

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

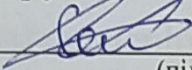
Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»  
(назва факультету/ІНЦ)

«Транспортна інфраструктура»  
(повна назва кафедри)

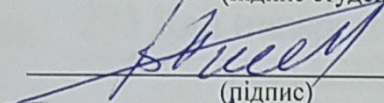
Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
ОС «магістр»  
(ступінь вищої освіти)

на тему: **Дослідження роботи колії на зсувонебезпечних ділянках**

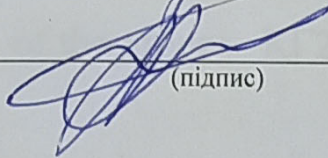
за освітньою програмою «Залізничні споруди тп колійне господарство»  
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: групи: КГ2221  
студент   
(підпис студента)

/Світлана СЕМБРАТ /  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

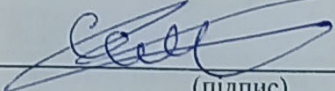
Керівник:   
(підпис)

/доцент Володимир АНДРЕЄВ /  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:   
(підпис)

/ зав. каф. Олексій ТЮТКІН /  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент   
(підпис)

**Ministry of Education and Science of Ukraine**  
**Ukrainian State University of Science and Technologies**

Building, architecture and infrastructure

(faculty/TRC)

Transport infrastructure

(department)

Explanatory Note  
to Master's Thesis

Master

(higher education degree)

on the topic: **Study of track operation in landslide-prone areas**  
 according to educational curriculum Railway structures and track facilities  
 in the Specialization: 273 Rail transport

(Specialization and its code )

Done by the student of the group: KГ2221 / Svitlana SEMBRAT/

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/Associate Professor Volodymyr  
ANDRIEIEV /

(position, name, surname)

Normative controller :

/Head of Dept. Oleksii  
TIUTKIN/

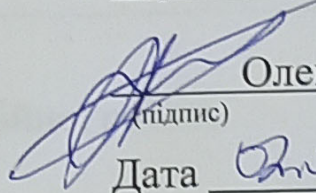
(position, name, surname)

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»  
 Кафедра: «Транспортна інфраструктура»  
 Рівень вищої освіти: «Магістр»  
 Освітня програма: «Інтероперабельність та безпека на залізничному транспорті»  
 Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»  
 (шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
 «Транспортна інфраструктура»

  
 (підпис) Олексій ТЮТЬКІН  
 (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)  
 Дата 02.02.2023

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ОС «магістр»

(ступінь вищої освіти)

студенту Сембрат Світлані Володимірівні

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження роботи колії на зсувонебезпечних ділянках»

Керівник роботи: Андрєєв Володимир Сергійович, к.т.н., доцент

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від «01» березня 2023 р. № 196ст

2. Строк подання студентом роботи: «15» січня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Результати аналізу літературних джерел, що отримані під час пошуку в Internet.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

Вступ. Розділ 1.. Розділ 2. Розділ 3. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Презентація за матеріалами досліджень, викладених в магістерській роботі (PowerPoint, до 10 слайдів).

## 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Розділ 1 - 3	Андрєєв В.С		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1		
2	Розділ 2		
3	Розділ 3		
4	Висновки. Оформлення ВКР.		
5	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.		
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри		
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	22.01.2024	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Світлана СЕМБРАТ

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Володимир АНДРЕЄВ

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи має 76 с., 15 рис., 4табл.

**Тема: Дослідження стійкості укосів насипів на зсувонебезпечних ділянках**

В даній магістерській роботі розглядається дослідження стійкості укосів насипів на зсувонебезпечних ділянках. Розглядається захист цих ділянок габіонними конструкціями.

***Ключові слова:* ЗСУВ, НАСИП, ГАБІОННІ КОНСТРУКЦІЇ, ПІДПІРНА СТІНКА**

## ЗМІСТ

	стор
ВСТУП	8
<b>1 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО РОБОТІ БАЛАСТНОГО ШАРУ</b>	<b>11</b>
1.1 Призначення та вимоги до баластного шару	11
1.2 Механізми руйнування баластного шару	13
1.3 Вплив факторів на роботу баластного шару .....	13
1.4 Прогнозування розладнання геометрії колії .....	18
1.5 Потенціал оптимізації роботи баластного шару з точки зору зменшення витрат життєвого циклу колії .....	21
1.6 Аналіз недоліків існуючих методів оцінки роботи баластного шару	29
1.7 Аналіз взаємозв'язків факторів впливу на розладнання баластного шару	33
<b>2 ВИКОРИСТАННЯ ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЙ БОРотьБИ З ЗУВНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ</b>	<b>38</b>
<b>3 РОЗРАХУНОК ПІДПІРНИХ СТІНОК З ЗАСТОСУВАННЯМ ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЙ</b>	<b>55</b>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	60
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	61
ДОДАТОК А	62

## ВСТУП

Залізнична колія - це комплексна технічна система, яка безпосередньо взаємодіє з рухомим складом, забезпечує заданий залізницею напрямок руху, сприймає і передає на природну основу навантаження. Залізнична колія складається з верхньої та нижньої будови. До верхньої будови колії відносяться: рейки, скріплення (стикові і проміжні), підрейкові опори (шпали, бруси, плити, рами), баластний шар. Крім цього: з'єднання і перетини колії (стрілочні переводи). До нижньої будови колії відносяться: земляне полотно, труби і спеціальні споруди, споруди для пропуску води, тунелі, підпірні стіни, захисні споруди.

У даній магістерській роботі ми будемо розглядати деформації земляного полотна. Існує безліч факторів, що впливають на деформацію земляного полотна, але ми зупинимося на одному з них - зсувах.

Зсув - зміщення вниз по схилу маси пухкої гірської породи під впливом сили тяжіння, особливо при насиченні пухкого матеріалу водою.

Зсуви виникають у разі порушення стійкості схилу природними процесами або господарською діяльністю людини. Сили зв'язності ґрунтів або гірських порід стають менше сили тяжіння. Вся маса пухкої гірської породи приходить в рух, що може призвести до катастрофи. Розвитку зсувів сприяють як нахил шарів ґрунту у бік ухилу, так і тріщини в породах, спрямовані у бік ухилу. У сильно зволжених глинистих породах зсуви набувають форми потоку. Існує кілька видів зсувів:

1. Зсув ковзання - втрата рівноваги починається зі ковзання по деякій поверхні.

2. Зсув течії - зміщення відбуваються у вигляді в'язко - пластичної течії.

3. Зсув - консоль - втрата рівноваги виникає в зв'язку з виникнення консольного блоку, його відділення, опускання і повороту.

3.1 Зсув - провал - порушення рівноваги виникає з вертикального зсуву.

3.2 Зсув - обвал - порушення рівноваги виникає з перекидання. Виникнення, розвиток і поширення зсувних процесів і явищ знаходяться в закономірному зв'язку з наступними факторами:

- 1) геоморфологічними умовами;
- 2) геологічною будовою схилів;
- 3) тектонікою;
- 4) кліважу;
- 5) гідрологеологічними умовами;
- 6) сучасними сейсмічними явищами;
- 7) гідрологічним режимом річок;
- 8) кліматичними умовами;
- 9) господарською діяльністю людини.

Зсувні ділянки піддаються географічній діагностиці, при використанні якої вирішують три типи завдань:

- визначення структури зсуву, тобто простежування дзеркала ковзання, зони відриву, потужності порушення товщі та її розчленування;
- вивчення гідрологічних умов;
- вивчення динаміки зсуву (швидкості переміщення, змін напруженого стану).

В якості основних успішно застосовують сейсмічний метод і електророзвідки, додаткових - магнітометри, свердловинні методи і терометрію.

Якщо косогір зсувній, необхідно з'ясувати, в якій стадії знаходиться зсув; в стані тривалої (з точки зору інженерної) стабільності (старий, затухший зсув) або в стані циклічної діяльності та в процесі будівництва дороги йому притаманне відновлення своєї діяльності, як старий зсув.

Як відомо, циклічна діяльність активного зсуву в загальному випадку розпадається на наступні стадії (фази, етапи, періоди):

- 1) відносна стабільність (тимчасового спокою);

- 2 ) пожвавлення, супроводжуване тотальними і локальними переміщеннями;
- 3) тотальні макрозсуви (великі, іноді катастрофічні зсуви);
- 4) згасання, супроводжуване тотальними і локальними макропереміщеннями.

Потім цикл повторюється. Локальні деформації також у загальному випадку проходять стадії пожвавлення, великих зрушень та загасання. Стабілізація ділянок шляху на зсувних косогорах - одна з найбільш складних проблем у забезпеченні надійності земляного полотна. Для своєчасного попередження активізації зсувних деформацій з метою підвищення надійності шляху і забезпечення необхідної безпеки в сучасних умовах необхідна система моніторингу за станом зсувних ділянок. Для проведення моніторингу необхідна паспортизація всіх потенційно небезпечних ділянок колії, де можливі зсувні деформації.

Стабілізація ділянок колії на зсувних косогорах - одна з найбільш складних проблем у забезпеченні надійності земляного полотна.

Існує кілька видів протизсувних заходів:

1. Терасування схилу.
2. Пристрій анкерної конструкції.
3. Пристрій пальової протизсувної споруди.
4. Відсипання контрбанкету.
5. Зниження рівня ґрунтових вод.
6. Використання габіонних конструкцій.

Боротьба з зсувами трудомісткий процес. Він включає в себе систему заходів, виконання яких стабілізує зсув, підтримуючи стан його відносної стабільності або згасання.

## 1 АНАЛІЗ ПОХОДЖЕННЯ, ПОЯВА І РОЗВИТОК ЗСУВІВ

### 1.1 ВИНИКНЕННЯ ЗСУВІВ

Зсув - зміщення вниз по схилу маси пухкої гірської породи під впливом сили тяжіння, особливо при насиченні пухкого матеріалу водою. Одна з форм стихійного лиха.

Зсуви виникають на ділянці схилу або укосу внаслідок порушення рівноваги порід, викликаного збільшенням крутизни схилу в результаті підмиву водою, ослабленням міцності порід при вивітрюванні або перезволоженні опадами і підземними водами, впливом сейсмічних поштовхів, а також будівельної та господарської діяльності, без урахування геологічних умов місцевості (руйнування схилів дорожніми виїмками, надмірний полив садів і городів, розташованих на схилах і т.д.). Виникнення, розвиток і поширення зсувних процесів і явищ знаходяться в закономірному зв'язку з наступними факторами:

1. Геоморфологічними умовами - крутизною і конфігурацією схилів і ступенем їх розчленованості ярами.
- 2 . Геологічною будовою схилів - умовами залягання і складом, характером нашарувань, гранулометричним, мінералогічним і хімічним складом гірських порід, їх структурою і текстурою.
- 3.Тектонікою - наявністю зрушень і тріщинуватості, зминання, роздроблення та інших видів тектонічних порушень гірських порід, що викликали зміну їх первинної структури і текстури, і пов'язаної з ними міцності або створили зони з різним напруженим станом.
4. Кліважом - наявністю системи тріщин у глинистих товщах , не пов'язаних з тектонічними явищами і характером нашарування гірських порід (утворилися в процесі ущільнення і літіфікації глин) .

5. Гідрогеологічними умовами - наявністю водоносних горизонтів, що роблять вплив на обводнення гірських порід та освіта суфозійних і дифузійних явищ.

6. Сучасними сейсмічними явищами - коливальними рухами гірських порід на схилах, що у стані граничної рівноваги .

7. Гідрологічним режимом річок - ерозією (донним і бічним розмивом) гірських порід в нижніх частинах схилів, що створює великі градієнти (перепади) тисків гірських порід, і їх обводненням (затопленням та підтопленням ) в паводки; виникненням суфозійних явищ при спаді паводків; змінним зволоженням і висиханням глинистих порід при частих коливаннях (змінах) паводків, з якими пов'язано утворення тріщин всихання глин і різке зниження міцності останніх.

8. Кліматичними умовами, які мають великий вплив на втрату міцності та надійності гірських порід у процесі їх вивітрювання і подальшого обводнення атмосферними опадами (змінне зволоження і висихання гірських порід при частих переходах від посушливих періодів до дощовим, а також змінне промерзання і відтавання їх при частих переходах від періодів з великими морозами до відлиг), з якими пов'язано утворення усадкових і морозобійних тріщин, що порушують природну структуру гірських порід.

9. Господарською діяльністю людини, яка вбачається у штучній підрізці схилів виїмками і перевантаження їх всякого роду відвалами і спорудами; порушенні цілісності гірських порід на схилах різного роду котлованами, траншеями, канавами, обводнених гірських порід на схилах питними та господарськими водами з водопроводів, водами і різними рідинами з каналізацій, помийних ям і поглинаючих колодязів; створенні динамічних навантажень і коливальних рухів від різного роду механізмів (парових молотів, генераторів і насосних установок, що викликають вібрації, рух поїздів тощо); знищенні деревної і чагарникової рослинності, а також трав'яного і дернового покриву на схилах ; невпорядкованою оранкою землі

на схилах під посіви і посадки різних сільськогосподарських культур і т.д.

## 1.2 РОЗВИТОК ЗСУВІВ

Розвитку зсувів сприяють нахил шарів землі в сторону ухилу, тріщини в породах, спрямовані також у бік ухилу. У сильно зволжених глинистих породах зсуви набувають форми потоку. Зсуви завдають великої шкоди сільськогосподарським угіддям, промисловим підприємствам, населеним пунктам тощо. Для боротьби з ними застосовуються берегоукріплювальні і дренажні споруди, закріплення схилів палями, насадженнями рослинності.

Зсуви - звичайне явище в тих місцевостях, де активно проявляються процеси ерозії схилів. Вони відбуваються у тому випадку, коли маси породи, що складають схили гір, втрачають опору в результаті порушення рівноваги порід. Великі зсуви виникають найчастіше в результаті поєднання кількох таких факторів: наприклад, на схилах гір, шари порід яких складені або чергуються водотривкими (глинистими) і водоносними породами (піщано - гравійними або тріщинуватими вапняками), особливо якщо ці пласти нахилені в один бік чи пересічені тріщинами, спрямованими по схилу. Майже таку ж небезпеку виникнення зсувів таять у собі створювані людиною відвали порід поблизу шахт і кар'єрів. Руйнівні зсуви, рухомі у вигляді безладної купи уламків, називають каменепадками; якщо блок переміщується за деякою раніше існуючої поверхні як єдине ціле, то зсув вважається обвалом; зсув у лесових породах, пори яких заповнені водою, набувають форму потоку (зсув течії).

## 1.3 ГЕОГРАФІЧНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ЗСУВНИХ ДІЛЯНОК

Експлуатацію залізничної колії на косогірних ділянках в значній мірі ускладнюють зсувні процеси, що знижують стійкість схилів. Схеми прояву зсувних процесів, що впливають на стабільність залізничної колії, показані на рис.1.1: де сповзання призводить до порушення положення колії в плані (рис.1.1а), захаращення шляху ґрунтом (рис.1.1б), порушення положення

відсипаного насипу (рис.1.1в). Вивчення цих процесів є однією з найважчих завдань в інженерній геофізиці, так як дослідження необхідно виконувати в досить складних умовах, а зона обвалу характеризується високою мінливістю фізичних параметрів. Розміри досліджуваної області (поперечні розміри зсуву) зазвичай невеликі, що ускладнює спостереження, яке виконується за стандартною методикою.

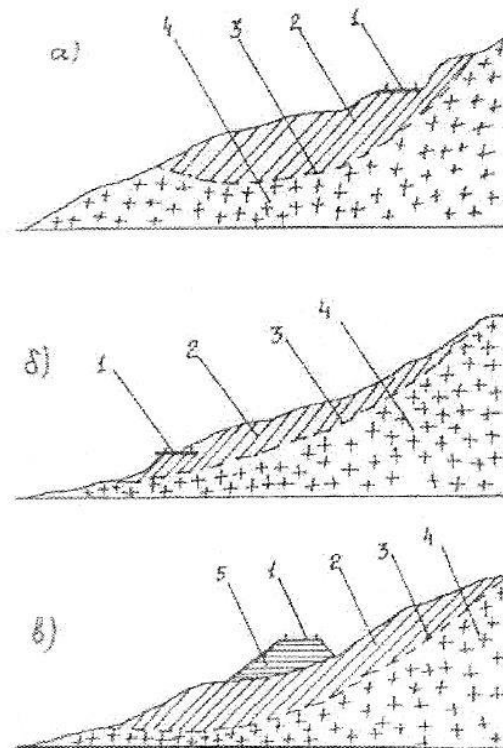


Рис.1.1 Схеми виявлення зсувних процесів на ділянках залізниць

1- колія; 2 – зсувний масив; 3 – поверхня ковзання; 4 – незсувний масив; 5 – насип на зсувному схилі

За допомогою геофізичних методів вирішують три типи завдань:

- визначення структури зсуву, тобто простежування дзеркала ковзання, зони відриву, потужності порушеною товщі та її розчленування;
- вивчення гідрологічних умов;
- вивчення динаміки зсуву (швидкості переміщення, змін напруженого стану).

В якості основних успішно застосовують сейсмічний метод і електророзвідки, додаткових - магнітометрію, свердловинні методи і термометрію.

За сейсмічними даними зазвичай вдається встановити положення дзеркала ковзання, так як вищезазначені порушення породи характеризуються меншою швидкістю поширення хвиль, ніж породи в цілому. Деформації переміщення захоплюють деяку область - зону ковзання. В її межах відзначається зменшення швидкостей пружних хвиль і питомих електричних опорів. У ряді випадків за сейсмічними даними виявляють нижню поверхню зони ковзання, а за даними вертикального електричного зондування (ВЕЗ) і електропрофілювання (ЕП) - верхню.

Електророзвідувальні методи найбільш широко застосовують для вивчення гідрогеологічних умов виділення зон підвищеного зволоження, ділянок виходу фільтраційного потоку (метод природного потенціалу, термометрія). Для дослідження динаміки зсувних процесів проводять режимні геофізичні спостереження. При використанні кругового сейсмічного зондування (КСЗ) на постійних базах виявляється чіткий зв'язок швидкісної анізотропії з напруженим станом зсувного масиву. Показником цього стану є розвиток системи тріщин, яка і визначає пружну анізотропію в ґрунтах зсуву (рис.1.2).

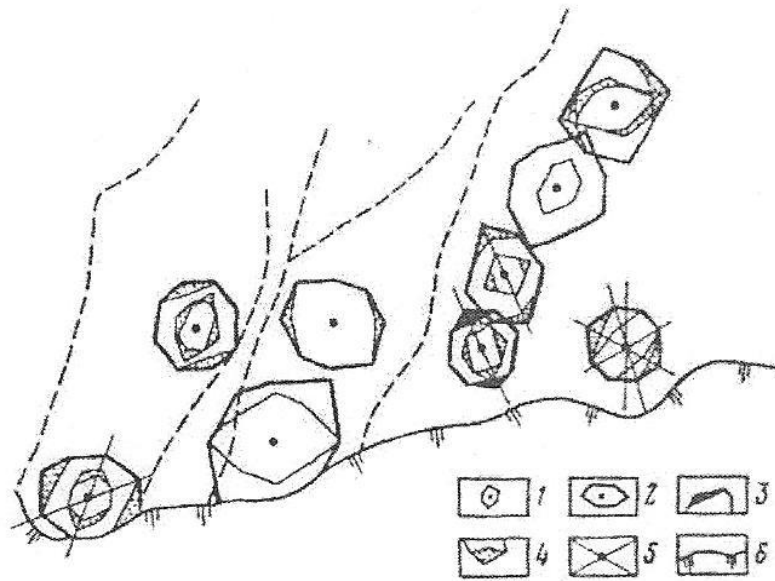


Рисунок 1.2 - Результати КСЗ при спостереженні на двох постійних базах на зсувній ділянці

1 – значення швидкостей розповсюдження поздовжніх хвиль на малий базі; 2 – теж саме, на великій; 3 – зменшення швидкостей; 4 – збільшення швидкостей; 5 – передбачувані напрямлення систем тріщин; 6 – бровка схилу.

Магнітометрія заснована на використанні спеціальних магнітних міток, що занурюються через свердловини в тіло зсуву. При повторних високоточних вимірах відзначається їх зміщення, що викликається нерівномірним рухом окремих частин зсуву. Аналогічну методику можна застосовувати для вивчення зсувів магнітних аномалій потенціалу природних полів. Аналіз електророзвідувальних, магнітометричних і геодезичних даних (рис.1.3) дозволяє визначати нерівномірність зміщення частин за площею і глибиною.

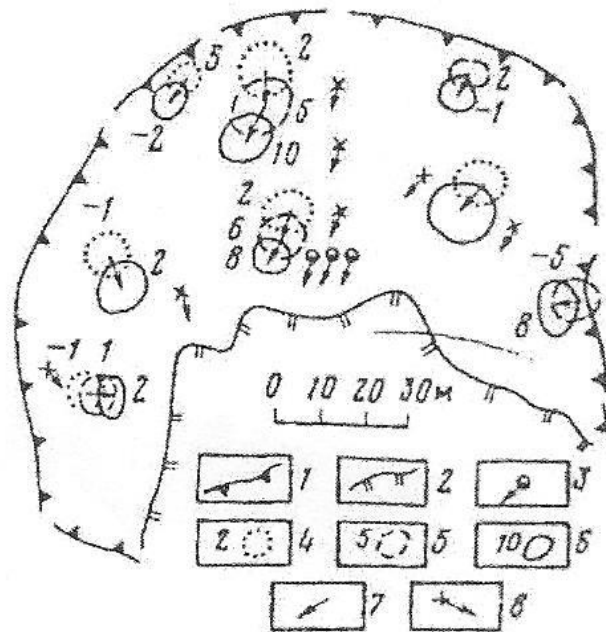


Рисунок 1.3 - Результати комплексних геофізичних та геодезичних досліджень на зсуві

1 – контур стіни відриву; 2 – межа каньйону; 3 – напрямлення зміщення магнітних реперів; 4-6 – екіпотенціали природного поля за три послідовних періоди; 7 – напрямлення зміщення аномалії природного поля; 8 – напрямлення зміщення геодезичних реперів.

Напрямок систем мікротріщин та їх зміну в часі позначається на характері анізотропії питомої електричного опору і може вивчатися за допомогою кругового електропрофілювання або зондування. Оскільки текстура глинистих порід відображається в детальному магнітному полі, її зміна можна вивчати, повторюючи магнітні вимірювання. З цією метою проводять високоточну мікромагнітну зйомку за допомогою квантової магнітометричної апаратури на майданчиках  $10 \times 10$  м по мережі  $1 \times 1$  м, враховуючи варіації геомагнітного поля.

Для прогнозування зсувних переміщень доцільно режимне сейсмічне просвічування (база просвічування 15-20 м). За кілька днів до початку інтенсивних зміщень спостерігається зменшення швидкості подовжніх хвиль і збільшення інтенсивності акустичної емісії.

При режимних географічних спостереженнях на зсувах дуже важливе значення має точність вимірювань. Для цього проводять спеціальну геодезичну прив'язку точок спостережень, контролюють умови встановлення приладів, рівень природних і штучних перешкод, враховують сезонні зміни температури, вологості і т.д.

#### 1.4 ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ЗСУВНИХ ТІЛ

Сейсмологічні умови в межах зсувів характеризуються неоднорідністю матеріалу і його розпушеності. Практично для всіх зсувів верхня частина розрізу, перші десять метрів, має низькі швидкості розподілу пружних хвиль у межах 200-600м/с. Потужність цього шару також не витримана. Характерна риса будови зсувів - збільшення швидкості поширення пружних хвиль у глибину, яке може відбуватися плавно, або стрибком на двох - трьох фронтах. Причиною зміни швидкості може бути поступове ущільнення пухкого матеріалу під дією власної ваги або наявність різновікових зсувних зміщень.

Передумовою до застосування сейсмічного методу, для визначення загальної потужності і будови зсувів, служить істотна відмінність швидкостей пружних хвиль в монолітній непорушеній породі  $V_{\text{соxp}}$  і у зсувній масі  $V_{\text{оп}}$  складеній з уламків тієї ж породи ( $V_{\text{соxp}}/V_{\text{оп}} =$  від 2 до 10 і більше).

На відміну від електророзвідки, сейсмічний метод при вивченні зсувів найбільш ефективний в умовах мінімального зволоження схилових утворень, як зсувних, так і природного залягання. Відмінності в швидкостях пружних хвиль у зсувних і непорушених породах набагато зменшуються при насиченні їх водою.

Можливості та обмеження сейсмозвідки визначаються низкою причин.

До факторів, що сприяють проведенню сейсмічних досліджень, відносяться відмінність швидкостей пружних хвиль в зміщеною і незміщеною породах, можливість спостережень на гірських схилах, відсутність обмежень

по глибині. Серед факторів, що ускладнюють дослідження, можна назвати складний поверхневий рельєф, обмежені розміри зсувів, високе затухання енергії пружних коливань у роздробленій породі, неоднорідність зсувних тіл.

Дана проблема, яка вирішується сейсмічним методом, розглядають в інженерній геології в різних аспектах. Це, насамперед, завдання прямого рішення. Ідея полягає в тому, що на ділянках зсувного схилу, які мають тенденцію до зміщення, повинен виникати неоднорідний напружений стан з переважанням розтягуючих напружень вниз по схилу, у свою чергу, приводить спочатку до утворення зовні прихованої тріщинуватості, орієнтованої перпендикулярно розтягуючим силам, тобто вздовж схилу. З точки зору сейсмозвідки, це виявляється в анізотропії швидкостей. Великі їх значення повинні спостерігатися менші вздовж схилів.

Випробування на реальних зсувних схилах показали, що КСЗ (кругове сейсмічне зондування) дає можливість всебічно характеризувати стан породи: її анізотропію, ступінь розпушеності і зміна цих показників з глибиною.

При вивченні інженерно - геологічних умов на ряді зсувних ділянок методу КСЗ (кругового сейсмічного зондування) випробували з метою з'ясування загальної картини напруженого стану різних частин зсувних схилів. При цьому передбачалося, що анізотропія пухких схилових утворень може бути обумовлена тим, що під дією власної ваги порода відчуває напруги розтягнення, що призводять до утворення орієнтованої вздовж схилу тріщинуватості. На таких ділянках кругові діаграми швидкостей повинні мати витягнуту форму з великої півосі, орієнтованої вздовж схилу. Можливий і інший варіант, коли породи на схилах піддаються впливу стискаючих зусиль, спрямованих вниз. Такі умови виникають на ділянках з малою крутизною, розташованих нижче більш крутого схилу. Стискаючі зусилля в даному випадку будуть виникати в результаті наповзання

вищерозміщених порід на більш пологі частини схилу. Оскільки при стисненні породи швидкість пружних хвиль в ній зростає, причому найбільш інтенсивно у напрямку дії стискаючого навантаження, кругова діаграма швидкостей в цьому випадку повинна мати велику піввісь, орієнтовану вниз по схилу.

Застосовуються також повторні спостереження за методикою кругового сейсмічного зондування, періодично виконуваного у закріплених на поверхні зсуву точках. Методика розрахована на виявлення змін стану зсувних мас при повторних вимірах. При цьому виявляють як вид напружень, які переважають у цій точці або області (розтягнення, стиснення), так і напрямлення їх дій. В результаті повторних змін складають висновок про зміни в розподілі напружень у часі.

При аналізі результатів режимних спостережень передбачається, що швидкість зменшується через дії напружень при розтягуванні і появи орієнтованої тріщинуватості на ділянках з найбільшими зміщеннями. Максимальне зменшення швидкості відбувається поперек тріщинуватості.

Можливі такі варіанти зміни кругових діаграм (індикатрис) швидкостей, що характеризують стан зсуву:

- індикатриса стала більш витягнутою в напрямку простягання схилу - на цій ділянці переважають розтягують напруги, орієнтовані у бік падіння схилу;
- швидкості у всіх напрямках зросли - спостерігається загальне ущільнення матеріалу.

Крім зазначених вище діагностичних параметрів зсувних ділянок, сейсмічний метод дозволяє визначити фізико - механічні характеристики зсувної маси, необхідні при розрахунках стійкості зсувних схилів відомими методами.

## 1.5 ІНЖЕНЕРНО - ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ БОРОТЬБИ ІЗ ЗСУВАМИ

Основною базою правильного і раціонального проектування заходів щодо забезпечення стабільності земляного полотна лінії, яка проектується або проходить в зоні зсувної діяльності, є надійне інженерно - геологічне обстеження, яке включає в необхідних випадках: стаціонарні спостереження, правильну оцінку інженерно - геологічної обстановки.

Основною вимогою у вирішенні поставлених завдань є глибина проникнення в природу процесів, що відбуваються, розкриття і прогнозування можливих рішень щодо забезпечення стабільності земляного полотна з урахуванням тих порушень природної обстановки і процесів, що відбуваються, які несе устрій земляного полотна або проведення заходів щодо забезпечення стабільності існуючого.

Неповнота і недостатня глибина інженерно - геологічних обстежень конкретного об'єкта в ряді випадків не дають достатніх матеріалів для проектування, а в подальшому на базі неякісного обстеження матеріали та рекомендації, якими керуються проектувальники, не тільки не забезпечують їх потрібними і надійними параметрами, але навіть дезорієнтують, наслідком чого є не якісне виконання проектної документації, а в подальшому, при розгортанні будівельних робіт, виникнення непередбачуваних ситуацій, які призводять до вповільнення темпів возведення інженерних споруд.

Завжди при обстеженні та вивченні будь-якого косогору слід ретельно і достовірно визначити, насамперед, чи є дана ділянка зсувною. Якщо косогір не зсувний, то необхідно оцінити ступінь стійкості і прогнозувати вплив дороги на стійкість як у процесі, так і в результаті її будівництва. У випадку, зсувної властивості даної ділянки, необхідно з'ясувати, стадію зсувної спроможності; в стані тривалої (з точки зору інженерної) стабільності (старий, затухшим, древній зсув) або в стані циклічної діяльності, та чи не спроможний в процесі або в результаті будівництва дороги відновлювати

свою діяльність старий зсув. При добре виконаному дослідженні в достатньому обсязі можливо встановити наявність зсувів.

Однак навіть останнім часом іноді старі зсуви залишалися нерозкритими геологічними дослідженнями й існування останніх виявлялося їх активізацією в процесі будівництва доріг. Мало того, зсув, що вважається стійким і витримав без зрушень та активізації будівництво колії, може вже в процесі експлуатації лінії прийти в дію. У такому випадку зсув перебував у стадії відносної (не тривалої) стабільності. Йшов процес багаторічних знижень ступеня цієї стабільності, істотно прискорений будівництвом колії, але ще не доведений до втрати рівноваги. Приведення в дію зсувного процесу настане в при експлуатації лінії через несприятливі зміни умов і впливів на зсув та його основу.

Як відомо [2], [1], циклічна діяльність активного зсуву в загальному випадку розпадається на наступні стадії (фази, етапи, періоди):

- 1) відносна стабільність (тимчасового спокою);
- 2) поживлення, супроводжуване тотальними і локальними переміщеннями;
- 3) тотальні макропереміщення (великі, іноді катастрофічні зсуву);
- 4) затухання, супроводжуване тотальними і локальними макропереміщеннями.

Потім цикл повторюється. Локальні деформації також у загальному випадку проходять стадії поживлення, великих зрушень та загасання. Кожен конкретний об'єкт може не мати всіх стадій циклу. Кожен цикл залежно від умов його формування має свою індивідуальну тривалість. Цикл багаторазово повторюється до тих пір, поки внаслідок природних геологічних процесів або в результаті спеціально прийнятих заходів не настане період тривалої (з точки зору інженерної) стабільності, і зсув тим самим не перетвориться на згаслий.

Тривала стабільність зникне, якщо будуть порушені умови її існування, і згаслий зсув перетвориться на активний. Іноді на зсувних косогорах, де проводилися заходи щодо їх стабілізації, за тривалу стабільність брали стадію тимчасового спокою (відносної стабільності). Велике значення на хід зсувних процесів мають правильний нагляд, утримання та своєчасний ремонт різного роду протизсувних пристроїв, споруд та захистів. Однак, як тільки закінчувався період відносної стабільності, знову починалися зрушення, що свідчило про недостатність або малої ефективності проведених заходів.

Активізацію вимерлих зсувів і утворення нових у процесі будівництва доріг і недостатність вже проведених заходів на деяких експлуатуємих об'єктах відзначена в роботі [2].

Звичайно, недостатньо мати тільки матеріали інженерно - геологічного обстеження, якими б блискучими вони не були. Для забезпечення тривалої стабільності зсувних ділянок необхідне проектування і реалізація протизсувних заходів у послідовності, високій якості, своєчасного нагляду та проведення в повному обсязі, утримання і ремонт протизсувних пристроїв, споруд.

Таким чином, тривала стабільність зсувних об'єктів залежить не тільки від повноти і глибини інженерно - геологічних обстежень, але , тим не менш очевидно , що ця вимога є найголовнішою і першою у багатьох інженерно-геологічних роботах. При інженерно - геологічних обстеженнях в необхідному обсязі проводиться несвоєчасно, з великим запізненням. Іноді в процесі будівництва, при зіткненні з непередбачуваними деформаціями . Це зазвичай буває пов'язано з великою трудомісткістю і повільністю обстежень, з недостатньою вимогливістю геологів і проектувальників. На важкі наслідки несвоєчасності виробництва робіт справедливо вказує робота[2]. Недостатні темпи інженерно - геологічних обстежень не дають можливості застосовувати масові дослідження, особливо необхідні в складних випадках . Аерозйомка , фізичні методи розвідки не відпрацьовані і тому не можуть

забезпечити надійність своїх свідчень. Масовість отримання геологічного і гідрогеологічного матеріалу, в тому числі і бурова розвідка, є лише опорними, польові дослідження вологості, щільності і характеристик міцності ґрунтів не отримали широкого розповсюдження.

Недостатній в ряді випадків обсяг одержуваного інженерно - геологічного матеріалу (не з точки зору звичних уявлень , а з точки зору потреби) , а звідси впливає неповнота, поверховість, ненадійність його і недостатня типовість для даного об'єкта для розкриття діючих в ньому закономірностей і прогнозів стабільності земляного полотна дороги на даному об'єкті можуть залучити до випадковості проектних рішень , мало що залежить від проектувальників. У цьому зв'язку найважливішим завданням є поліпшення якості, істотне збільшення темпів та обсягів інженерно - геологічних обстежень та забезпечення своєчасності їх виробництва, а також розширення і поглиблення стаціонарних спостережень на найбільш складних об'єктах.

Вже на базі попередніх матеріалів (літературних джерел, звітних даних попередніх досліджень, відомостей по аналогічних об'єктів, аналізу природних відслонень , топографії та геоморфології досліджуваного об'єкта) перед початком детальних інженерно - геологічних обстежень повинна розроблятися попередня робоча гіпотеза про стан косягору і явищах , які у ньому відбуваються.

Ця гіпотеза в процесі обстеження повинна перевірятися, коригуватися і змінюватися.

Одночасно з цим повинна бути розроблена вся ідея проектування і відповідні їй розрахункові схеми для того , щоб по можливості відразу отримати весь необхідний польовий і лабораторний матеріал.

При розробці, коригуванні і остаточному прийнятті в якості бази для проектування основних уявлень по зсувній ділянці і процеси в ній для влаштування дороги, необхідно провести велику аналітичну та порівняльну роботи. При цьому конкретний аналіз інженерно - геологічного матеріалу,

загальна, якісна інженерно - геологічна оцінка об'єкту, зіставлення з аналогічними об'єктами та умовами, розрахункове визначення умов міцності і стійкості об'єкта, напружено - деформованого стану його, розрахункове визначення необхідних заходів для забезпечення стабільності об'єкта жодною мірою не повинні протиставлятися одне одному, а, навпаки, складати єдине, органічне ціле. Після досить достовірного визначення стану зсуву і процесів, які у ньому відбуваються, виявлення причин і механізму зсувної діяльності необхідно провести не тільки загальну якісну інженерно - геологічну оцінку стійкості схилу, а й дати відповідну кількісну оцінку загальної стійкості схилу, локальної його стійкості в межах споруди, а також оцінити питомий вплив різних чинників на формування і перебіг зсувних процесів та виявити можливість, ефективність і доцільність впливу на ті чи інші фактори і їх сукупність.

На основі проведених досліджень розробляється проект, що охоплює весь комплекс заходів щодо забезпечення стабільності, або косогору разом з дорогою, або самої дороги, з зазначенням не тільки переліку заходів та конструктивного їх вирішення та визначення місця їх розташування, а й перелік послідовності та темпи їх влаштування. Прикладів невдач, пов'язаних з невиконанням зазначеного, особливо в частині термінів виконання комплексу заходів, можна навести багато. Зокрема, вони зазначені в роботі [2]. Правильний вибір розрахункових схем як для оцінки стійкості схилів і знаходяться або проєктованих на них споруд, так і для складання проєкту, а також для розробки конструктивних рішень є однією з важливих умов плідного проєктування.

Ряд широко поширених розрахункових схем цілком базується на наявності або на можливості існування деякої поверхні, по якій можливі зсувні зміщення у вигляді ковзань; при цьому порушення рівноваги починаються, саме з зсувів.

Можливий розрахунок за схемами, якщо вони теоретично не дефектні при зсувах ковзання та маса, яка зміщується принципово можна розглядати як одне ціле, ковзне, або по поверхні найменшого опору (критичної поверхні), або по контакту, попередньо визначеного геологічною структурою схилу (контактні зсуви [3]).

При цьому розрахунку нехтують місцевими деформаціями, якщо вони не мають великих впливів на загальний хід процесу, або членують (у місцях очікуваних тріщин розриву) зсувний масив на відповідні частини [4], кожен з яких можна розглядати як одне ціле.

При пластичних видах зсувів, які мають в'язкопластичне зміщення, при яких частинки ґрунту переміщуються всередині рухомої маси відносно один одного, без утворення поверхні ковзання з поступовим загасанням та глибиною (зсуви - потоки [5]), розрахунок стабільності їх слід вести, виходячи з рівнянь руху в'язкопластичного тіла.

У разі вимоги повного недопущення в'язкопластичних зсувів, необхідно, щоб у будь-якій точці зсувного масиву дотичне напруження не перевищувало граничного напруження (опору) зсуву [4].

Зсуви, видавлювання [5] відбуваються або з випиранням, або з видавлюванням ґрунту під вагою порід, що складають крутоспадаючий схил. У разі випирання ґрунту (при випиранні відбувається ковзання ґрунту по поверхні, по якій рухається призма відсічі, призма випирання) одночасно з ковзанням вищерозміщеної маси, можливе використання методів розрахунку зсуву за деякими поверхнями, однак, з досить детальним розглядом у необхідних випадках напруженого стану масиву [1], [4].

У разі видавлювання деформації часто йдуть в такій послідовності: внаслідок деформації, видавлювання вищерозміщеного шару, який вже є консольним, частина масиву повинна опускатися, долаючи опір консольної частини від усього масиву. Якщо вищерозміщена частина масиву опускається вертикально, практично без повороту і зсуву в бік, то такий зсув

комісія з дослідження зсувів Дорожньо - дослідного комітету Академії наук США називає «поршнеvim обвалом» [6]. На можливість такого типу деформацій у Східному Сибіру вказується у доповіді [2].

Проте найчастіше слід очікувати, внаслідок суттєвої неоднорідності видавлювання шару в окремих місцях, не тільки вертикальних зсувів блоку який відокремлюється, але і його повороту.

Якщо крен триває, то станеться обвал та матимуть місце вертикальні і горизонтальні зміщення без перекидання блоку , то їх характер буде явно зсувним.

Розрахунок стійкості в описаному випадку носить зовсім інший характер. Необхідний розрахунок на видавлювання шару, умови та можливості обслуговування подальших деформацій.

Один з наближених розрахунків на видавлювання наведено в [1]. Опускання і поворот блоків, зріз і відрив їх від решти частин масиву, зсуви та обвали, пов'язані з утворенням консолей, які не підтримуються основою, можуть зустрічатися в різних випадках. Наприклад, при сильній і неоднорідній стисливості шарів основи, суфозійних процесах в нижчих шарах та втратою ними несучої здатності, при підмиву схилу з утворенням ніш або порожнин, а також при будь-якій втраті несучої здатності основи або окремих шарів (при промоканні нижніх шарів укосів або схилів , складених з лесів), при якій утворюється консольна частина масиву, що не підтримується або слабо підтримується з боку основи.

Отже, правильний вибір розрахункових схем має величезне значення для оцінки стану схилу і призначення необхідних заходів. Можуть бути виділені абсолютно різні типи розрахункових схем принаймні:

1. Для зсувів ковзання, у яких втрата рівноваги починається зі ковзання по деякій поверхні.

2. Для зсувів течії, у яких зміщення відбуваються у вигляді в'язко-пластичної течії .

3. Для зсувів - консолей, у яких втрата рівноваги починається в загальному випадку з освіти консольного блоку, його відділення, опускання і повороту. Зсуви - консолі можна назвати зсувами - провалами, якщо порушення рівноваги почалося з вертикального зміщення, або зсувами - обвалами, якщо зсув почався з перекидання.

Крім правильного вибору розрахункових схем і визначення коефіцієнта стабільності необхідно правильно призначити допустимі коефіцієнти стабільності, які повинні в першу чергу забезпечити необхідний ступінь стійкості схилів, а також забезпечити облік тих умов і факторів, які прямо не увійшли до розрахунку .

У коефіцієнті стабільності слід враховувати ступінь відповідності розрахункової схеми дійсності, ступінь точності різного роду побудов і обчислень, ступінь точності задаються на схил навантажень і можливість їх зміни, ступінь точності задаються розрахункових характеристик і т.п.

Найбільш правильним є облік зазначеного вище ряду факторів, які безпосередньо не входять у розрахунок, не всередині коефіцієнта стабільності, а при призначенні того розрахункового параметра, на який ці фактори прямо впливають. Наприклад , облік неточності визначення зсувних характеристик ґрунту слід проводити, беручи до уваги розрахунок цих характеристик, також як і облік неточності графічних побудов виробляти безпосередньо при визначенні з цих побудов відповідних параметрів. Систематичні помилки одного знака слід враховувати безпосередньою поправкою одержуваних результатів . Так, наприклад , випробування ґрунтів на зсув на зрізних приладах дають принципово занижені значення опорності зрушенню, так як тангенціальна сила, що прикладається до рухомого кільця, створює не тільки дотичні напруження в зоні зрізу, а й нормальні напруги в момент реєстрованого зрізу розподілені не по всій площі початкового поперечного перерізу.

Випадкові відхилення слід враховувати, вважаючи ту чи іншу обумовлену величину, в межах її можливих коливань, як величину випадкову, ймовірну.

Розрахунки стійкості зсувних схилів, стійкості і міцності споруд, базуватися на фізичних законах.

Однак, враховуючи стохастичний характер ряду в розрахункові формули входять величини й розрахунки, які базуються на теорії ймовірностей. Чим точніше буде таким чином побудований розрахунок, тим менше значення може бути надано коефіцієнту стабільності.

#### 1.6 НАДІЙНІСТЬ ДІЛЯНОК КОЛІЇ НА ЗСУВНИХ КОСОГОРАХ

Стабілізація ділянок шляху на зсувних косогорах - одна з найбільш складних проблем у забезпеченні надійності земляного полотна. Ще професор Г.М. Шахунянц [8] у своїх роботах вказував на те, що, з одного боку, в природному середовищі періодично під впливом зміни кліматичних умов відбувається активація зсувних процесів, що викликає деформації підстави залізничної колії, а, з іншого - для повної стабілізації зсуву потрібні дуже великі грошові витрати. Незважаючи на невелику протяжність таких ділянок (на мережі залізниць України вона склала приблизно 56 км), ці деформації відносяться до найбільш небезпечних, їх розвиток може призводити до перерви в русі поїздів.

Для своєчасного попередження про активізацію зсувних деформацій з метою підвищення надійності колії і забезпечення необхідної безпеки в сучасних умовах необхідна система моніторингу за станом зсувних ділянок. Виходячи із загальних принципів моніторингу земляного полотна, розроблених Є.С. Ашпізом [8], вона повинна включати в себе спостереження і прогнозування стану ділянок колії, розташованих на зсувних косогорах, а також попередження виникнення деформацій на ранніх стадіях їх розвитку. Ця система повинна базуватися на проведенні геологічного, гідрологічного,

геоморфологічного, геодезичного, геофізичного та інших подібних досліджень. І на основі ранжирування об'єктів за ступенем небезпеки прояви на них зсувних процесів вона повинна містити рекомендації щодо детального діагностування або проведення протизсувних заходів. Згідно з методичними основами моніторинг колії на зсувних косогорах може бути розбитий на наступні стадії:

- виділення потенційно небезпечних ділянок колії, де можуть розвиватися зсувні деформації;
- первинне обстеження (діагностика), результати якого заносять в паспорт зсувної ділянки;
- використання матеріалів аерокосмічного моніторингу;
- режимні спостереження за зсувними ділянками за даними обробки сигналів колієвимірювального вагона (можливо з георадаром);
- обстеження нестабільних ділянок, виділених за даними обробки сигналів колієвимірювального вагона, а при погіршенні їх стану - більш детальне обстеження з використанням геодезичних, геологічних і геофізичних методів (відбір проб ґрунтів з визначенням характеристик міцності, установка мережі геодезичних марок, глибинних реперів для визначення можливої поверхні зміщення та ін);
- оцінка надійності зсувних ділянок колії за допомогою обчислювальних методів;
- проектування та здійснення протизсувних заходів;
- подальший моніторинг з періодичними оглядами і аналізом даних обробки сигналів колієвимірювальних вагонів і георадаром.

Для проведення моніторингу необхідна паспортизація всіх потенційно небезпечних ділянок колії, де можливі зсувні деформації.

При обстеженні земляного полотна на ділянці Одеської залізниці, яке перебуває у складних інженерно - геологічних умовах налічується 4 обвали.

Крім геологічних умов, важливим показником є план траси. Лінія - одноколійна, колія - безстикова, рейки Р-65, шпали залізобетонні з епюрою 1840 шт./км на прямих і 2000 шт./км в кривих, баласт щебеневий.

Провести протизсувні заходи відразу для всіх ділянок неможливо, так як це вимагає великих матеріальних витрат. Тому доцільно ранжирувати об'єкти за ступенем небезпеки виникнення зсувних процесів, які загрожують безпеці руху поїздів, і виділяти ті з них, які необхідно посилено контролювати і де в невідкладному порядку проводити стабілізацію.

Земляне полотно завжди знаходиться під впливом поїзного навантаження, на нього впливають такі фактори, як коливання температури і вологості, інфільтрація поверхневих і зміну режиму ґрунтових вод, сейсмічні коливання та ін. У зв'язку з цим ступінь стійкості масиву в часі не постійна.

Є як річні, так і багаторічні коливання.

На нестабілізованому об'єкті деформації відбуваються по циклах, кожен з яких у загальному випадку складається з таких періодів:

- відносної стабільності;
- поживлення;
- втрати рівноваги об'єкта в цілому або значної його частини;
- загасання.

У зв'язку з цим ранжувати об'єкти за ступенем небезпеки прояви зсувних процесів передбачається наступним чином (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Характеристика зсувних процесів

Стан ділянки	Характеристика протікають процесів
Стійке	Малі швидкості деформацій. Як правило, вони проявляються у вигляді опадів верхньої частини. При чому тільки в періоди надмірного зволоження. Відсутні розривні порушення, ознаки порушення стійкості та формування поверхонь ковзання.
Тимчасово стійкий	Поява мікропереміщень. Поряд з пружними виникають пластичні деформації, але поверхня ковзання поки не формується. Масив локально деформується, спостерігаються окремі просадки і зсування шляху, але тільки в період надмірного зволоження.

Гранично стійке	З'являються не тільки мікропереміщення і локальні деформації, а й зрушення по поверхні ковзання, хоча в цілому зсувний масив ще повністю не відокремився. Підготовка зсувного зміщення вже очевидна, проте деформації відбуваються, як правило, в періоди надлишкового обводнення, косогір ще відносно стійкий.
Нестійкий (поза межне)	Деформації відбуваються не тільки в періоди надмірного зволоження, а майже безперервно. Зсувний масив вже повністю відокремився.
Критичне	Може початися катастрофічне переміщення масиву.

Слід зазначити, що перехід від гранично стійкого стану до подальших може відбутися досить швидко. Раптовий прояв окремих факторів (атмосферні опади, динамічний струс, швидке навантаження головної частини формованого зсуву, підрізка підстави косогору та ін.) являє собою реальну загрозу такого переходу, хоча зовнішні суттєві прояви деформацій на косогорі і укосах земляного полотна можуть існувати. При ранжируванні на виділених ділянках провели натурний огляд. На деяких об'єктах виконали детальне діагностування, яке складалося з наступних обстежень:

- Інженерно - геодезичного (розбивка ділянки робіт, зйомка плану і характеристик поздовжніх і поперечних профілів);
- інженерно - геологічного (буріння свердловин, відбір проб ґрунтів, визначення фізико - механічних характеристик в лабораторних умовах );
- інженерно - геофізичного (електророзвідка в модифікації ВЕЗ за методикою суцільних електричних зондувань, сейсмозвідка методом МПВ на поздовжніх і поперечних хвилях і георадіолокаційні спостереження). На основі спостережень і виконаних вишукувань стало можливим охарактеризувати стан виділених об'єктів за ступенем небезпеки виникнення зсувних деформацій (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Характеристики зсувних ділянок

Номер об'єкта	Опис «хворого» місця	Стан ділянки
1	2	3

1.	«Хворе» місце знаходиться на обліку як зсувна ділянка. При огляді місця, явних деформацій земляного полотна не спостерігається, що підтверджується записом майстра з земполотна в паспорті земляного полотна яке деформується або нестійкого.	гранично стійке
2.	Оглянуто «хворе» місце, яке перебуває на обліку як зсув. В даний час стан земляного полотна стабілізувався. Ознак деформацій не спостерігається. Однак протидеформаційні роботи на ділянці не закінчені: у рівні нижнього ярусу відбувається вихід води на поверхню.	нестійкий
3.	«Хворе» місце знаходиться на обліку як зсувній ділянці. При візуальному огляді, видимих ознак нових деформацій не виявлено. Стан шляху задовільний. По середині «хворого» місця на правому узбіччі має місце просадка . Необхідності виконувати виправку і підняття колії.	гранично стійке
4.	Ділянка розташована на нульовому місці у підніжжя косогору. Стався зсув косогору. На момент огляду деформацій не спостерігається, стан косогору стабілізувався. Колія знаходиться в задовільному стані. Необхідно продовжувати спостереження за станом «хворого» місця.	гранично стійке

Для підвищення надійності ділянок колії , розташованих на зсувних косогорах, потрібно їх постійний моніторинг. Враховуючи досвід, можна зробити наступні висновки:

1. Необхідна паспортизація всіх зсувних ділянок, щоб на основі даних паспортів можна було приймати технічно грамотне та економічно доцільне рішення про стабілізацію конкретної ділянки.

2. Моніторинг дозволить ранжувати зсувні ділянки шляху за ступенем небезпеки виникнення на них деформацій і виявляти найбільш небезпечні місця, що потребують додаткового обстеження або стабілізації.

3. Постійний моніторинг на ділянках з зсувними схилами знизити ймовірність виникнення раптових деформацій.

### 1.7 ПРОТИЗСУВНІ ЗАХОДИ

За допомогою вертикального планування і виробництва земляних робіт виконується зріз відкосів з метою виключення ділянок колії з крутими відкосами і створення контрбанкетів.

Зріз відкосів має на меті зменшення крутизни зсувного схилу, що забезпечує його стійкість. Зріз відкосів схилу доцільно як профілактичний

захід при наявності неактивізованого зсуву. Крім того, доцільність зріз відкосів схилу визначається обсягом земляних робіт і характером ґрунтів (рис.1.4). Таким чином, завдяки контрбанкету збільшується вага тіла зсуву в його нижній частині і створюється деякий упор, що протидіє сповзає масі зсуву.

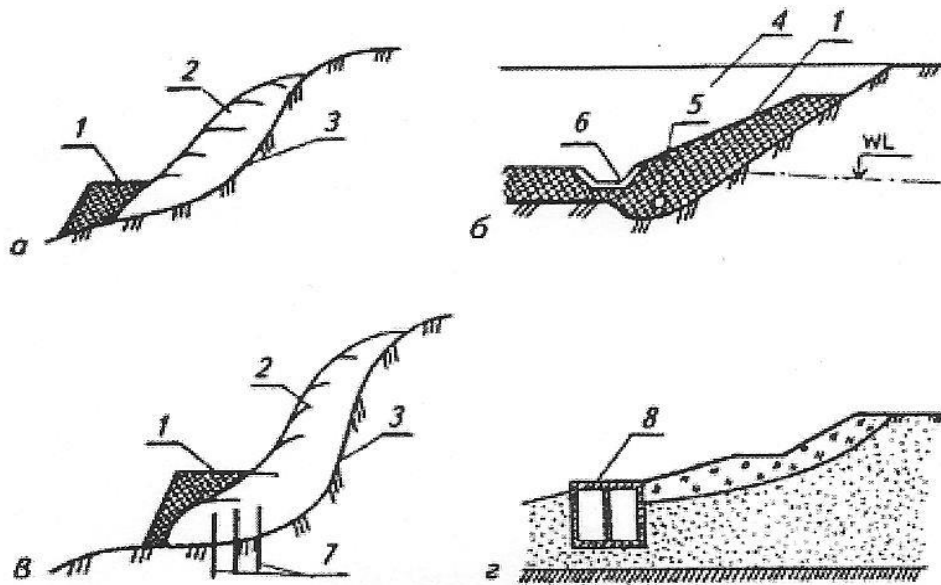


Рис.1.4 Схеми варіантів, стримуючих переміщення нижньої частини зсуву:

а, б-контрфорс з ґрунту; в - контрфорс із забиванням утримуючих зсув паль; г- контрфорс у вигляді залізобетонних ящиків, заповнених піском або щебенем; 1-завзята призма, 2 - тіло зсуву; 3 - поверхня ковзання; 4 - первісна поверхня схилу ; 5 - дренаж; 6 - лоток водоводу; 7 - палі; 8 - залізобетонний ящик.

Дренування підземних вод також є одним з основних заходів щодо боротьби з зсувами. Для цього застосовуються різні дренажні системи та типи дозволяють проводити повне або часткове перехоплення ґрунтового потоку. Розрізняють два види дренажу зсувного схилу: головний дренаж, що перехоплює ґрунтовий потік вище зсувного укосу і укісними дренажами, призначеними для осушення тіла самого зсуву. Найбільш істотним є дренаж, що прокладається уздовж верхньої бровки схилу і перехоплює підземні води, запобігаючи їх вихід на зсувній схил. Головний дренаж, вирішуючи завдання

перехоплення ґрунтового потоку, запобігає винос частинок ґрунту з пластів зсувного укосу, осушує площину ковзання і зневоднює масу зсуву, що призводить до зниження фільтраційного тиску, що впливає на стійкість укосу.

В якості головних дренажних систем застосовуються горизонтальні однолінійні або двохлінійні дренажі: трубчасті - при глибині водоносного шару в 2-3 м; суцільні прорізи (щілини) - відкриті глибиною 3-4м і закриті - глибиною до 10-12 м (рис.1.5) дренажні галереї, прокладаються відкритим способом і штольні, що споруджуються закритим способом, у водоносному ґрунті або нижче його (рис.1.6).

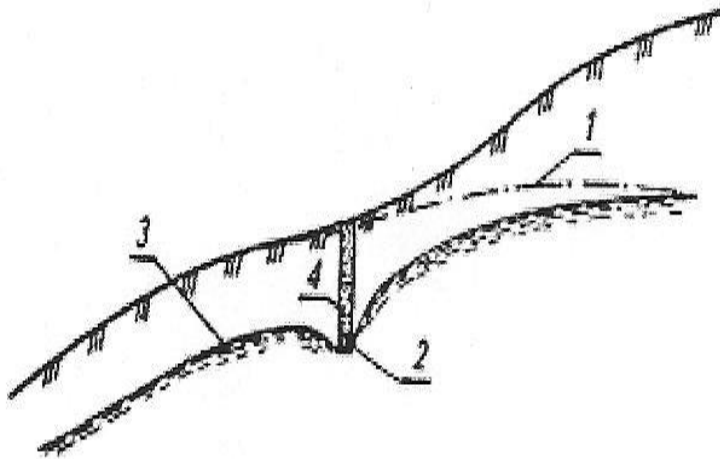


Рис.1.5. Схема пониження рівня ґрунтових вод на зсувній ділянці схилу закритою дренаєю:

1-рівень ґрунтових вод до будівництва дренажу; 2-дренаж; 3 - крива депресії; 4 - зворотна засипка траншеї з ущільненням.

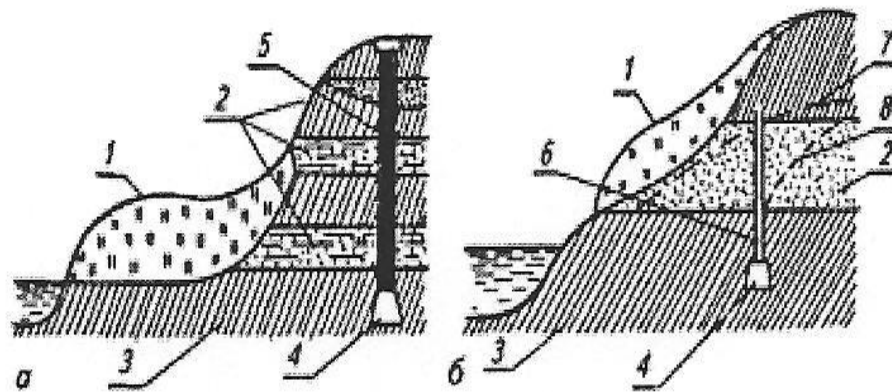


Рис.1.6 Схеми перехоплення ґрунтових вод

а-штольня з вертикальними дренажами, б-штольня з забивними фільтрами; 1 - тіло зсуву; 2 - водоносні пласти, 3 - корінна порода, 4 - штольня, 5 - дренажний колодязь; 6 - забивний фільтр; 7 - рівень ґрунтових вод; 8 - крива депресії.

Механічне опір руху зсуву також здійснюється за допомогою підпірних стінок або пальових рядів (рис.1.7 а, б).

Конструкції типу паль застосовують, коли пристрій наполегливих споруд недоцільно по планувальним або інших міркувань.

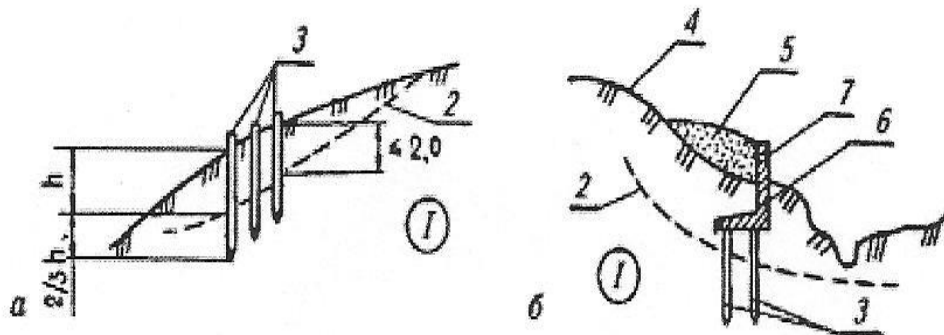


Рис.1.7 Схеми пальових рядів, використовуваних для утримання зсуву:

а-пальове поле, б-підпірна стіна на палях; 1 - корінна порода; 2 - площина ковзання; 3 - палі; 4 - поверхня природного рельєфу; 5 - фільтраційна засипка; 6 - підпірна стіна; 7 - водовипуск.

На практиці застосовуються дерев'яні, бетонні та залізобетонні, а іноді і металеві палі. Число паль визначається за навантаженням на палю розрахунком на перекидання і зріз. Щоб уникнути струсів схилу при

забиванні палі попереднім бурінням отворів для кожної палі діаметром трохи менше її розрахункового. Палі розташовуються в плані в шаховому порядку і заглиблюють в незмішаний ґрунт на глибину не менше 2м. Таким чином , всі ці заходи дорогі і трудомісткі у виконанні, тому на основі ретельного аналізу причин, що викликають розвиток процесу зсуву, а вибір роблять на основі техніко - економічного порівняння варіантів.

## 2 ВИКОРИСТАННЯ ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЙ БОРОТЬБИ З ЗУВНИМИ ПРОЦЕСАМИ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

**Габіони** — це конструкції різної форми з металевої сітки, що заповнюються бутовим каменем. Заводи, що виготовляють, поставляють плоскі розгортки, які на місці збираються в об'ємну конструкцію — коробчаті або циліндрові габіони, матраци. По краях такі елементи посилюються дротом. Впровадження будівництва габіонів не є універсальним, але може бути використаний там, де це доцільно і економічно ефективно.

Габіонні споруди відповідають екологічним вимогам. Вони не заважають росту рослинності і з часом стають частиною природного ландшафту і набирають міцності

Потреба у вживанні технології конструкцій габіонів виникає постійно: багатьом дорогам вже 130–140 років, земляне полотно в роки їх будівництва було розраховано на інші навантаження. Якщо у той час вагони були двухвісними, то сьогодні — до восьми осей.

Сьогодні при зростанні навантаження на земляне полотно в багатьох місцях воно деформується («пливе»), виникають ті, що просіли, спливи високих насипів. Наслідок цього — обмеження швидкості руху на ділянках, що ускладнює експлуатаційну роботу залізничників, знижує пропускну спроможність.

Земполотно уміли лікувати і раніше, на кожній дорозі для цього є КМС із спеціалізованою технікою. Традиційний метод лікування полотна — відсипання контрабанкетів з дренажних ґрунтів під час так званих «вікон» (зупинок руху поїздів). Головний недолік такої технології полягає в тому, що для роботи потрібні перерви в русі. Перевага ж вживаного нами способу — виконання робіт по зміцненню земполотна за допомогою габіонів без припинення руху, якщо є можливість наблизитись до місця робіт.

Габіони заповнюються будь-яким природним кам'яним матеріалом. Це може бути булижник, галька, кар'єрний камінь. Камінь-заповнювач може бути окатаним (річковий камінь) або рваним (кар'єрний камінь або щебінь), розміром, декілька більшим, ніж розмір вічка сітки габіону.

Технологія будівництва габіонів дозволяє в середньому на 20% скоротити у витрати по зміцненню земполотна в порівнянні з традиційними методами. Але треба враховувати і той факт, що терміни проведення робіт при цьому скорочуються в 2–3 рази, оскільки рух по дорозі не уривається технологічними «вікнами». Навіть швидкість склади можуть не знижувати, що спрощує експлуатаційну і диспетчерську роботу. Крім того, інші способи зміцнення земполотна вимагають використання дорогої важкої техніки, а при спорудженні габіонів матеріали доставляються на об'єкти і укладаються за допомогою звичайної будівельної техніки

#### **Габіонні конструкції (габіони) застосовують:**

- при будівництві морських і річкових берегоукріплень;
- при будівництві інженерних споруд різного призначення;
- при будівництві каналів;
- при будівництві штучних споруд на дорогах;
- при роботах по ландшафтному дизайну;
- для армування нестійких масивів ґрунту;
- для зміцнення схилів і насипів виключаючи зведення гравітаційних стін;
- при ліквідації проривів берегоукріплень на річках у паводковий період (циліндричні габіони);
- при наявності високої хвильової і льодової навантаження для влаштування фундаменту дамб (циліндричні габіони).
  - на небезпечних ділянках



### *Переваги габіонів*

Ефективність габійонних конструкцій з віком не зменшується, а зростає. Тільки завдяки наноси ґрунту в порожноти габійонів та росту в них рослинності.

При виборі конструкції габійону слід виходити із щорічної ймовірності перевищення витрат, що встановлено в залежності від класу споруди.

Габійонні споруди слід застосовувати в комплексі з методами біоінженерного протиерозійного захисту земель. Допускається сполучувати габійонні споруди різного призначення.

**Основними перевагами габійонних конструкцій є (властивості габійонів):**

*Гнучкість.* Конструкції здатні протистояти зовнішнім навантаженням без розриву. Габійонні структури поглинають можливі осідання ґрунту без руйнування самої споруди. В умовах нестабільних ґрунтів, а також в зонах їх розмиву ця якість є особливо важливою.

*Міцність.* Сітка, з якої виготовлені конструкції, має змінну розривне навантаження від 3500 до 5000 кг на пог. метр. Завдяки цьому конструкції з габійонів можуть протистояти будь-якого типу навантажень.

*Проникність.* Висока проникність габійонних конструкцій виключає виникнення гідростатичних навантажень. Дренажної та стійкості роблять їх ідеальними для захисту схилів від ерозії.

*Довговічність.* Ефективність габійонних конструкцій не зменшується, а зростає з роками, оскільки з часом відбувається ущільнення наносів ґрунту в порожнинах габійонів і починається зростання рослинності на їх поверхні. Таким чином габійони перетворюються на дружні природі будівельні блоки.

*Економічність.* Габійонні конструкції є більш економічними, ніж жорсткі або напівтверді конструкції, так як мають наступні переваги: малі витрати на експлуатацію; мінімальні обсяги робіт з підготовки підстави споруди; простота конструкцій не вимагає кваліфікованої робочої сили при

монтажі; не потрібні витрати на пристрій дренажних систем, так як габіонні конструкції є проникними.

*Екологічність.* Завдяки тому, що габіонні конструкції не перешкоджають зростанню рослинності і зливаються з навколишнім середовищем, вони є природними будівельні блоки для прикраси ландшафту.

*Види укріплюючих конструкцій*

### **Габіонні стіни**

- а) гравітаційні;
- б) напівгравітаційні;
- в) ступенева;
- г) тонка стінка з анкеровкою.

*Габіонні стіни* належать до затримувальних, підпірно-захисних і берегоукріплювальних гідротехнічних споруд, призначених для зміцнення укосів річок, водойм, природних схилів і укосів штучних насипів та інших ГТС.

До рекомендованих типів стін з коробчастих габіонів слід відносити:

- масивно-об'ємні (гравітаційні);
- стіни з армувальною панеллю.

Висота стін має забезпечувати стійкість верхньої частини укосу, який потрібно захистити. Ширина габіонів, з яких складаються стіни, і форма стін встановлюється з умов забезпечення зовнішньої і внутрішньої стійкості стін.

### *Класифікація габіонів*

**Габіони** - об'ємні сітчасті контейнери, наповнені камінням, зі щільних гірських порід.

За конструктивним виконанням, залежно від форми сітчастих контейнерів і одиничних будівельних блоків, які з них формують, габіони підрозділяють на:

#### **- коробчасті**

*Габіони коробчасті* (рис. 2.1) — об'ємні сітчасті конструкції, що виготовляються з оцинкованої металевої сітки подвійного кручення, заповнювані, в процесі виконання будівельних робіт, каменем. Мають шестигранні вічка з цинковим або гальфановим покриттям. У агресивних середовищах додатково використовується полімерне (ПВХ) або ПНД (поліетилен низького тиску) покриття. Виготовляються коробчасті габіони у формі паралелепіпеда або циліндра. Так само виробляються габіони коробчасті із зварної сітки.



Рисунок - 2.1 Коробчасті габіони

#### **- матрацні;**

*Матраци Рено* (рис. 2.2) — плоскі сітчасті конструкції, що виготовляються з оцинкованої металевої сітки подвійного кручення, заповнювані, в процесі виконання будівельних робіт, каменем. Мають

шестигранні вічка з цинковим або гальфановим покриттям. У агресивних середовищах додатково використовується полімерне (ПВХ) покриття. Виготовляються матраци Рено у формі паралелепіпеда невеликої висоти і з великою площею поверхні основи.



Рисунок - 2.2 Укріплення ґрунту Матрацами Рено

**- циліндричні**

*Циліндричні габіони* (рис. 2.3) - це габіонні конструкції у вигляді циліндра. Вони виготовляються з сітки подвійного кручення і мають діаметр 0,65 або 0,95 метра і довжиною від 2 до 4 метрів по ГОСТ Р 52132-2003.

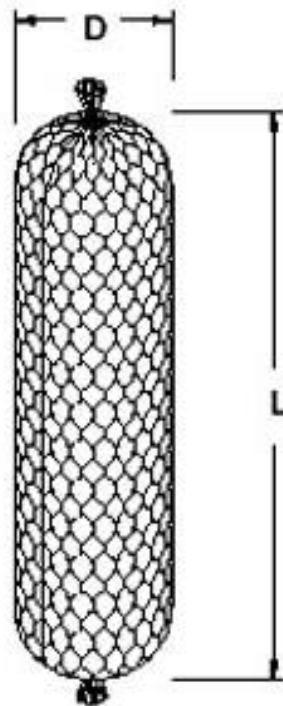


Рисунок - 2.3 Циліндричні габіони

(L – довжина; D – діаметр)

Циліндричні габіони заповнюються каменем і використовуються для термінових робіт при ліквідації аварій на річках, в основі берегоукріплень при наявності високої води або великої глибини необхідного зміцнення. Вони використовуються також для зведення фундаментів дамб, при наявності високої хвильової і льодової навантаження. Для посилення циліндричних габіонів, дріт кромek панелей має більший діаметр, чим основний дріт сітки.

Дротяна сітка, використовувана для габіонів, виготовляється із сталевого дроту щільного оцинкування або дроту з покриттям GALFANR по ГОСТ Р 51285-99. У тому випадку, коли циліндричні габіони застосовуються в агресивному середовищі, дріт для їх виготовлення проходить процес оцинкування (або покриття GALMACR), а потім додатково покривається оболонкою з ПВХ (полівінілхлорид). Покриття ПВХ захищає дріт і

забезпечує велику стійкість до хімічних, механічних і корозійних пошкоджень.

### **Система Террамеш**

*Система Террамеш* (рис. 2.4) - це габіонні конструкції, що складаються з лицьовій частині і армуючої панелі з сітки. Вони виготовляються з сітки подвійного кручення з шестикутними осередками. Лицьова грань ділиться на секції за допомогою діафрагм з кроком 1 м. Армуюча панель вкладається в тіло відсипається насипу.

Системи Террамеш використовують для армування та укріплення схилів. Під впливом навантаження велика частина ґрунтів піддається зміцненню і порушення внутрішньої структури, а застосування Террамеш дозволяє надійно армувати і зміцнити такі ґрунти, тим самим підвищуючи міцність і стійкість схилів і масивів. При формуванні конструкції модулі Системи Террамеш розташовуються шарами по горизонталі. Крок армування повинен відповідати проекту.

Системи Террамеш виключають потреба зведення гравітаційних стін, значно зменшують обсяг земляних робіт при зміцненні насипів і схилів.

Система Террамеш - це екологічна модульна система армування ґрунту, використовувана для кріплення нестійких масивів ґрунту замість гравітаційних стін, для кріплення схилів і укосів насипів. При формуванні конструкцій модулі Системи Террамеш розташовуються горизонтальними шарами. Крок армування визначається відповідно до проекту для забезпечення стійкості масиву ґрунту.



Рисунок - 2.4 Приклад укріплення берегів системою Террамеш.

За функціональним призначенням габіони, залежно від їх розміщення і умов експлуатації в споруді, поділяються на:

- надводні;
- змінного рівня води;

- підводні.

Типові розміри габіонів наведено в таблиці 2.1, характеристики комірки сітки, варіанти діаметра дроту і характеристики дроту - відповідно у таблицях 2.2, 2.3, 2.4

**Таблиця 2.1 - Типові розміри габіонів**

Довжина (м)	Ширина (м)	Висота (м)	Допуски
2	1	0,5; 1	довжина $\pm 5\%$ ширина $\pm 5\%$ висота $\pm 5\%$
3	1	0,5; 1	
4	1	0,5; 1	
1,5	1	1	

**Таблиця 2.2 - Характеристики комірки сітки**

Тип	В (мм)	Доп. відхилення	Діаметр дроту (мм)
8×10	80	+ 16% - 4%	2,70; 3,00 2,7/3,7 (ПВХ)

**Таблиця 2.3- Варіанти діаметра дроту**

Діаметр дроту		
Сітка	2,70	3,00
Кромка	3,40	3,90
Зв'язка	2,20	2,40

**Таблиця 2.4 - Характеристики дроту сітки**

Діаметр дроту (мм)	2,20	2,40	2,70	3,00	3,40	3,90
Додаткові відхилення ( $\pm$ )(мм)	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
Маса цинкового покриття ( $\text{г}/\text{м}^2$ )	230	230	245	255	265	275

Дротяна сітка, яка використовується для габіонів, виготовляється зі сталевого дроту щільного оцинкування. У тому випадку, коли циліндричні габіони застосовуються в агресивній середі, дріт для їх виготовлення проходить процес оцинкування, а потім додатково покривається оболонкою з ПВХ (полівінілхлорид).

Покриття ПВХ захищає дріт і забезпечує велику стійкість до хімічних, механічних і корозійних пошкоджень. Утримує ґрунт і забезпечує умови для швидкої появи рослинності.

#### *Розрахунок габіонних конструкцій*

*Основні принципи посилення й стабілізації зсувонебезпечних ділянок габіонними спорудами*

##### *Гравітаційні габіонні стіни*

Гравітаційна габіонна стінка ( ГГС ) 1 являє собою підпірну стінку, виготовлену з габіонів 2 (рис.2.5).

За підтримуючим впливом на насип габіонна підпірна стінка разом із засипанням 3 і присипкою 4 (див. рис.2.5) заміняє собою контрбанкет із дренажним ґрунтом 5.

При проектуванні приймається, що габіонна стінка працює як єдине ціле проти зсуву по поверхні АБ і перекидання під впливом сили зсувного тиску  $E_n$  щодо точки Б (рис. 2.5).

Основні розміри споруди (стінки) - висота  $H$ , габарити габіонів і ширина берми  $b$  визначаються із зазначених умов.

##### *Сфери застосування*

Сферами раціонального застосування габіонних споруд є:

- необхідність економії дренажного ґрунту ;
- умови будівництва обмежені по площі (промислова й цивільна забудова);
- необхідність переносу різних комунікацій при спорудженні звичайного контрбанкета;

- необхідність економії площ культурних земель під заснування звичайних контрбанкетів;
- недоцільність подовження водопропускних труб;
- нерівномірне просадження основи;
- запобігання розмивів;
- екологічні вимоги;
- архітектурні й ландшафтні вставки.

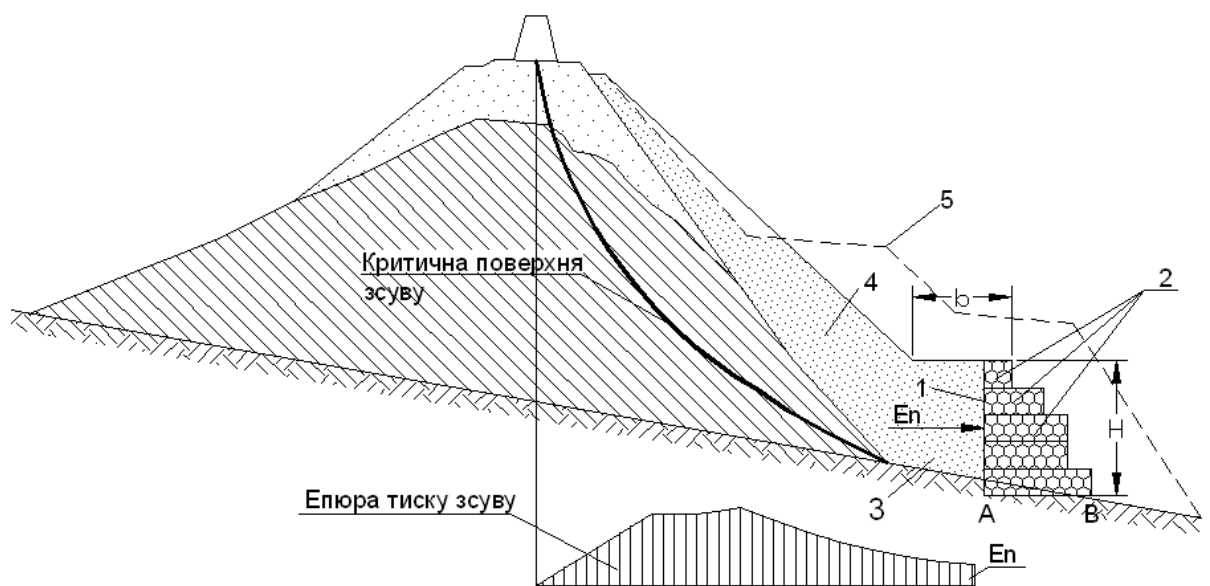


Рисунок - 2.5 Схема розрахунку по підсиленню насипу габіонною стінкою

#### *Конструкції стін з габіонів*

Підпірні стінки з габіонів - це стінки, які встановлюють на схилах або в підшви насипу в утримуючих цілях.

Підпірні стіни з габіонів можуть бути масивного обрису (гравітаційні стіни) і тонкого обрису (напівгравітаційні стіни). Вони можуть бути низькі:

$$\frac{H}{b_{\phi}} < 1,5 \quad (2.1)$$

і високі:

$$\frac{H}{b_{\phi}} > 1,5, \quad (2.2)$$

де  $H$  - видима висота стіни, м;

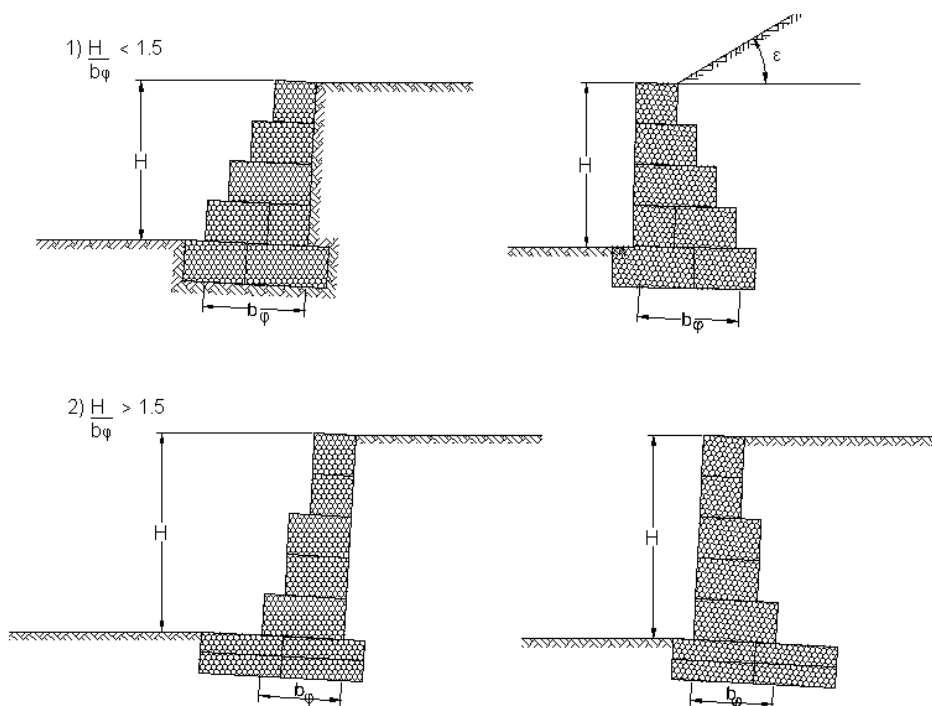
$b_{\phi}$  - ефективна ширина фундаменту, м.

Лицьова грань таких стін може влаштовуватися:

- східчастою (вертикальною або розташованою під кутом до вертикалі);

- гладкою (вертикальною або похилою).

Ці основні типи стін наведені на рис.2.6.



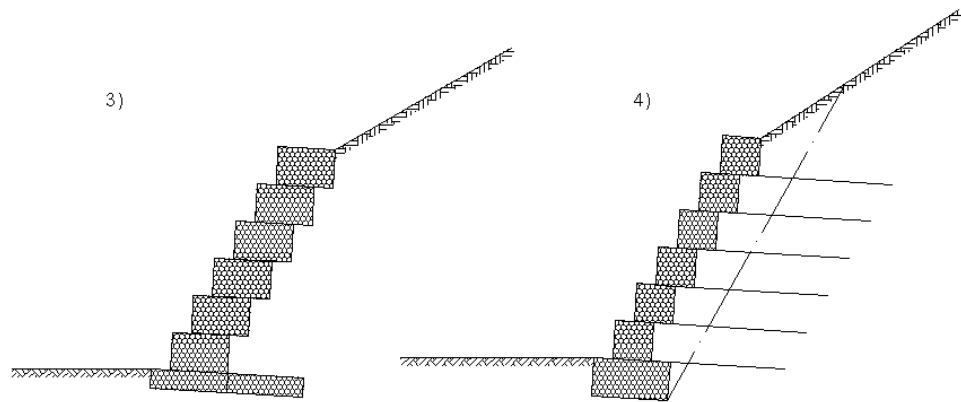


Рисунок - 2.6 Види габіонних стінок

де: 1) гравітаційна стінка; 2) напів-гравітаційна стінка; 3)ступенчаста 4) тонка стінка з анкеруванням

Для оцінки стійкості споруди обрано найбільш небезпечний розрахунковий переріз.

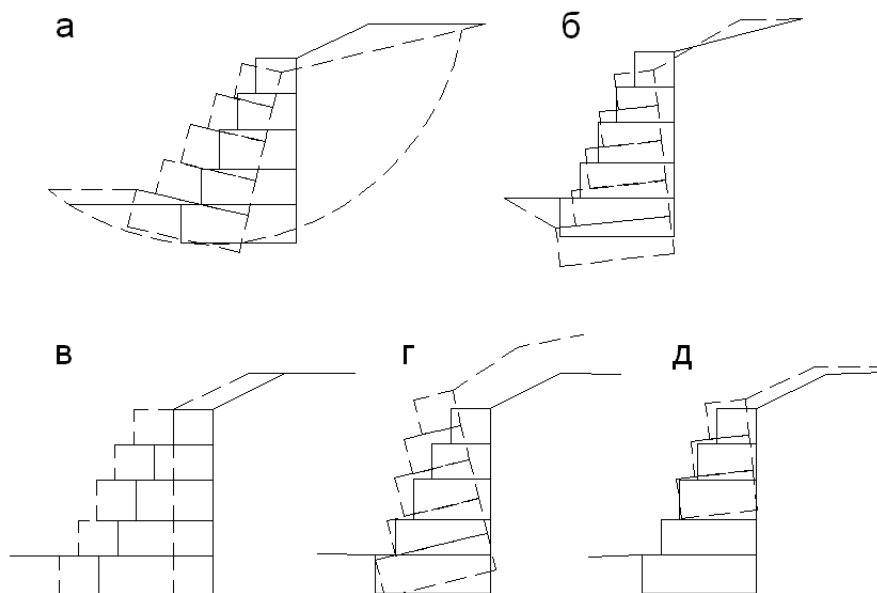


Рисунок - 2.7 Можливі схеми руйнування габіонної гравітаційної стінки

- а – повне обвалення
- б – порушення несучої спроможності основи
- в – зрушення
- г – перекидання
- д – внутрішнє руйнування

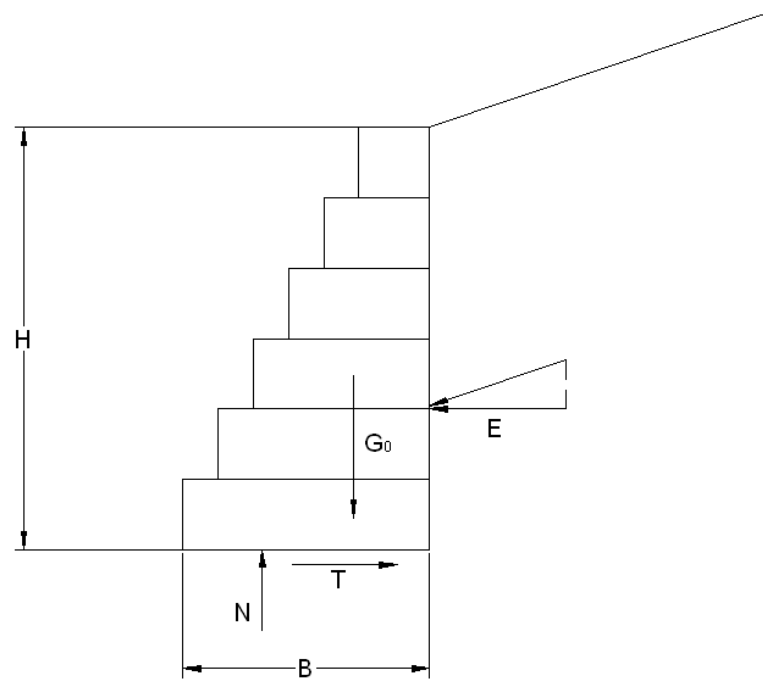


Рисунок - 2.8 Розрахункова схема на визначення стійкості стіни на зрушення

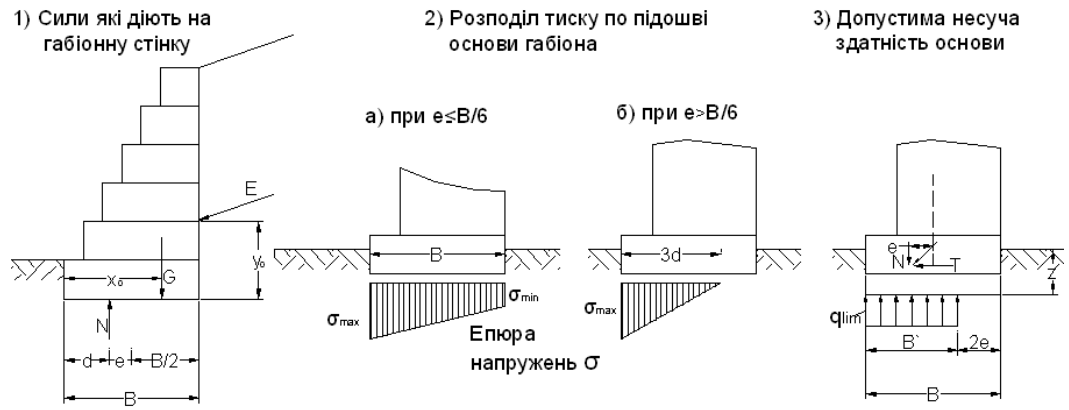


Рисунок. - 2.9 Розрахункові схеми

### 3 РОЗРАХУНОК ПІДПІРНИХ СТІНОК З ЗАСТОСУВАННЯМ ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Будівництво підпірних стінок проектується із застосуванням екологічно чистих матеріалів: габіонних конструкцій, виготовлених із оцинкованого дроту подвійного кручення, що утворює сітку з шестигранних вічок, заповнених природним каменем.

Основні техніко-економічні показники споруди наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Основні техніко-економічні показники споруди

№ п/п	Найменування	Одиниця виміру	Кількість
1	Загальна протяжність підпірних стінок вздовж осі	м.п.	323,90
2	Верхня відмітка підпірної стінки	м	98,11
3	Максимальна висота підпірної стінки	м	4,0

#### *ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ*

В плані, підпірна стінка влаштована паралельно крайній до озера, трубі інженерної комунікації під назвою *К<sub>ін</sub>*. Задня грань верху підпірної стінки розташована на відстані 2,0 м від від краю даної комунікації.

Починати будівництво підпірної стінки слід з ПК 0, таким розташуванням габіонів, як це зображено на повздовжньому перерізі (09-10/07-04. Повздовжній переріз).

Котлован під споруду розбивати на місцевості, відповідно відстаням зазначеними на повздовжньому та поперечному перерізах.

Дно котловану визначається відміткою низу шару насипного ґрунту (пісок мілкий з прошарками супіску та домішками будівельного сміття), який необхідно замінити середнім піском для забезпечення необхідної стійкості

споруди. В місцях відсутності даного шару ґрунту дно котловану повинен бути на 0,4 м нижче низу матраца, тобто 93,41 м абс.

### *БУДІВЕЛЬНІ РІШЕННЯ*

#### *Основні розрахункові положення*

Для оцінки стійкості споруди обрано найбільш небезпечний розрахунковий переріз.

Розрахунок стійкості конструкцій, виконаний з використанням комп'ютерної розрахункової програми MacStars 2000. Вона дозволяє, на основі даних про конструкцію підпірної стінки і характеристик прилеглих ґрунтів та основи, підібрати надійний та економічно вигідний варіант розташування елементів підпірної стіни.

Стійкість підпірної стінки визначалась загальним розрахунком за методом Bishop (за кругло-циліндричними поверхнями зсуву) та розрахунком внутрішньої стійкості габіонної підпірної стінки на зсув та перевертання вищевказаним методом (див. додаток 2.).

Розрахунками виявлений мінімальний коефіцієнт стійкості 1,235, що є достатнім для надійної роботи споруди.

#### *Конструктивні рішення*

Габіони – це конструкції заводського виготовлення у формі паралелепіпеда із оцинкованої сітки подвійного кручення розміром чарунки 8×10 см.

Оцинковане покриття дроту з додатковою полімерною оболонкою із ПВХ забезпечує тривалий строк експлуатації подібних споруд, який становить не менше 75 років, а в нашому випадку, конструкції, запропоновані нами, протягом 10-15 років збільшить свою міцність в наслідок процесів консолідації частинок кам'яного матеріалу, покриються рослинністю і зіллються в єдине ціле з нашою ділянкою, що укріплюється, стаючи частиною природного ландшафту.

Габіонні конструкції заповнюються кам'яним матеріалом, як правило, гранітних порід фракції від 100мм до 200мм, міцністю не нижче 400кг/см<sup>2</sup> та морозостійкістю від 50.

Використання цих конструкцій є економічнішим і надійнішим засобом з ряду причин, серед яких найважливішими є:

- високий опір динамічним і статичним навантаженням, міцність армуючих елементів і граней;
- корозійна стійкість до дії води і атмосферних явищ;
- гнучкість, яка дає можливість габіонній структурі заповнювати невеликі деформації у ґрунті без руйнування споруд;
- простота будівництва і мінімальні обсяги робіт, пов'язаних з підготовкою основи (потрібно просто вирівнювати поверхню);
- низькі експлуатаційні витрати.

Габіонні конструкції відповідають екологічним вимогам. Вони не заважають рослинності і з часом стають частиною природного ландшафту.

Підпірні стінки виконані комплексом «Армоґрунтова стіна», яка являє собою масив дреноуючого ґрунту, армований ззовні габіонами, а всередині масиву металевими сітками та звичайними коробчатими габіонами.

При проектуванні приймається, що масив працює як єдине ціле проти зрушення по поверхні під дією сили тиску зсуву.

Прилеглий до габіонів ґрунт зворотної засипки захищений від суфозії геотекстилем, який виконує функцію зворотного фільтра.

Задля забезпечення фільтраційної міцності споруди в зворотній засипці за коробчатим габіоном 2x1x1 влаштовується трубчатий дренаж із труб діаметром 200мм обмотаних геотекстилем, щоб попередити суфозію ґрунту. Для витоку дренажних вод передбачені трійники для сполучення двох дренажних труб та виходи із зворотної засипки труб діаметром 200 мм. Виходи із дренажною трубою влаштовуються не більше як через 40 м, що дозволяє забезпечити необхідний похил для дренажних труб. Дренажні труби

вкладаються відповідно до креслень основного комплекту. Відмітка низу дренажу в найнижчому положенні (в трійнику) становить 94,22м абс., а в найвищому положенні – 94,62м. абс.

Конструкція підпірної стінки визначена розрахунком на стійкість (див. Додаток 2.), найбільш оптимальним варіантом є:

- фундамент ПС – із габіонних матраців 4х2х0,3м;
- 1-й ярус – із коробчатих габіонів 2х1х1м;
- 2-й ярус – із комплексу «Армогрунтова стіна» 6х2х1м;
- 3-й ярус – із комплексу «Армогрунтова стіна» 6х2х1м;
- 4-й ярус – коробчатих габіонів 2х1х1м.

Для оберненої засипки можна використовуємо пісок тіла існуючого насипу, якщо він є однорідним і не гумусованим. Ущільнювати шарами не більше 30см.

Таблиця 3.2 - Відомість обсягів робіт

№ п/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Кількість
1	2	3	4
<b>1. Земляні роботи</b>			
1	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на пневмоколісному ході з ковшом місткістю 0,25 м <sup>3</sup> , група ґрунтів 2 (при об'ємі котлована)	м <sup>3</sup>	8499,5
2	Перевезення ґрунту до 1 км	т	13599,2
3	Розробка ґрунту вручну з кріпленням у траншеях шириною до 2 м, глибиною до 2 м, група ґрунтів 2	м <sup>3</sup>	594,965
4	Засипка ґрунту в зворотню засипку	м <sup>3</sup>	11142,1
<b>2. Підпірна стінка</b>			
5	Габіонні матраци 4х2х0,3м з глибоко оцинкованої сітки покритою ПВХ, діаметром дроту 3,7/4,4 мм, подвійного кручення з шестигранними вічками розміром 8х10 см	шт	162
6	Коробчаті габіони 2х1х1м з глибоко оцинкованої сітки покритою ПВХ, діаметром дроту 3,7/4,4 мм, подвійного кручення з шестигранними вічками розміром 8х10 см	шт	486
7	Комплекс «Армоґрунтова стіна» 6х2х1м з глибоко оцинкованої сітки покритою ПВХ, діаметром дроту 3,7/4,4 мм, подвійного кручення з шестигранними вічками розміром 8х10 см	шт	324
8	Геотекстиль «Пінема ТСМ» 400 г/м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	4089
9	Скоби зажимні	кг	1049,76
10	Дріт в'язальний діаметром 2,2/3,2мм	кг	3115
11	Камінь фр. 120-200 мм	м <sup>3</sup>	2243,0

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Впродовж багатьох років більшість країн із розвинутою транспортною системою займаються проблемами захисту інженерних споруд від руйнівної дії зсувів, яка являється причиною деформацій земляного полотна. Для цього вдосконалюються дренажні системи, системи водовідводу і різноманітні захисні конструкції на зсувних ділянках земляного полотна.

Було проведено аналіз видів і типів габіонних конструкцій за технічними характеристиками. При виборі таких конструкцій також враховуються і економічні показники. В даному випадку економічні розрахунки габіонних конструкцій не враховуються.

До основних переваг використання габіонів можна віднести – екологічність, тривалий термін служби, міцність, корозійну стійкість. Але незважаючи на значну кількість переваг, у даних конструкцій також є суттєві недоліки – спорудження габіонів це дуже трудомістка робота, яка потребує великих витрат праці та часу. Через це вартість улаштування габіонних конструкцій виявляється достатньо дорогою.

Розглянувши доцільність спорудження габіонних конструкцій можна визначити найбільш оптимальні для кожного окремого випадку.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- 1.ДенисовН.Я. Основные причины возникновения оползней и меры борьбы с ними./Борьба с оползнями, обвалами и размывами на ж/д Кавказа., Ставрополь книжное издательство, 1964г., с.44-49.
- 2.Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними.- Изд. Киевского университета, 1964г., с.252-259, с.282-285.
- 3.Оползни и борьба с ними. Труды Северо – Кавказского научно-производственного семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними. Ставрополь книжное издательство, Клевцов И.А. Оползни и борьба с ними.-1964г, с.85-91
- 4.Коншин Г.Г.Геофизические методы диагностики оползневых участков.- г., с.19-21. Путь и путевое хозяйство, 2007г. №9
- 5.Труды ЦНИИ МПС. Повышение устойчивости земляного полотна на оползневых участках. /Выпуск, 487.-М.: «Транспорт»,1973г., с.83-99.
- 6.Труды ВНИИЖТ. Рекомендации по производству инженерно – геологических исследований оползневых участков пути. Опыт борьбы с оползнями./Выпуск, 211,с.51-55.
- 7.Тутаева Т.С.Надежность участков пути на оползневых косогорах.- г., с.15-17. Путь и путевое хозяйство, 2007г., № 10.
- 8.Шахунянц Г.М. Борьба с оползнями на дорогах. Земляное полотно железных дорог М., трансжелдориздат, 1953г., с.56-63.
- 9.Оползни Черноморского побережья Украины М. Недра, 1977г. (под ред. Лежецкий А.Н.), с 25-37.
- 10.Железнодорожный путь, М. "Транспорт", 2001г. (под. ред.. Т.Г. Яковлевой), с. 322-332.

## ДОДАТОК А

### СВОЙСТВА ГРУНТОВ

**Грунт:** Описание: Пісок мілкий, середньої щільності, рідко щільний, середньоущільнений, однорідний за гранулометричним складом, від малого ступеня водонасичення до насиченого водою

Сцепление.....	[kN/mI].:	2.00
Угол внутреннего трения.....	[°].....:	34.00
Объёмный вес выше уровня воды.....	[kN/mi].:	19.00
Объёмный вес ниже уровня воды.....	[kN/mi].:	18.20
Коэффициент Пуассона.....	:	0.30

**Грунт:** Описание: Глина з домішками органічних речовин та слабозаторфована, текучої консистенції

Сцепление.....	[kN/mI].:	20.00
Угол внутреннего трения.....	[°].....:	7.00
Объёмный вес выше уровня воды.....	[kN/mi].:	18.20
Объёмный вес ниже уровня воды.....	[kN/mi].:	18.20
Коэффициент Пуассона.....	:	0.30

**Грунт:** Описание: Глина легка, пілувата, в основному напівтвердої консистенції

Сцепление.....	[kN/mI].:	74.00
Угол внутреннего трения.....	[°].....:	11.00
Объёмный вес выше уровня воды.....	[kN/mi].:	18.40
Объёмный вес ниже уровня воды.....	[kN/mi].:	18.40
Коэффициент Пуассона.....	:	0.30

**Грунт:** Описание: Насипний ґрунт - пісок мілкий, з прошарками супіску та домішками будівельного сміття

Сцепление.....	[kN/mI]:	0.00
Угол внутреннего трения.....	[°].....:	30.00
Объёмный вес выше уровня воды.....	[kN/mi]:	16.00
Объёмный вес ниже уровня воды.....	[kN/mi]:	18.00
Коэффициент Пуассона.....	:	0.30

**Грунт:** Описание: Бутовий камінь фр. 120-200мм

Сцепление.....	[kN/mI]:	12.50
Угол внутреннего трения.....	[°].....:	40.00
Объёмный вес выше уровня воды.....	[kN/mi]:	17.50
Объёмный вес ниже уровня воды.....	[kN/mi]:	21.00
Коэффициент Пуассона.....	:	0.30

**Грунт:** Описание: Пісок мілкий, середньої щільності, рідко щільний, середньоущільнений, однорідний за гранулометричним складом, від малого ступеня водонасичення до насиченого водою

Сцепление.....	[kN/mI]:	2.00
Угол внутреннего трения.....	[°].....:	34.00
Объёмный вес выше уровня воды.....	[kN/mi]:	16.30
Объёмный вес ниже уровня воды.....	[kN/mi]:	19.00
Коэффициент Пуассона.....	:	0.30

## ДОДАТОК Б

### Краткое описание укреплений :

Длина.....[m].....= 4.00

Габион.....[m]: Высота.....= 0.30      Ширина.....=  
4.00

### **Блок : 2GAB2X1X1**

Размеры блока.....[m].....: Ширина основания..= 2.00 Высота.....=  
1.00

Отступ.....[m].....= 1.00 относительно 1MATR

Грунт, заполняющий габион.....: KAMIN'

Тип обратной засыпки.....: Sand

Грунт обратной засыпки.....: PISOK

Обратная засыпка.....: PISOK

Перекрывающий грунт.....: PISOK

Подстилающий грунт.....: PISOK

### **Краткое описание укреплений :**

Gabions H=1.00 - Width P - 2.00

Длина.....[m].....= 2.00

Габион.....[m]: Высота.....= 1.00      Ширина.....=  
2.00

**Блок : 3TER6X2X1**

Размеры блока.....[m].....: Ширина основания\_= 6.00 Высота.....=  
1.00

Отступ.....[m].....= 0.50

Грунт, заполняющий габион.....: KAMIN'

Тип обратной засыпки.....: Sand

Грунт обратной засыпки.....: PISOK

Обратная засыпка.....: PISOK

Перекрывающий грунт.....: PISOK

Подстилающий грунт.....: PISOK

**Краткое описание укреплений :**

Terramesh System - 8/2.7P - 1.00

Длина.....[m].....= 1.00

Габион.....[m]: Высота.....= 1.00 Ширина.....=  
1.00

**Блок : 4TER6X2X1**

Размеры блока.....[m].....: Ширина основания.....= 6.00 Высота.....=  
1.00

Отступ.....[m].....= 0.10

Грунт, заполняющий габион.....: KAMIN'

Тип обратной засыпки.....: Sand

Грунт обратной засыпки.....: PISOK

Обратная засыпка.....: PISOK

Перекрывающий грунт.....: PISOK

Подстилающий грунт.....: PISOK

**Краткое описание укреплений :**

Terramesh System - 8/2.7P - 1.00

Длина.....[m]..... = 1.00

Габрион.....[m]: Высота..... = 1.00      Ширина..... = 1.00

**Блок : 5GAB2X1X1**

Размеры блока.....[m].....: Ширина основания..... = 1.00 Высота..... = 1.00

Отступ.....[m]..... = 0.10 относительно 4TER6X2X1

Грунт, заполняющий габрион.....: KAMIN'

Тип обратной засыпки.....: Sand

Грунт обратной засыпки.....: PISOK

Обратная засыпка.....: PISOK

Перекрывающий грунт.....: PISOK

Подстилающий грунт.....: PISOK

**Краткое описание укреплений :**

Gabions H=1.00 - Width P - 1.00

Длина.....[m]..... = 1.00

Габрион.....[m]: Высота..... = 1.00      Ширина..... = 1.00

**НАГРУЗКИ****Распределённые нагрузки : 1** Описание :

Величина.....[kN/m]..... = 95.31      Угол.....[°]..... = 0.00

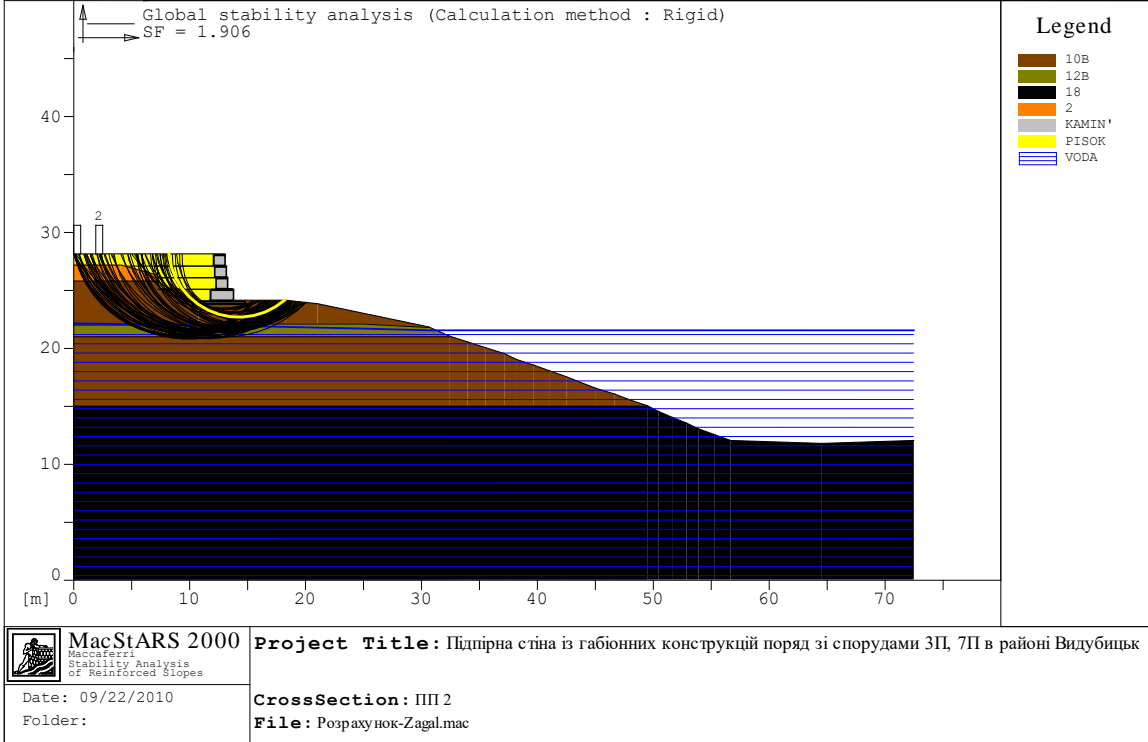
Абсцисса.....[m].....: от = 0.00 до = 0.60

**Распределённые нагрузки : 2** Описание : Навантаження від автотранспортних засобів на 1-шу колію

Величина.....[kN/m]..... = 95.31      Угол.....[°]..... = 0.00

Абсцисса.....[m].....: от = 1.90 до = 2.50

## ДОДАТОК В РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА



**Расчёт общей устойчивости :**

Активное усилие согласно жёсткому методу

Расчёт устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям по методу Джанбу

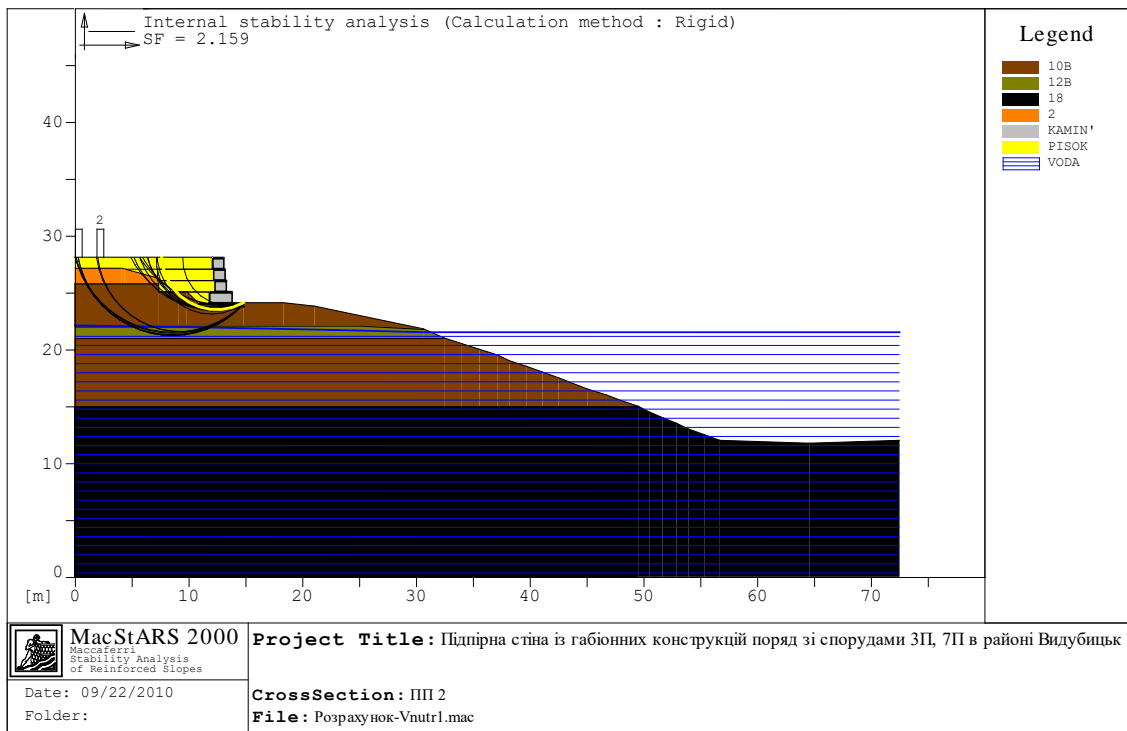
Коэффициент устойчивости.....: 1.906

Области поиска

Начальная, абсциссы [m]		Конечная, абсциссы [m]	
Первая	Вторая	Первая	Вторая
0.00	10.00	15.00	20.00

Количество точек поиска.....: 21  
 Общее количество поверхностей.....: 210  
 Длина сегментов.....[m].....: 1.00  
 Верхний предельный угол поиска.....[°].....: 0.00  
 Нижний предельный угол поиска.....[°].....: 0.00

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА



### Внутренняя устойчивость :

Активное усилие согласно жёсткому методу

Расчёт устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям по методу Джанбу

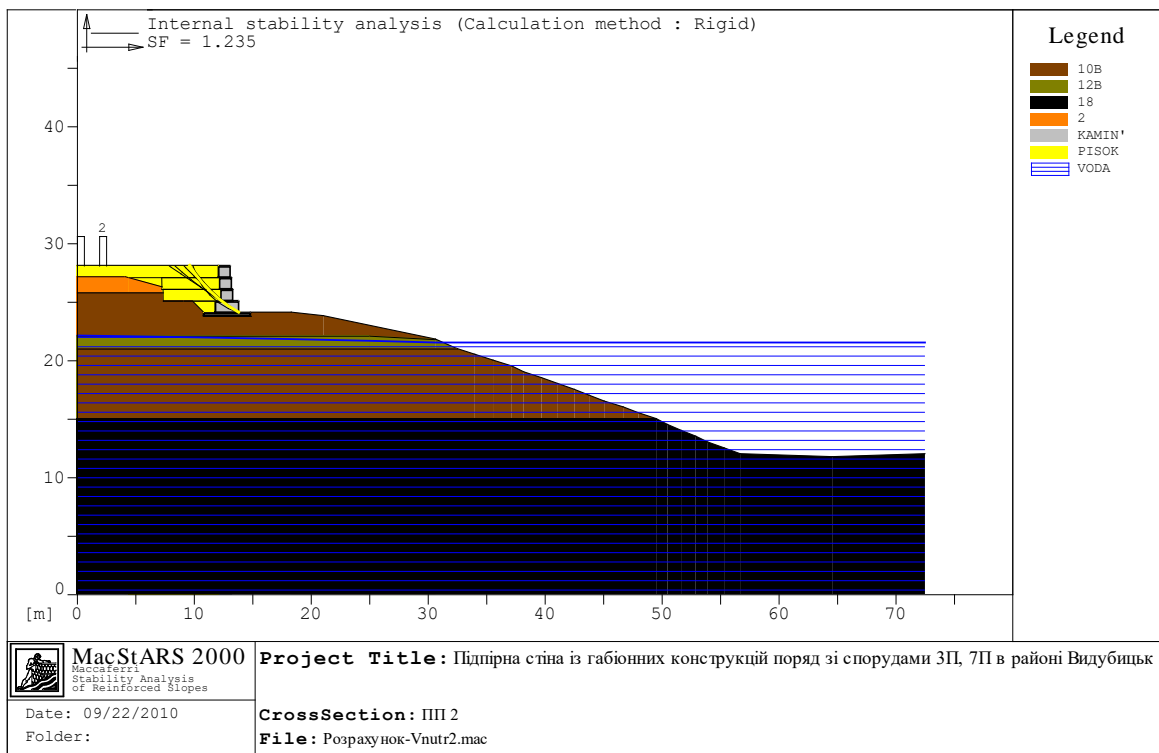
Коэффициент устойчивости.....: 2.159

## Область поиска

Блок	Конечная, абсциссы [m]	
1MATR	Первая точка	Вторая точка
	0.00	10.00

Количество точек поиска.....: 1  
 Общее количество поверхностей.....: 100  
 Длина сегментов.....[m].....: 1.00  
 Верхний предельный угол поиска.....[°].....: 0.00  
 Нижний предельный угол поиска.....[°].....: 0.00

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА



**Внутренняя устойчивость :**

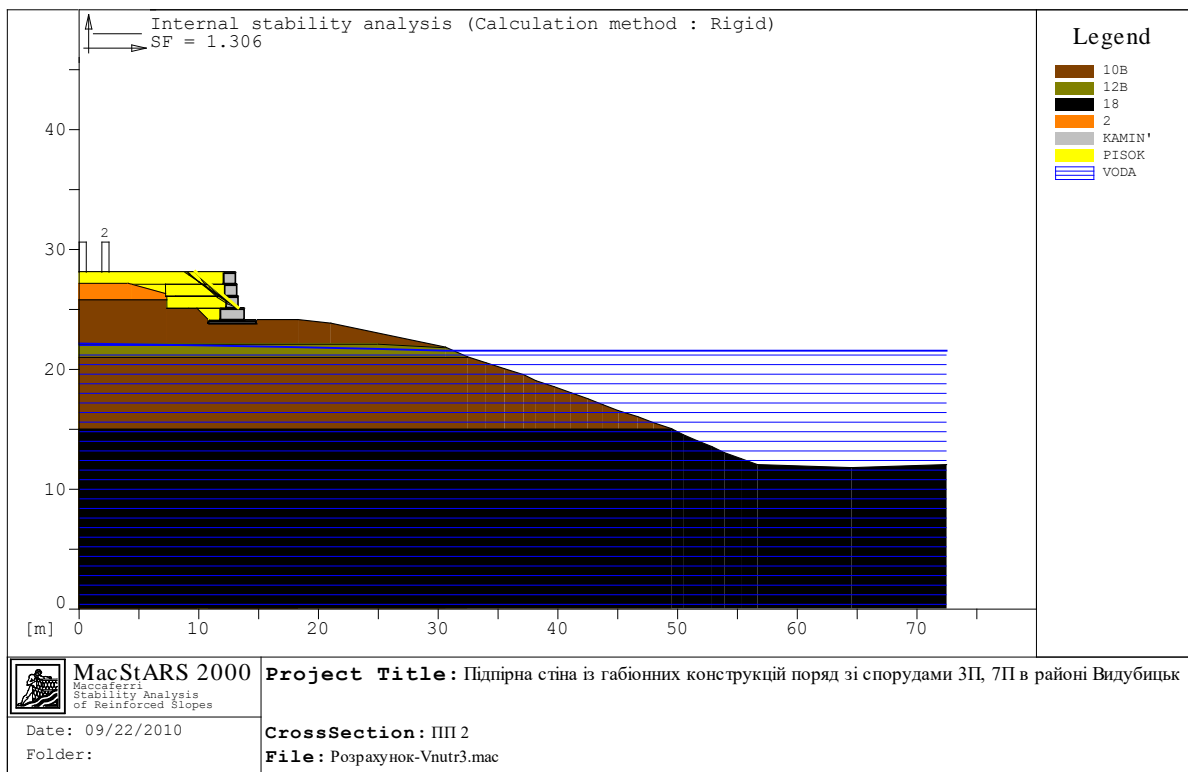
Активное усилие согласно жёсткому методу

Расчёт устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям по методу Джанбу

Коэффициент устойчивости.....: 1.235

Блок	Область поиска	
	Конечная, абсциссы [m]	
2GAB2X1X1	Первая точка	Вторая точка
	0.00	10.00
Количество точек поиска.....:	1	
Общее количество поверхностей.....:	100	
Длина сегментов.....[m].....:	1.00	
Верхний предельный угол поиска.....[°].....:	0.00	
Нижний предельный угол поиска.....[°].....:	0.00	

**РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА**



### Внутренняя устойчивость :

Активное усилие согласно жёсткому методу

Расчёт устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям по методу Джанбу

Коэффициент устойчивости.....: 1.306

#### Область поиска

Блок

Конечная, абсциссы [m]

ЗТЕР6Х2Х1

Первая точка

Вторая точка

0.00

10.00

Количество точек поиска.....: 1

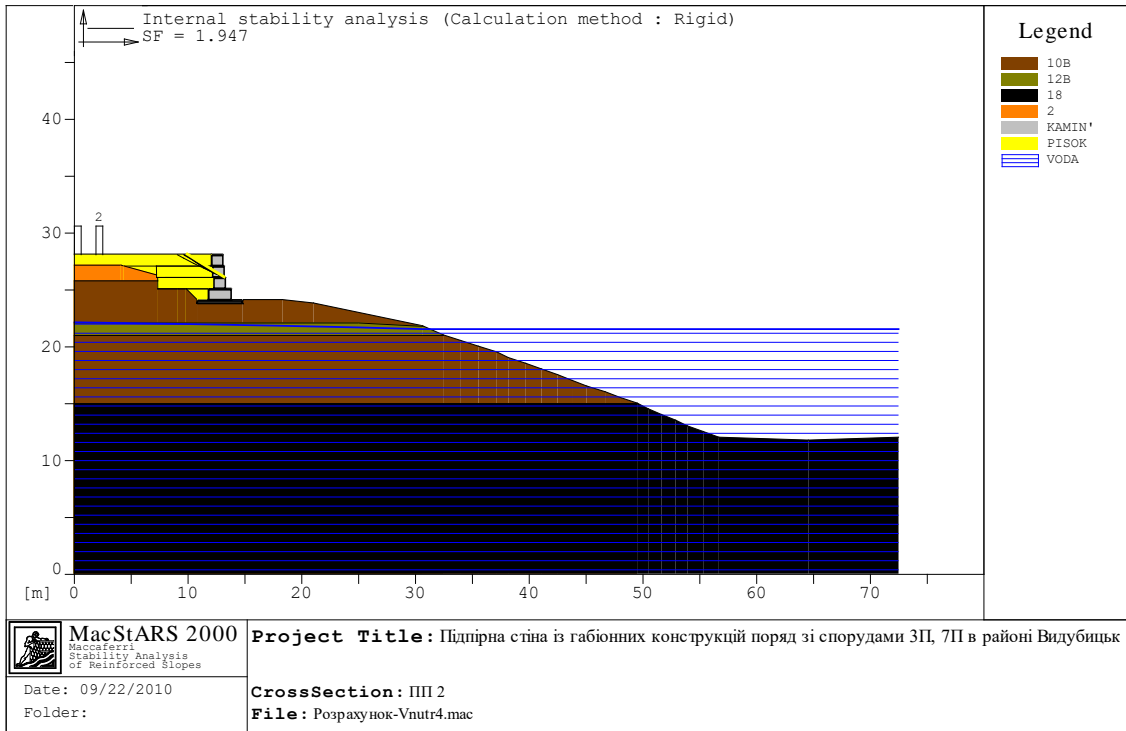
Общее количество поверхностей.....: 100

Длина сегментов.....[m].....: 1.00

Верхний предельный угол поиска.....[°].....: 0.00

Нижний предельный угол поиска.....[°].....: 0.00

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА



### Внутренняя устойчивость :

Активное усилие согласно жёсткому методу

Расчёт устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям по методу Джанбу

Коэффициент устойчивости .....: 1.947

### Область поиска

Блок

Конечная, абсциссы [m]

4TER6X2X1

Первая точка

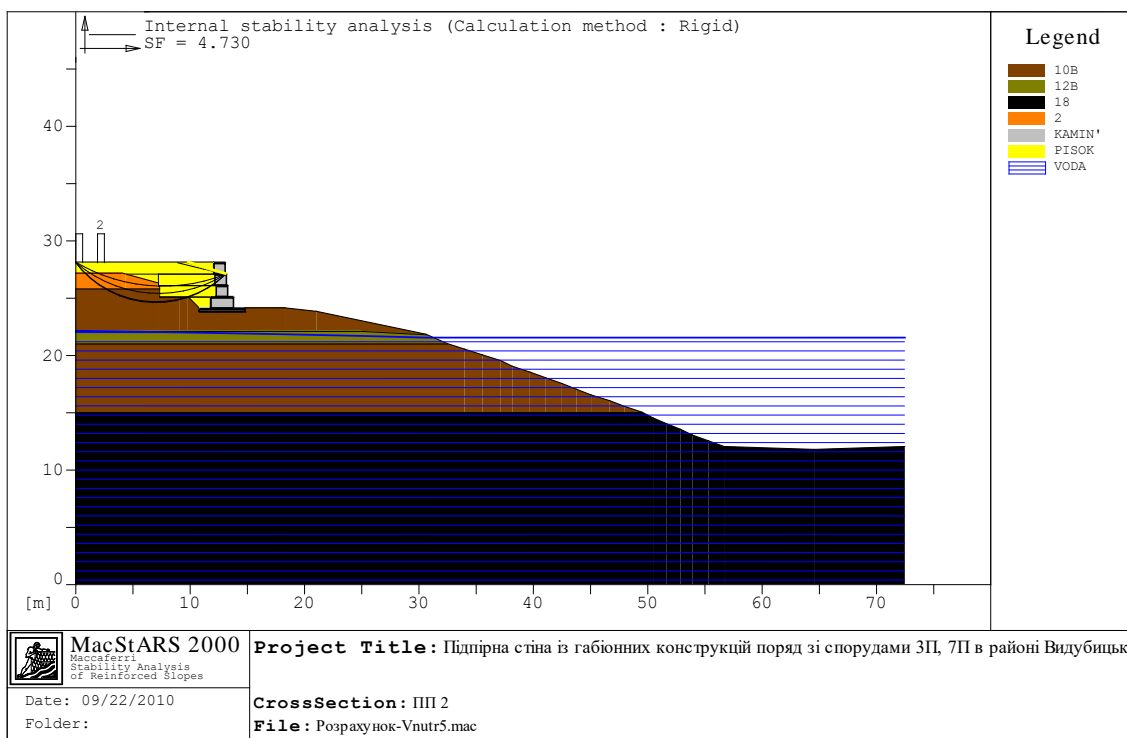
Вторая точка

0.00

10.00

Количество точек поиска ..... : 1  
 Общее количество поверхностей ..... : 100  
 Длина сегментов ..... [m] ..... : 1.00  
 Верхний предельный угол поиска ..... [°] ..... : 0.00  
 Нижний предельный угол поиска ..... [°] ..... : 0.00

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА



### Внутренняя устойчивость :

Активное усилие согласно жёсткому методу

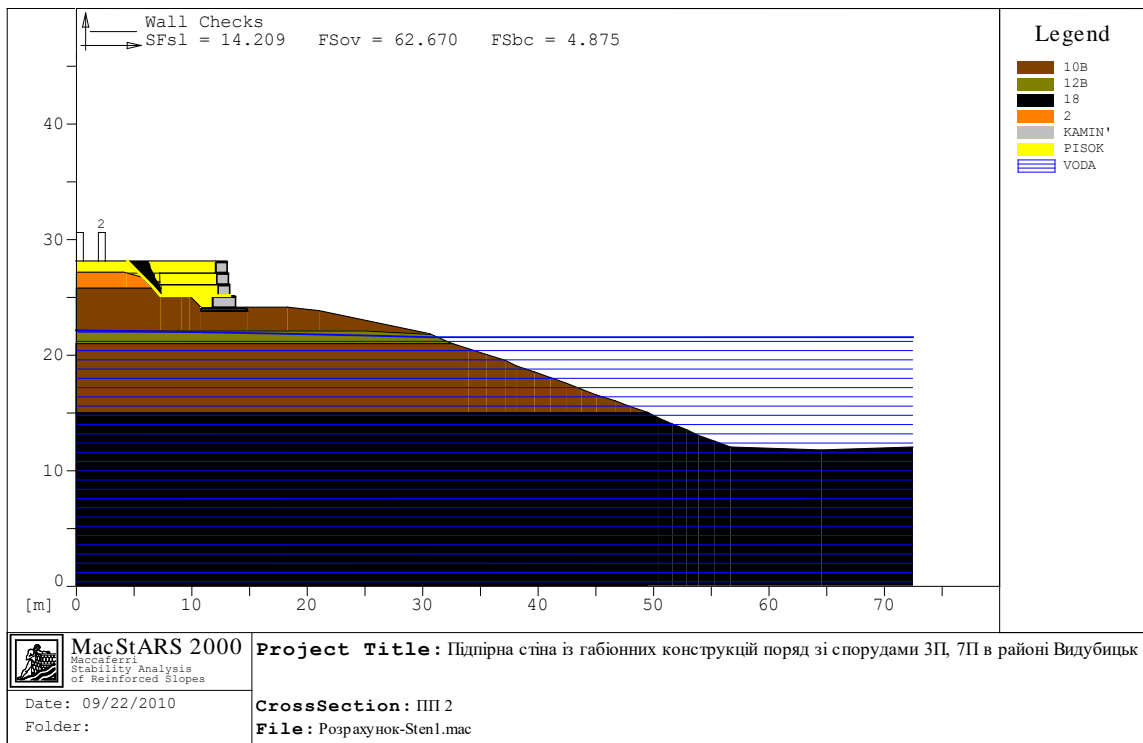
Расчёт устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям по методу Джанбу

Коэффициент устойчивости ..... : 4.730

## Область поиска

Блок	Конечная, абсциссы [m]	
5GAB2X1X1	Первая точка	Вторая точка
	0.00	10.00
Количество точек поиска.....	:	1
Общее количество поверхностей.....	:	100
Длина сегментов..... [m].....	:	1.00
Верхний предельный угол поиска..... [°].....	:	0.00
Нижний предельный угол поиска..... [°].....	:	0.00

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА



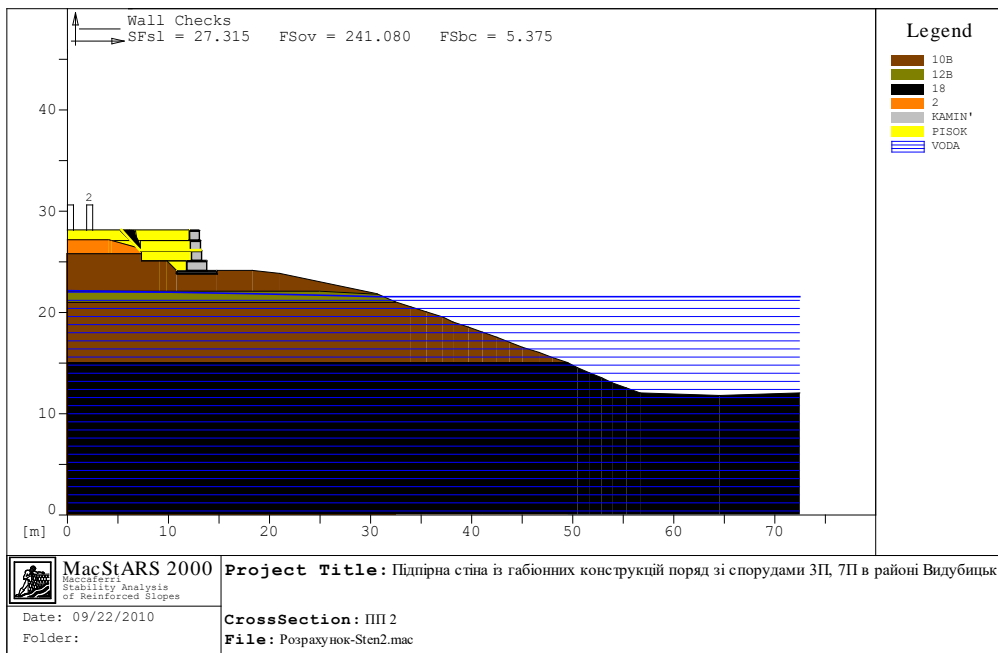
## Расчёт стен :

Рассматриваемый блок : 3TER6X2X1

Допустимое давление на основание.....[kN/m]: 240.32

Максимальное горизонтальное усилие .....[kN/m].. : 16.78  
 Коэффициент устойчивости на сдвиг.....:14.209  
 Максимальный момент опрокидывания.....[kN\*m/m].....: 14.45  
 Коэффициент устойчивости на опрокидывание.....:62.670  
 Максимальное давление на основание.....[kN/mI]..: 49.30  
 Коэффициент несущей способности.....: 4.875

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА



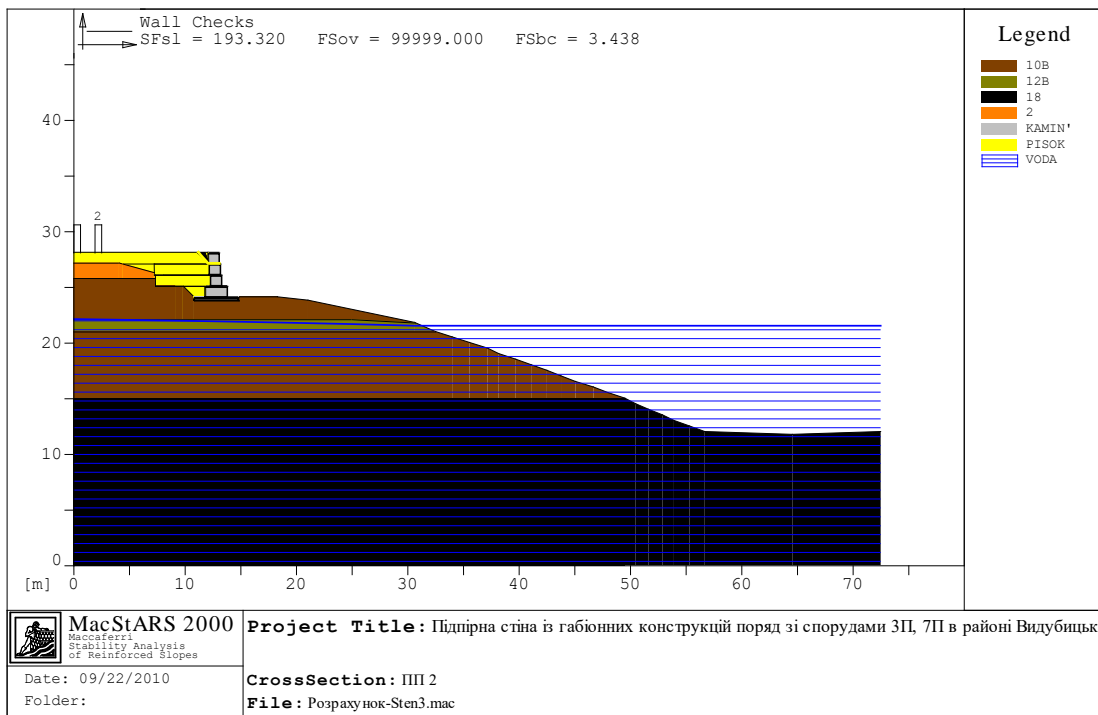
### Расчёт стен :

Рассматриваемый блок : 4TER6X2X1

Допустимое давление на основание.....[kN/mI]..: 176.46

Максимальное горизонтальное усилие .....[kN/m].. : 5.78  
 Коэффициент устойчивости на сдвиг.....:27.315  
 Максимальный момент опрокидывания.....[kN\*m/m]..... : 2.45  
 Коэффициент устойчивости на опрокидывание.....:241.080  
 Максимальное давление на основание.....[kN/m]..: 32.83  
 Коэффициент несущей способности.....: 5.375

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА



**Расчёт стен :**

Рассматриваемый блок : 5GAB2X1X1

Допустимое давление на основание.....[kN/mI]: 60.13

Максимальное горизонтальное усилие.....[kN/m]..: 0.13

Коэффициент устойчивости на сдвиг.....:193.320

Максимальный момент опрокидывания.....[kN\*m/m].....: 0.00

Коэффициент устойчивости на опрокидывание.....:99999.000

Максимальное давление на основание.....[kN/mI]: 17.49

Коэффициент несущей способности.....: 3.438