касета з моделлю укосу (схилу);
 5 – модель укосу (схилу);
 6 – противага;
 7 – редуктор.

Усього було проведено 9 експериментів. Властивості ґрунту, що випробовувався, наведені у таблиці 1.

У першому експерименті було випробувано модель схилу без утримуючої конструкції, у другому – модель із суцільною утримуючою конструкцією, а у третьому – модель із дискретною утримуючою конструкцією у вигляді контрфорсів.

На цьому етапі було відпрацьовано методику проведення експериментів.

Оскільки проблема продавлювання та стійкості ґрунту у проміжках між елементами дискретних утримуючих конструкцій вивчена недостатньо, було проведено шість спеціальних експериментів, у яких варіювалася відстань між елементами утримуючих конструкцій.

Таблиця 1

Властивості ґрунту що випробовувався для моделювання

Найменування характеристики	Значення характеристики								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер експерименту									
Щільність часток ґрунту, кН/м ³	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Щільність ґрунту, кН/м ³	16,1	16,2	16,5	16,5	16,3	16,6	16,5	16,7	16,5
Вологість природна, ч.од.	0,18	0,18	0,19	0,19	0,17	0,19	0,18	0,19	0,19
Коефіцієнт пористості, ч.од.	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,94
Вологість на межі текучості, ч.од.	0,22	0,21	0,21	0,21	0,2	0,21	0,21	0,21	0,2
Вологість на межі розкошування, ч.од.	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13
Число пластичності, ч.од.	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07
Показник текучості, ч.од.	0,51	0,60	0,74	0,69	0,50	0,67	0,56	0,80	0,79
Кут внутрішнього тертя, градуси	14,2	14,4	14,5	14,7	14,8	14,9	15,0	15,0	15,0
Питоме зчеплення, кПа	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,8	5,8	5,9
Модуль загальної деформації, МПа	6,2	5,6	5,0	5,5	6,4	6,4	6,0	6,2	6,8

Для проведення експериментів була розроблена спеціальна конструкція, яка складалась з пластини товщиною 8 мм, у якій з кроком у 10 міліметрів було зроблено отвори діаметром 6 мм з різьбою. У ці отвори загвинчувалися стрижні діаметром 10 мм (рис. 2), які моделювали елементи утримуючої конструкції.

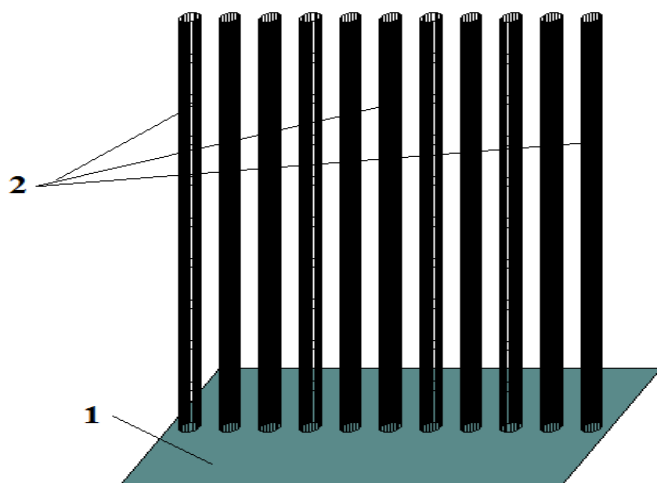


Рис. 2. Модель утримуючої конструкції:

1 – опорна пластина;
2 – елементи утримуючої конструкції.

Примітка:

На даній схемі крок розстановки елементів утримуючої конструкції у всіх дорівнює 20 мм.

Результати відцентрових випробувань моделей дискретних утримуючих конструкцій наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Результати випробувань дискретних утримуючих конструкцій

Найменування характеристики	Од. вим	Номер експерименту					
		4	5	6	7	8	9
Експериментальні характеристики моделей схилів							
Діаметр елемента утримуючої конструкції	мм	10	10	10	10	10	10
Відстань між елементами утримуючої конструкції моделі	мм	20	20	30	30	40	40
Товщина ґрунтового шару у місці розташування утримуючої конструкції моделі	мм	18	20	19	21	21	20
Кількість обертів відцентрової машини у момент часу руйнування моделі	об/ хв	230	232	230	234	228	230
Масштабний множник	ч.од	135	137	135	140	132	135
Натурні характеристики схилів							
Натурний діаметр елемента утримуючої конструкції	м	1,25	1,20	1,20	1,27	1,17	1,22
Натурна відстань між елементами утримуючої конструкції	м	2,37	2,74	4,05	4,20	5,28	5,40
Натурна товщина ґрунтового шару у місці розташування утримуючої конструкції	м	2,37	2,72	2,68	2,89	2,81	2,67
Зсувний тиск	кН/м	34	48,4	42,2	42,9	42,8	39,7

Така конструкція підпорної споруди дозволяла робити крок між елементами моделі утримуючої конструкції 1, 2 та 3 сантиметри. Усього було зроблено шість експериментів (2 – при відстані між утримуючими елементами у вісях 20 мм, 2 – при відстані між утримуючими елементами у вісях 30 мм та 2 – при відстані між утримуючими елементами у вісях 40 мм).

Викладені у розділі 2 матеріали досліджень дозволили зробити висновки.

1. Встановлено, що у випадку підсилення укосів та схилів дискретними утримуючими конструкціями слід забезпечити стійкість та міцність ґрунту не тільки по поверхні ковзання, а й у зоні впливу дискретних утримуючих конструкцій.

2. Проблема продавлювання та стійкості ґрунту у проміжках між елементами дискретних утримуючих конструкцій вивчена недостатньо. Тому необхідно у цьому напрямку виконати спеціальні теоретичні дослідження.

У третьому розділі наведено матеріали таких досліджень:

- аналіз сучасних методів визначення методів розрахунку зсувів, закріплених дискретними утримуючими конструкціями, а також особливості визначення стійкості ґрунтів та гірських порід з використанням теорії аروحного ефекту;

- теоретичні дослідження, спрямовані на розробку теоретичних основ методики оцінки стійкості ґрунту (точніше сповзаючого ґрунтового масиву) у зоні його взаємодії з дискретною протизсувною спорудою;

- розробка аналітичних залежностей, необхідних для визначення параметрів поперечного перерізу і кроку розстановки елементів дискретної протизсувної утримуючої конструкції.

- визначення напружено-деформованого стану комбінованих конструкцій, які включають в себе працюючі на вигин дискретні елементи і розташовану між ними мембрану, яка працює на розтяг.

Для визначення стійкості ґрунту в зоні його взаємодії з дискретною протизсувною спорудою використані наведені на рис. 3-5 розрахункові схеми.

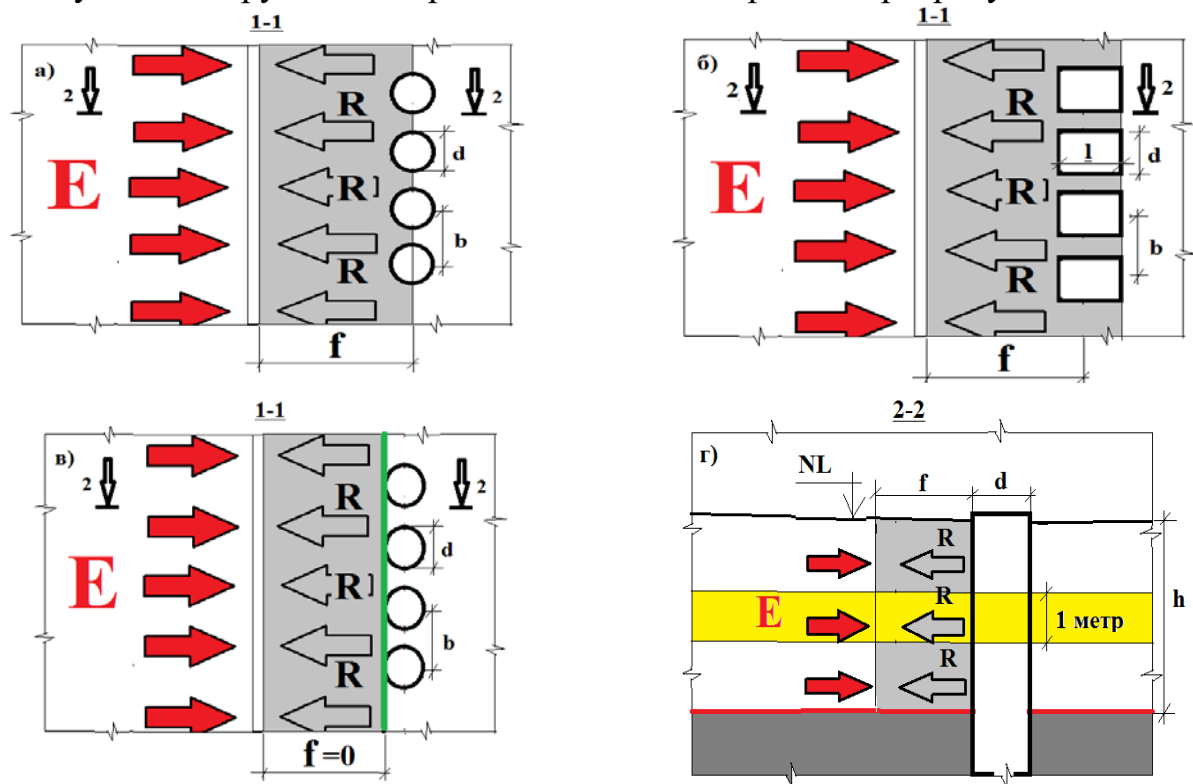


Рис. 3. Розподіл зусиль у зоні взаємодії зсуву з дискретними утримуючими спорудами: *a* – варіант з паль; *б* – теж саме з контрфорсів; *в* – комбінований, з паль та діафрагми; *г* – поперечний переріз. Сірим кольором позначено зону впливу; червоним – зсувний тиск; зеленим – діафрагму; жовтим – розрахунковий шар ґрунту

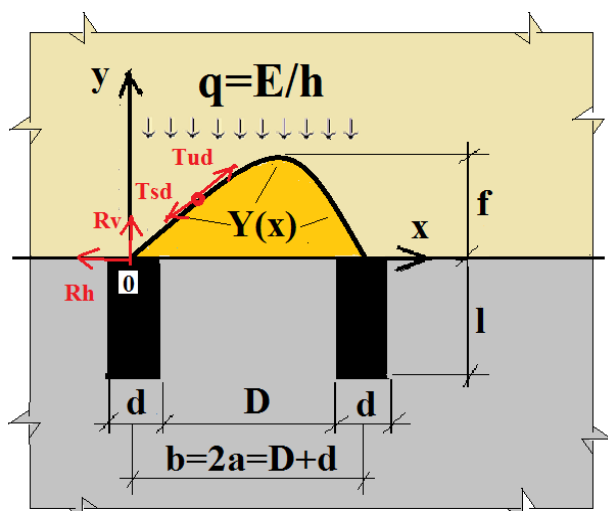


Рис. 4. Схема до визначення зони взаємодії зсуву з дискретними утримуючими конструкціями.

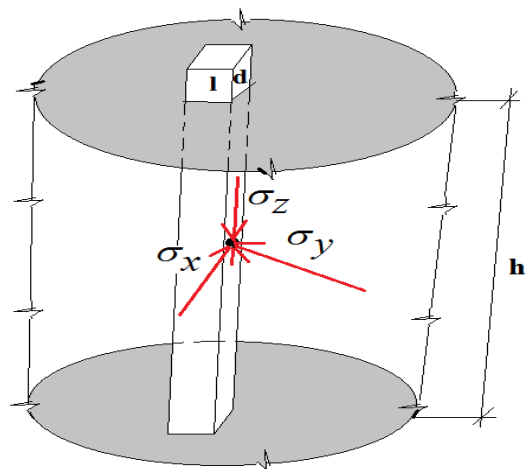


Рис. 5. Схема до визначення напружень на контакті утримуючої конструкції та спов'язаного ґрунтового масиву

Отримані з використанням схем на рис. 3 та 4 теоретичні формули (1) – (9), призначені для розрахунку конструктивних параметрів дискретних утримуючих споруд наведено у табл. 3. При цьому формули (8) та (9) було отримано з використанням розрахункових схем на рис. 4 та 5.

Таблиця 3

Формули для визначення конструктивних параметрів дискретних утримуючих споруд

Найменування параметру	Формула	Номер
Рівняння арки вивалу ґрунту	$Y(x) = \begin{cases} f \cdot \frac{2 \cdot x}{b} - n \text{ при } x \in (0, b/2); \\ f \cdot \left(2 - \frac{2 \cdot x}{b}\right) - n \text{ при } x \in (b/2, b); \end{cases}$	(1)
Критичне значення стріли підйому арки для шару одиничної товщини	$f_{cr} = b \cdot \frac{\sqrt{q \cdot c \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + c^2}}{2 \cdot c}; \quad q = \frac{E}{h}$	(2)
Критичне значення коефіцієнту стійкості арки для шару одиничної товщини	$k_{u,cr} = \frac{\sqrt{q \cdot c \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + c^2}}{q}; \quad q = \frac{E}{h}$	(3)
Середнє значення критичної стріли підйому арки для всієї товщі	$f_{cr,cp} = b \cdot \frac{\sqrt{E \cdot h \cdot c \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + (c \cdot h)^2}}{2 \cdot c \cdot h}$	(4)
Середнє значення критичного коефіцієнту стійкості арки для всієї товщі	$k_{ucr,cr} = 2 \cdot \frac{\sqrt{E \cdot c \cdot h \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + (c \cdot h)^2}}{E}$	(5)
Вертикальна реакція на опорі арки	$R_v = q \cdot b/2$	(6)
Горизонтальна реакція на опорі арки	$R_h = (q \cdot b^2) / (8 \cdot f)$	(7)
Діаметр конструкції d при відомій відстані між її елементами b	$d = \frac{E \cdot b \cdot [1 - \sin(\varphi)]}{4 \cdot h \cdot c \cdot \cos(\varphi)}$	(8)
Відстань між елементами конструкції b при відомій ширині елемента d	$b = \frac{4 \cdot h \cdot c \cdot d \cdot \cos(\varphi)}{E \cdot [1 - \sin(\varphi)]}$	(9)

На рис. 3 - 5 та у формулах (1) – (9) прийнято такі позначення: $Y(x)$ – рівняння арки вивалу ґрунту; f – стріла підйому арки вивалу; f_{cr} – її критичне значення; E – зсувний тиск; R – реакція з боку дискретної утримуючої конструкції; d – діаметр або менша сторона елемента утримуючої конструкції з відповідно круглою або прямокутною формою перетину; l – більша сторона прямокутного перетину елемента утримуючої конструкції; $k_{u, cr}$ – критичне значення коефіцієнту стійкості арки вивалу; $f_{c, cp}$ – те ж саме, для всієї ґрунтової товщі у місці розташування утримуючої конструкції; $k_{u, cr}$ – критичне значення коефіцієнту стійкості арки вивалу; $k_{u, cr, cr}$ – те ж саме, для всієї ґрунтової товщі у місці розташування утримуючої конструкції; R_v та R_h – відповідно вертикальна та горизонтальна реакції на опорі арки; c та φ – міцнісні характеристики ґрунту; d та b – відповідно діаметр утримуючих елементів та відстань між ними; T_{ud} та T_{sd} – відповідно утримуючі та зрушуючі ґрунт сили.

Викладені у розділі 3 матеріали досліджень дозволили зробити такі висновки.

1. Отримано аналітичні залежності, що дозволяють розрахунковим (за ґрунтом) шляхом визначити такі конструктивні параметри системи «дискретна протизсувна конструкція – сповзаючий ґрунтовий масив»:

- стрілу підйому арки вивалу ґрунту між елементами дискретної протизсувної утримуючої конструкції (тобто зону впливу дискретної протизсувної споруди на зсув);
- коефіцієнт стійкості укладеного між елементами дискретної протизсувної споруди ґрунту;
- ширину поперечного перерізу для елементів протизсувних утримуючих конструкцій з прямокутною формою поперечного перерізу (або діаметру елементів з круглою формою поперечного перерізу) при відомій відстані між ними.
- крок розстановки елементів протизсувних утримуючих конструкцій з прямокутною формою поперечного перерізу (або діаметру елементів з круглою формою поперечного перерізу) при відомій відстані між ними.

2. Розроблено алгоритм розрахунку комбінованих протизсувних конструкцій, що складаються з діючих на вигин дискретних елементів і розташованої між ними мембрани, за матеріалом.

В цілому було зроблено висновок про те, що отримані нові аналітичні залежності, які дозволяють розрахунковим шляхом визначити крок розстановки елементів дискретних протизсувних утримуючих конструкцій при відомому їх діаметрі і навпаки, діаметр (або ширину поперечного перетину) дискретних протизсувних утримуючих конструкцій при відомому кроці їх розстановки.

У четвертому розділі наведено матеріали таких досліджень:

- основні положення методики визначення конструктивних параметрів протизсувних дискретних утримуючих конструкцій;
- результати перевірки розробленої у ході написання дисертації методики на адекватність експерименту;
- матеріали впровадження результатів досліджень в практику будівництва.

Суть методики розрахунку конструктивних параметрів дискретних утримуючих споруд полягає у наступному:

1. Гранично допустиме значення зсувного тиску слід розраховувати так:

$$E_{op} \leq \frac{2 \cdot c_I \cdot h}{K_{u,I}^2} \cdot \left\{ \operatorname{tg}^2(\varphi_I) + \sqrt{\operatorname{tg}^2(\varphi_I) + K_{u,I}^2} \right\}. \quad (10)$$

2. Область зсуву, в якій відбувається взаємодія ґрунту з утримуючою конструкцією, слід визначати за формулою:

$$f = \frac{\sqrt{E_{op} \cdot \operatorname{tg}(\varphi_I) + h \cdot c_I}}{2 \cdot \sqrt{c_I \cdot h}} \cdot b. \quad (11)$$

3. Відстань між сусідніми утримуючими елементами b слід визначати так:

$$b = \frac{4 \cdot c_I \cdot D \cdot h}{E_{op}} \cdot \frac{\cos(\varphi_I)}{1 - \sin(\varphi_I)}. \quad (12)$$

4. Якщо між утримуючими елементами розташовано мембрану для затримки ґрунту, то її радіус та зусилля у ній слід визначати за формулами:

$$N_r = -\frac{E_{op} \cdot \delta}{2 \cdot h} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{2 \cdot R} \right); \quad N_\theta = \frac{E_{op}}{h} \cdot \left(R - \frac{\delta}{2} \right); \quad R = \frac{(b - \Delta)^2 + \Delta^4}{8 \cdot \Delta}. \quad (13)$$

У формулах (10) – (13) прийнято такі позначення: h – потужність ґрунтової товщі в місці розташування утримуючої конструкції, а $K_{u,I}$ – коефіцієнт стійкості ґрунту в області його взаємодії з утримуючою конструкцією (цей параметр вказують у технічному завданні на проектування); c_I та φ_I – міцнісні характеристики, визначені за першою групою критичних станів; N_r та N_θ – відповідно радіальне та тангенційне зусилля у мембрані; δ – товщина мембрани; R – радіус вигину мембрани; Δ – вигин діафрагми; σ_x , σ_y та σ_z – нормальні напруження на контактні ґрунту з утримуючою конструкцією.

У ході перевірки результатів експериментів на адекватність експериментальних даних порівнювалися розрахункове (формула 5) та фактичне (у випадку руйнування схилу воно дорівнює одиниці) значення коефіцієнту стійкості схилу.

Для кількісної оцінки даних характеристик розглядалися відносні розбіжності між розрахунковими і експериментальними значеннями коефіцієнту стійкості схилу в зоні взаємодії зсуву з дискретною утримуючою спорудою, була використана формула виду:

$$\Delta K_u = \left| \frac{K_{u,факт} - K_{u,расч}}{K_{u,факт}} \right| \cdot 100\%, \quad (14)$$

де $K_{u,факт} = 1$ – фактичне значення коефіцієнту стійкості; $K_{u,расч}$ – те ж саме, розраховане. Визначені таким чином значення коефіцієнтів стійкості та відмінності між ними наведено на рис. 6 та 7 відповідно.

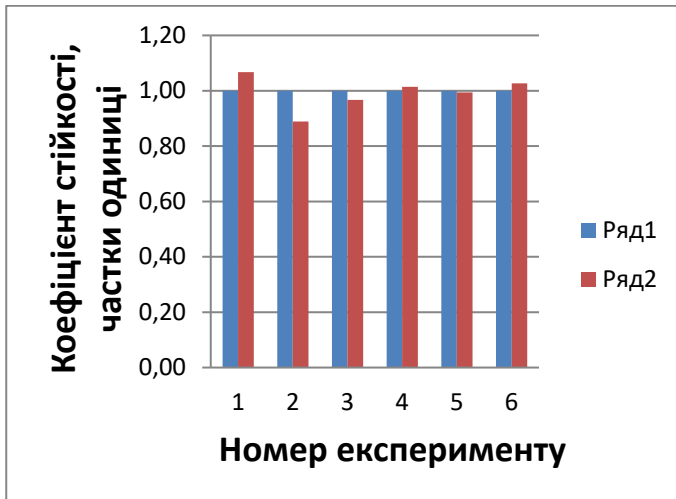


Рис. 6. Фактичне (ряд1) та розраховане (ряд 2) значення коефіцієнту стійкості ґрунту в зоні його взаємодії з утримуючою спорудою.

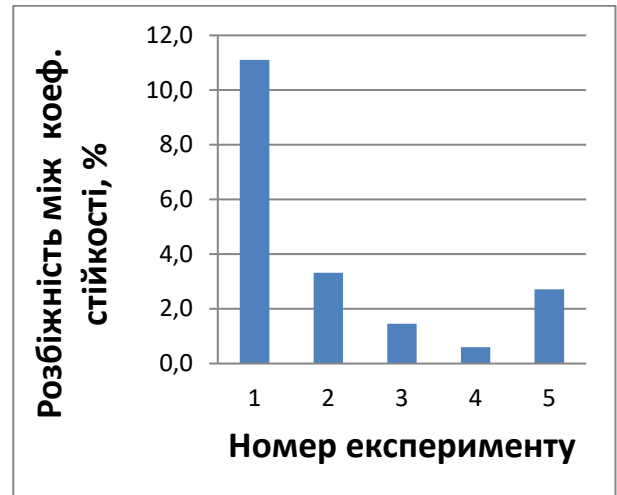


Рис. 7. Відносна похибка між розрахованим і фактичним значеннями коефіцієнту стійкості ґрунту в зоні його взаємодії з утримуючою спорудою (рис. 6).

Наведені на рисунках 6 та 7 дані дозволили зробити висновок про те, що має місце задовільна відповідність між розрахованими і фактичними значеннями коефіцієнту стійкості ґрунту. На цій основі був зроблений висновок про те, що запропонована методика визначення конструктивних параметрів дискретних протизсувних споруд може бути використана при їх розрахунку і проектуванні.

В ході впровадження викладеної в даній роботі методики визначення конструктивних параметрів дискретних протизсувних споруд нами були розраховані діаметр і крок розстановки протизсувних утримуючих споруд з циліндричною формою стовбура в балці «Тунельна» м Дніпра.

В ході розрахунку також був отриманий коефіцієнт стійкості зсуву в зоні його взаємодії з дискретною утримуючою конструкцією. Розрахунковий економічний ефект склав 50 тисяч гривень. Аналогічне впровадження було здійснено в ході проектування контрфорсних утримуючих споруд у м. Києві.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною кваліфікаційною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених закономірностей між такими геомеханічними параметрами, як міцнісні властивості ґрунту, зсувний тиск, товща ґрунту у місті розташування дискретної утримуючої конструкції та ін., розроблено методику визначення коефіцієнту стійкості ґрунту у зоні впливу

дискретних утримуючих конструкцій, а також їх технологічних параметрів, що має важливе значення для підвищення стійкості зсувонебезпечних територій.

Основні наукові і прикладні результати, висновки та рекомендації роботи полягають у наступному:

1. Показано, що зсуви приносять значну шкоду народному господарству і представляють величезну небезпеку для життя людей. Застосування дискретних утримуючих конструкцій дозволяє значно здешевити процес стабілізації зсувів укосів та схилів.

2. В ході експериментальних досліджень було встановлено, що у випадку використання для ліквідації та стабілізації зсувів дискретних утримуючих споруд має місце додатковий вид руйнування, а саме – вивали ґрунту між утримуючими елементами і далі – повне руйнування сповзаючого масиву. Після руйнування ґрунту між дискретними утримуючими елементами виникають арки вивалу, найвища точка яких розташована у центрі прольоту, а опори знаходяться на утримуючих конструкціях.

3. Розроблено нові прогресивні конструкції утримуючих споруд, які складаються із дискретних елементів, які працюють на згин та розташовану між ними діафрагму, що працює на розтяг. Це дозволяє запобігти вивалу ґрунту між дискретними утримуючими елементами та зекономити витрати матеріалу порівняно з суцільними конструкціями.

4. Отримано нові теоретичні результати, які дозволяють вирішити такі важливі практичні задачі:

- визначити максимальний зсувний тиск, до якого можна застосовувати дискретні утримуючі конструкції (цей результат отримано вперше);
- визначити крок розстановки дискретних утримуючих конструкцій (удосконалено);
- визначити діаметр або сторону дискретних утримуючих конструкцій з перетином у формі круга або прямокутника (удосконалено).

5. Розроблено методику визначення несучої властивості сповзаючого ґрунтового масиву у зоні його взаємодії з дискретними утримуючими конструкціями.

6. Показано, що встановлені з використанням запропонованих нами методик значення параметрів дискретних утримуючих конструкцій мають гарну відповідність результатам натурних випробувань та узагальнюють теоретичні результати інших авторів.

7. Результати досліджень впроваджено у практику проектування утримуючих споруд в балці «Тунельна» м. Дніпра та контрфорсних утримуючих споруд зсувонебезпечного схилу в м. Києві.

Основні положення й результати дисертації опубліковані в роботах

Монографії:

1. Ponomarenko I.A. Resource-saving way of explosive destruction granites combined explosive charges / Khomenko E.M., Ponomarenko I.A., Ishchenko K.S., Kratkovsky I.L. *Modernization and engineering development of resource-saving technologies in mineral mining and processing*. – Petrosani,

Romania: Universitas Publishing, 2019. – P 264-280. (Multi-authored monograph).

Статті у періодичних фахових виданнях України:

2. Пономаренко І.О. Дослідження і вибір оптимальних варіантів механізованих способів закріплення лесових ґрунтових основ / Пономаренко І.О., Донченко П.А., Коновал С.В. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2016. – №9. С. 9-17.
3. Пономаренко І.О. Аналіз існуючих технологій кріплення глибоких котлованів / Пономаренко І.О., Грецький Д.В., Коновал С.В. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2016. №32. С. 341-345.
4. Пономаренко І. О. Методика розрахунку конструктивних параметрів дискретних утримуючих споруд / Шаповал В.Г., Пономаренко І.О., Шашенко Д.М. *Гірничий Вісник*. – Криворізький національний університет. – 2021. – 109. – С. 99-103.
5. Ponomarenko I. The determining cross-section width of discrete restraining structures / Shapoval V., Shashenko D., Grigoryev A., Ponomarenko I. // *Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering*. – 2021. – № 1 (55). – P. 83-86.
6. Пономаренко І.О. До визначення конструктивних параметрів дискретних утримуючих споруд / Шаповал В.Г., Пономаренко І. О., Шашенко Д.О., Григор'єв О.Є. *Наука та прогрес транспорту*. – 2021. – № 1 (91). – С. 115-123.

Стаття у закордонному фаховому виданні:

7. Ponomarenko I. Anent the nonlinear dependence of the strength of loamy soil on normal pressure / Shapoval V., Protsenko P., Golovko S., Ponomarenko I. *Art and Science Multilingual scientific journal*. Vol. 1 - 2021 - P. 16-25.

Статті у збірниках доповідей конференцій, що засвідчують апробацію:

8. Пономаренко І.О. Дослідження технологій влаштування підземних і заглиблених споруд в котлованах / Пономаренко І.О., Коновал С.В. *Надійність та безпека об'єктів будівництва: матеріали І наук.-практ. інтернет-конференція. з міжнародною участю, 01.01-31.03.2016*. – Черкаси, 2016. – С. 67-72.
9. Ponomarenko I.O. The news explosive technologies of the destruction of strong rocks on the complex structure / Konoval V.M., Ishchenko K.S., Ponomarenko I.O. *Key Issues of Education and Sciences: Development Prospects for Ukraine and Poland: International multi-disciplinary conference, 20-21 July 2018*. – Stalowa Wola, 2018. – P. 83-86
10. Пономаренко І. До питання застосування критерію О. Шашенко для прогнозу міцності супіщаних ґрунтів / Шаповал В., Пащенко О., Терещук Р., Жилінська С., Проценко П. *Український гірничий форум – 2020: матеріали міжнар. конф., м. Дніпро, 4-5 листопада 2020 р. Дніпро: Журфонд, 2020*. С. 169-174.

11. Пономаренко И.А. К определению активного давления на ограждающие конструкции учетом физической нелинейности прочностных свойств грунта / Шаповал В.Г., Скобенко А.В., Пономаренко И.А. *XXIII International Science Conference «Theory, practice and science»*, April 27-30, 2021, Tokyo, Japan. P. 476-479.

Патенти на корисну модель:

12. Пономаренко І.О. Спосіб укріплення слабких водонасичених лесових ґрунтів / Пономаренко І.О., Грецький Д.В., Коновал С.В. Патент на корисну модель №111169 по заявці № u 2016 01603/ 10.11.2016, бюл. №21.
13. Пономаренко І.О. Основа будівель та споруд на просадочних ґрунтах / Пономаренко І.О., Грецький Д.В., Коновал С.В. Патент на корисну модель №110648 по заявці № u 201601606/ 25.10.2016, Бюл. №20.
14. Пономаренко І.О. Протизсувна підпірна стінка / І.О.Пономаренко, В.М. Коновал; Україна, Патент на корисну модель № 142085 по заявці № u201911738; заявл. 09.12. 2019; опубл. 12.05.2020, бюл. №9. 4 с.
15. Пономаренко І.О. Протизсувна конструкція з підпірними палями / І.О.Пономаренко, В.М.Коновал. Патент на корисну модель №143285 Україна. По заявці u201911737; заявл. 09.12.2019; опубл. 27.07.2020, бюл. №14. 4 с.
16. Пономаренко І.О. Протизсувна підпірна стінка / І.О.Пономаренко, В.М.Коновал. Патент на корисну модель № 143973, Україна по заявці u202000999; заявл. 17.02.2020; опубл. 25.08.2020, бюл. №16. 4 с.

Інші видання

17. Пономаренко І.О. Дослідження технологій влаштування підземних і заглиблених споруд в котлованах / Пономаренко І.О., Коновал С.В. *Надійність та безпека об'єктів будівництва*. 2016. №1. С.
18. Пономаренко І.О. Технологія будівельного виробництва / Донченко П.А., Петренко В.Д., Коновал В.М., Пономаренко І.О. та ін. Посібник. Черкаси: ІнтролігаТОР, 2017. 489 с.
19. Пономаренко И.А. Анализ технологий крепления глубоких котлованов / Пономаренко И.А., Грецкий Д.В., Коновал С.В. *Бетон и железобетон в Украине*. – 2017. – Вып. 2. – С. 27-30

Особистий внесок автора у роботи, що надруковані у співавторстві:

[1] – збір, аналіз та узагальнення матеріалів; [2] – постановка задачі, формулювання висновків; [3] – розробка методики досліджень, аналіз результатів; [4 – 6] – постановка задачі, розробка методики досліджень, аналіз даних; [7, 8] – виконання аналітичних досліджень, аналіз результатів; [9] – формулювання основних задач та висновків; [10, 11] – проведення аналітичних досліджень, аналіз результатів; [12 – 16] – розробка методики досліджень, аналіз результатів, формулювання висновків; [17 – 19] – постановка задачі, формулювання висновків.

АНОТАЦІЯ

Пономаренко Іван Олександрович. Обґрунтування параметрів захисної системи з дискретних утримуючих конструкцій при взаємодії із сповзаючим ґрунтовим масивом для стабілізації зсувів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка». Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, 2021.

У дисертації вирішена актуальна науково-технічна задача визначення параметрів дискретних утримуючих конструкцій. Створено методики розрахунку стійкості та міцності ґрунту у зоні впливу дискретних утримуючих конструкцій. Вирішено такі наукові та практичні задачі: винайдено комбіновану дискретно - суцільну конструкцію, одні елементи якої працюють на згин, а інші – на розтяг; модифіковано відому теорію арочного ефекту на випадок взаємодії сповзаючого ґрунтового масиву з дискретними утримуючим спорудами та досліджено умови взаємодії ґрунту з дискретними утримуючими спорудами на їх контакті.

Область застосування отриманих в дисертації результатів: закріплення і стабілізація зсувонебезпечних укосів і схилів; бортів вертикальних виробок.

Ключові слова: укіс, схил, зсув, утримуючі конструкції, критерій міцності, арочний ефект, коефіцієнт стійкості, розмір перетину, крок розстановки, мембрана.

АННОТАЦИЯ

Пономаренко И. А. Обоснование параметров защитной системы из дискретных удерживающих конструкций при их взаимодействии со сползающим грунтовым массивом для стабилизации оползней. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.09 – «Геотехническая и горная механика». Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Днепр, 2021.

В диссертации решена актуальная научно-техническая задача определения параметров защитной системы из дискретных содержащих конструкций при ее взаимодействии с сползающим грунтовым массивом для стабилизации оползней.

На этой основе созданы методики расчета устойчивости и прочности ґрунта в зоне влияния прерывистых содержащих конструкций и, на этой основе, совершенствование способов проектирования таких конструкций. В ходе разработки этих методик были решены следующие научные и практические задачи:

1. Для стабилизации и предотвращения оползней впервые предложена новая комбинированная прерывисто - сплошная конструкция, одни элементы которой (то - есть вертикальные стержневые элементы) работают на изгиб, а

другие (то - есть тонкие мембраны между вертикальными стержневыми элементами) – на растяжение.

Предложена методика расчета комбинированных прерывисто – сплошных конструкций по материалу.

2. Применительно к системе «сползающий грунтовый массив - дискретное удерживающее противооползневое сооружение предложена модификация известной теории арочного эффекта, возникающего при взаимодействии сползающего грунтового массива (т.е. оползня) с дискретными удерживающими сооружениями.

На этой основе впервые получены аналитические зависимости, необходимые для определения следующих параметров:

- вертикальной и горизонтальной компонент давления на элементы дискретных противооползневых удерживающих сооружений со стороны сползающего грунта (т.е. оползня);

- минимального значения коэффициента устойчивости сползающего грунтового массива в зоне его взаимодействия с противооползневым удерживающим дискретным сооружением;

- стрелы подъема арки вывала (или, что то же самое, зоны взаимодействия между сползающим грунтовым массивом и элементами дискретной удерживающей конструкции) грунта, заключенного между элементами противооползневой дискретной удерживающей конструкции;

- сдвигающих и удерживающих грунтовой массив сил в области его взаимодействия с противооползневым удерживающим дискретным сооружением.

3. Исследованы условия взаимодействия грунта с дискретными прерывистыми сооружениями на их контакте.

На этой основе получены аналитические зависимости, необходимые для определения таких конструктивных параметров:

- ширины (т.е. меньшей стороны) сечений элементов дискретных противооползневых удерживающих конструкций;

- диаметров сечений элементов дискретных противооползневых удерживающих конструкций;

- шага расстановки элементов дискретных противооползневых удерживающих конструкций.

Область применения полученных в диссертации результатов:

- закрепление и стабилизация оползневых откосов и склонов;
- укрепление бортов вертикальных выработок, в том числе траншей и котлованов;

- предварительные данные, необходимые для расчета дискретных противооползневых удерживающих сооружений с использованием ЭВМ.

Результаты проведенных исследований использованы и внедрены в практику производства.

Ключевые слова: откосы, склоны, сдвиг, удерживающие конструкции, арочный эффект, коэффициент устойчивости, размер сечения, шаг расстановки, мембрана.

ANNOTATION

Ponomarenko I.A. Substantiation of the parameters of the protective system made of discrete retaining structures in their interaction with the sliding mass of soil to stabilize landslides. – In the manuscript. – On the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.15.09 – "Geotechnical and mining mechanics". State Higher Educational Institution National Technical University "Dnipro Polytechnic", Dnipro, 2021.

In the dissertation the actual scientific and technical problem of definition of parameters of discrete retaining designs is solved. Methods for calculating the stability and strength of the soil in the area of influence of discrete retaining structures have been developed. The following scientific and practical problems have been solved: a combined discrete - continuous construction has been invented, some elements of which work on bending, and others - on tension; the known theory of arch effect in case of interaction of sliding soil mass with discrete retaining structures is modified and the conditions of soil interaction with discrete retaining structures at their contact are investigated.

Scope of the results received in the dissertation: fixing and stabilization of landslide slopes and slopes; boards of vertical workings.

Key words: slope, slope, shear, continuous and discrete retaining structures, arched effect, stability coefficient, cross - sectional dimensions of the retaining structure, pitch of arrangement, membrane.

ПОНОМАРЕНКО ІВАН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАХИСНОЇ СИСТЕМИ З
ДИСКРЕТНИХ УТРИМУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВЗАЄ-
МОДІЇ ІЗ СПОВЗАЮЧИМ ҐРУНТОВИМ МАСИВОМ ДЛЯ
СТАБІЛІЗАЦІЇ ЗСУВІВ**

Автореферат

**Підписано до друку 19.08.2021 р.
Папір офсетний. Друк цифровий.
Умов. друк. арк. 1,4. Формат 60x84/16.
Наклад 100 прим. Зам №002190821**

**Віддруковано "ПРІНТЕКО" ТОВ
03022, м. Київ, вул. Васильківська,32
тел.: 044 360 2 360**