


ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

**УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ПРИ
ВІДКРИТІЙ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ**

**методичні вказівки до виконання
практичних робіт**

Запоріжжя 2025



УДК 622.271:622.83 (072)
У66

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 1 від 24.10.2025 р)

Укладачі

Григор'єв І.Є., канд. техн. наук, доцент,

Григор'єв Ю.І., канд. техн. наук, доцент

У66 Управління станом гірського масиву при відкритій розробці корисних копалин : методичні рекомендації до виконання практичних робіт / уклад.: І. Є. Григор'єв, Ю. І. Григор'єв. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 26 с.

У методичних рекомендаціях наведено тематику практичних робіт, методичні пояснення щодо порядку їх виконання, критерії оцінювання, вимоги до оформлення звітів, питання для самоконтролю тощо.

УДК 622.271:622.83 (072)



ЗМІСТ

Вступ	4
Практична робота №1.....	5
Визначення розрахункових характеристик стійкості порід укосів та бортів кар'єрів. Побудова круглоциліндричної поверхні ковзання гірських порід.....	5
Практична робота №2.....	8
Розрахунок стійкості укосів методами алгебраїчного складання сил.....	8
Практична робота №3.....	11
Розрахунок стійкості укосів методом дотичних напружень	11
Практична робота №4.....	14
Розрахунок стійкості обводнених укосів методом гідростатичного тиску .	14
Практична робота №5.....	16
Механічні способи укріплення бортів та відвалів. Визначення об'єму контрфорсу.	16
Практична робота №6.....	18
Визначення граничної висоти відвального ярусу та стійкого кута укосу відвалу	18
Критерії оцінювання практичних робіт	20
Рекомендовані джерела	21
Додаток А.....	22
Додаток Б.....	23
Додаток В.....	24
Додаток Г	25
Додаток Д.....	26



ВСТУП

Метою виконання практичних робіт з дисципліни «Управління станом гірського масиву при відкритій розробці родовищ» є закріплення, поглиблення та уточнення здобувачами теоретичних знань з дисципліни, отриманих на лекційних заняттях.

Відповідним чином оформлений та завантажений в Moodle звіт з практичної роботи підтверджує її виконання студентом. Звіт має містити титульний аркуш, тему, мету роботи, короткі теоретичні відомості, виконані за індивідуальним варіантом розрахунку, необхідні креслення, а також висновок до роботи, який коротко відображає отримані результати. Зразок титульного аркуша наведено у додатку Д.

При виконанні практичних робіт заохочується використання програмних додатків (табличних та графічних).

Слід зауважити, що більшість практичних робіт пов'язані між собою вхідними даними та мають використовуватись у певній послідовності (без виконання практичної роботи 1 неможливо виконати практичну роботу 2 і т.д)

У методичних вказівках подано короткі теоретичні відомості до кожної роботи, приклади розрахунку роботи, варіанти індивідуальних завдань до 6 практичних робіт. Кожна із запропонованих до виконання практичних робіт має 20 варіантів завдання (додаток А).

Окремі практичні роботи (зокрема 4 та 5) можуть виконуватись на виїзній сесії у випадку виробничої можливості.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТІЙКОСТІ ПОРІД УКОСІВ ТА БОРТІВ КАР'ЄРІВ. ПОБУДОВА КРУГЛОЦИЛІНДРИЧНОЇ ПОВЕРХНІ КОВЗАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Короткі теоретичні відомості

Обов'язковим елементом визначення параметрів укосів кар'єрів є оцінка їх стійкості. Під **стійкістю** будь-якого укосу (борту, уступу, відвалу) кар'єру розуміється його здатність зберігати протягом часу експлуатації встановлені проектом геометричні параметри і форму при впливі внутрішніх і зовнішніх сил. До геометричних параметрів, які визначають стійкість бортів, уступів і відвалів, відносять **висоту і кут нахилу** поверхні укосу.

Завдання розрахунку стійкості полягає у визначенні *оптимального кута нахилу укосу* при встановленій техніко-економічним розрахунком його висоті, або навпаки, у визначенні *висоти укосу* за умови, що кут його нахилу, наприклад відвалу, задається, виходячи з технології формування укосу. З усіх відомих методів розрахунку стійкості укосів найбільш широко застосовуються інженерні методи, засновані на граничній рівновазі прибортового масиву по потенційних поверхнях ковзання, одним з яких є метод розрахунку однорідного борту по **круглоциліндричній поверхні ковзання**.

Порядок виконання роботи

1. Розрахувати висоту вертикальної тріщини відриву (тобто висоту, на якій виникають напруження, або глибину, починаючи з якої виникають елементарні поверхні ковзання):

$$H_{90} = \frac{2c \cdot \operatorname{ctg} 45 - \frac{\varphi}{2}}{\gamma} \text{ м}$$

2. Визначити приведену висоту $H' = \frac{H}{H_{90}}$

3. За графіком залежності між висотою плоского укосу та його кутом (додаток Б) визначити **стійкий кут укосу уступу** (по вісі ординат – приведена висота з п.2, на перетині з кривою, яка відповідає заданому φ , визначити значення α по вісі абсцис) .

4. Ширина призми обвалення визначається за допомогою графіка залежності між висотою укосу та шириною призми обвалення (додаток В) на основі отриманої раніше приведеної висоти H' . За допомогою графіка

визначити (по вісі ординат – приведена висота з п.2, на перетині з кривою, яка відповідає заданому φ , визначаємо значення α' по вісі абсцис), дійсну ширину призми обвалення:

$$a = \alpha' \cdot H_{90} \text{ м}$$

5. Від верхньої бровки укусу уступу відкладається ширина призми обвалення (AB) рівна a .

6. З точок A та B відкладається вертикально вниз величину H_{90} . Отримується відповідно A' та B'.

7. У зустрічному напрямку з точок A' та B' під кутом $(45+\varphi/2)$ проводяться до перетину два промені. Точка перетину C.

8. З точки A під кутом α відносно лінії горизонту опускається лінія на глибину H. Дана лінія є безпосередньо укусом AM.

9. Відкладається від укусу AM кут $(45-\varphi/2)$. Під цим кутом проводиться промінь. З точки M відносно променя встановлюється перпендикуляр. З точки C відносно променя BC також встановлюється перпендикуляр. Місце перетину двох променів - центр кола O' радіусом R, рівний O'M=O'C.

10. Отримана фігура BB'CM буде поверхнею ковзання (рис.1.1).

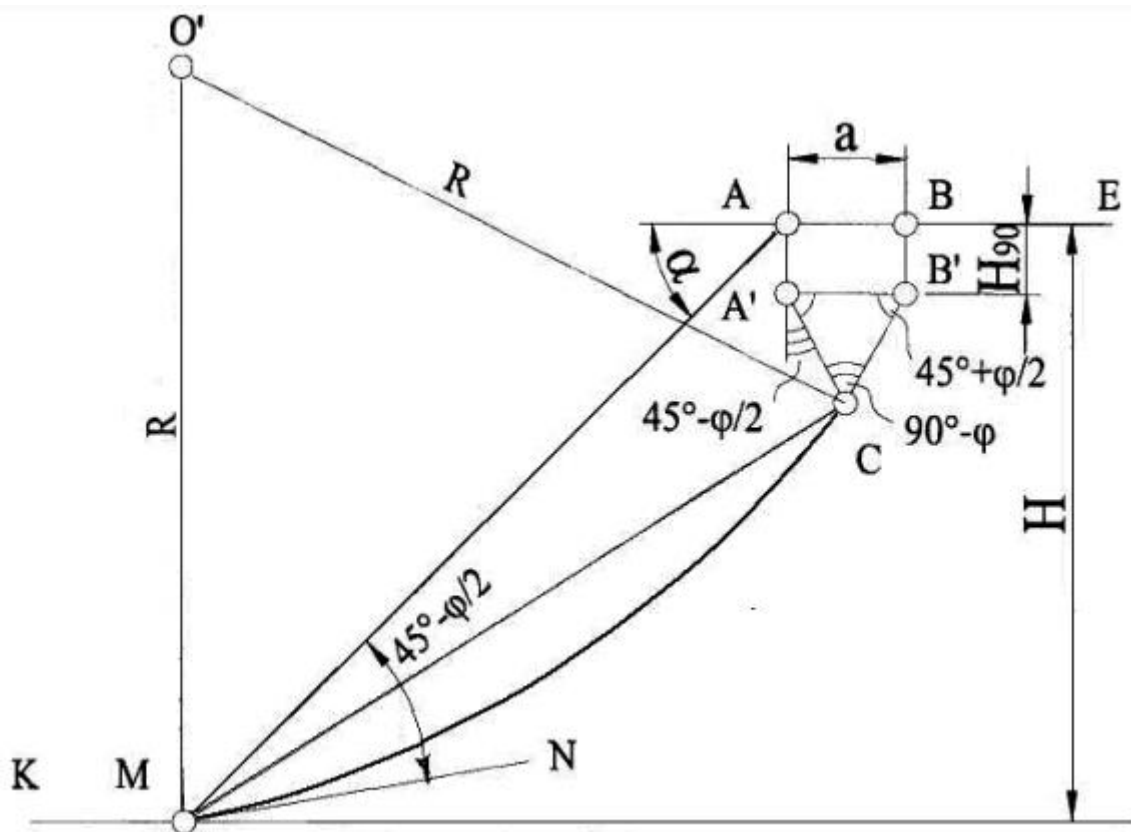


Рисунок 1.1 - Поверхня ковзання



Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під «управлінням станом масиву гірських порід»?
2. Які бувають масиви гірських порід за інженерно-геологічними типами порід?
3. Яка поведінка щодо стійкості масивів притаманна твердим гірським породам ?
4. Яка поведінка щодо стійкості масивів притаманна м'яким зв'язним гірським породам ?
5. Яка поведінка щодо стійкості масивів притаманна незв'язним гірським породам ?
6. Які властивості гірських порід регулюють стан масиву гірських порід?
7. Які фізичні властивості гірських порід є визначальними у питаннях стійкості масивів?
8. Які фізико-механічні властивості гірських порід є визначальними у питаннях стійкості масивів?
9. Які фізико-хімічні властивості гірських порід є визначальними у питаннях стійкості масивів?
10. Які реологічні властивості гірських порід є визначальними у питаннях стійкості масивів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ УКОСІВ МЕТОДАМИ АЛГЕБРАЇЧНОГО СКЛАДАННЯ СИЛ

Короткі теоретичні відомості

У нормативних документах для геомеханічної оцінки стійкості бортів кар'єрів рекомендовані методи алгебраїчного складання сил (АСС) і векторного складання сил (ВСС). При цьому останній метод є найбільш теоретично обґрунтованим і має найкращу збіжність з натурними даними, а також переконливо підтверджений лабораторними експериментами на еквівалентних матеріалах. Проте на практиці в геомеханічних розрахунках до теперішнього часу широко поширений метод алгебраїчного складання сил. Це пов'язано, передусім, з простотою і доступністю самих розрахунків.

Метод алгебраїчного складання сил заснований на додаванні стримуючих і зрушуючих сил, що діють по потенційній поверхні ковзання, і може використовуватися в тому випадку, якщо потенційна поверхня ковзання має вигляд плавної кривої, близької за формою до круглоциліндричної. Цей метод не враховує реакції між блоками, і при розрахунку виходять з того, що призма можливого обвалення деформується як єдине ціле. Коефіцієнт запасу стійкості, розрахований методом алгебраїчного складання сил, є меншим ніж фактичний, а ступінь цієї невідповідності залежить від висоти укосу, його кута і кутів внутрішнього тертя порід і може змінюватися від 3 до 20%. При цьому отриманий розрахунковий коефіцієнт запасу методом АСС завжди менше, тобто це відхилення йде в запас міцності.

Порядок виконання роботи

Для розрахунку стійкості укосів методом алгебраїчного складання сил необхідно виконати наступні кроки:

1. Замалювати поверхню ковзання та укіс уступу з попередньої роботи.
2. Частину укосу між його поверхнею та поверхнею ковзання розбити на ряд блоків, враховуючи, що різниця кута нахилу поверхні ковзання до горизонту двох суміжних блоків не повинна перевищувати 5-6° (рис.2.1).
3. В кожному блоці розрахувати стримуючі та зрушуючі сили за формулами: $N_i = P_i \cdot \cos \alpha_i = a \cdot \gamma \cdot h \cdot \cos \alpha_i$, $T_i = P_i \cdot \sin \alpha_i = a \cdot \gamma \cdot h \cdot \sin \alpha_i$, де P_i - тиск (вага) елементарного блоку, Н/м², α_i - кут нахилу поверхні ковзання в розрахунковому блоці, °.

Дані занести до таблиці:

№ блок у	a, ширина блоку, м	h, висота блоку, м	γ, щільність порід, т/м ³	P, вага блоку, т/м	α, кут нахилу блоку, град.	cos α	sin α	N, стримуючі сили, т/м	T, зрушуючі сили, т/м	l, м	c, т/м ²	tg φ	c·l
1													
2													
n								Σ	Σ				Σ

4. Визначити коефіцієнт запасу стійкості за формулою:

$$n = \frac{\sum N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + \sum c_i \cdot l_i}{\sum T_i}$$

5. Зробити висновок. Якщо коефіцієнт відрізняється від 1 більше ніж на 5%, то необхідно провести коригування параметрів укосу.

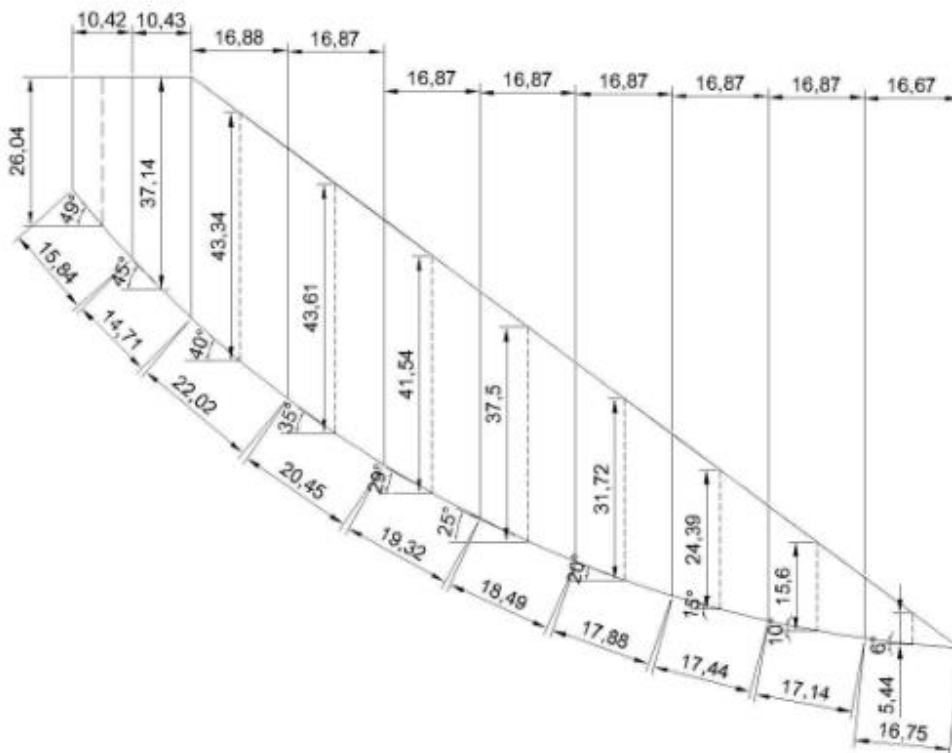


Рисунок 2.1 - Схема до розрахунку стійкості укосу методом алгебраїчного складання сил



Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під «управлінням станом масиву гірських порід»?
2. За допомогою чого можна кількісно оцінити стійкість масиву?
3. Які існують методи визначення стійкості масивів?
4. В яких станах може знаходитись масив?
5. В якому стані знаходиться непорушений гірничими роботами масив?
6. Які зміни в стійкості масиву відбуваються внаслідок ведення гірничих робіт?
7. Які фактори впливають на стійкість масивів гірських порід?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ УКОСІВ МЕТОДОМ ДОТИЧНИХ НАПРУЖЕНЬ

Короткі теоретичні відомості

Напруження є результатом взаємодії частинок масиву при його навантаженні. Зовнішні сили прагнуть змінити взаємне розташування порід в масиві, а напруження, що виникають при цьому, перешкоджають їх зсуву.

Нормальні напруження позначають буквою σ з індексом, що відповідає нормалі до площадки, на якій вони діють. **Дотичні напруги** позначають літерою τ .

Загальний опір зсуву гірських порід при застосуванні цього методу не розділяється на сили тертя та сили зчеплення. Величину загального опору зсуву визначають шляхом дослідження порід на зріз при різних нормальних напруженнях та побудовою графіка опору зсуву.

Коефіцієнт запасу стійкості в даному випадку є відношення площ епюр стримуючих та зсуваючих дотичних напружень в укосі, що розглядається:

$$n = \frac{\sum \tau_{стр}}{\sum \tau_z}$$

Епюра - графічне зображення, що відображає зміну якого-небудь зусилля або напруги уздовж певної осі елемента, подане у відповідному масштабі.

Порядок виконання роботи

1. В серединах основ блоків, на які розбита призма обвалення (у п.р.2), визначаються діючі дотичні τ_z та нормальні σ_n напруження за наступними формулами:

$$\tau_z = \frac{1}{2} \cdot h_i \cdot \gamma \cdot \sin 2\alpha$$

$$\sigma_n = h_i \cdot \gamma \cdot \cos^2 \alpha$$

2. При відповідних нормальних напруженнях визначають величину опору зсуву $\tau_{стр}$:

$$\tau_{стр} = \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \rho + c$$

3. В ході виконання роботи заповнюють таблицю:

№ блоку	h , висота блоку, м	γ , щільність порід, т/м ³	α , кут нахилу блоку, град.	$\cos^2 \alpha$	$\sin 2\alpha$	τ_3	σ_n	c , т/м ²	$\operatorname{tg} \varphi$	$\tau_{\text{стр}}$
1										
2										
n						Σ				Σ

4. Визначають коефіцієнт запасу стійкості за формулою:

$$n = \frac{\sum \tau_{\text{стр}}}{\sum \tau_3}$$

5. Будують епюру стримуючих та зсуваючих дотичних напружень в укосі. Розрахункова поверхня з зазначеними серединами блоків розгортається в горизонтальну пряму. По вісі ординат відкладаються значення τ_3 , по вісі абсцис координати середини блоків. Тобто значення від 0 до 1 на вісі абсцис відповідає відстані від початку поверхні ковзання до середини першого блоку; значення від 1 до 2 - відстань між серединами 1 та блоку і т.д. Площа отриманої фігури виражає суму сил зрушення, які діють по розрахунковій поверхні. Величину $\tau_{\text{стр}}$ також відкладають по вісі ординат у відповідності з координатами центрів розрахункових блоків. Площа отриманої фігури виражає суму стримуючих сил (Приклад представлено на рисунку 3.1).

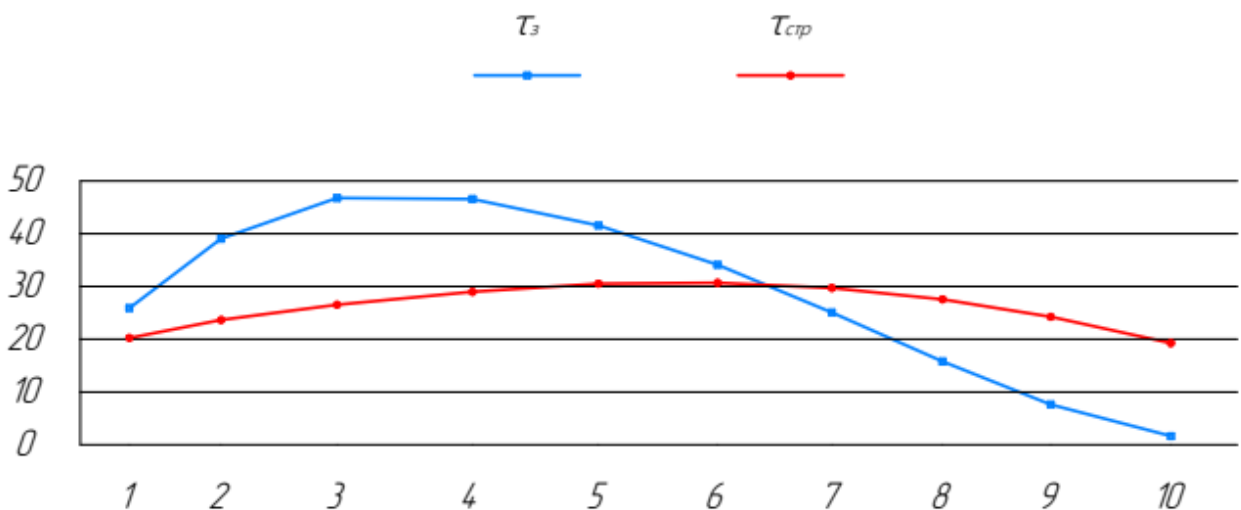


Рисунок 3.1 - Епюри стримуючих та зсуваючих дотичних напружень



Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під «управлінням станом масиву гірських порід»?
2. За допомогою чого можна кількісно оцінити стійкість масиву?
3. Які існують методи визначення стійкості масивів?
4. В яких станах може знаходитись масив?
5. Які характеристики мають напруження в масиві?
6. Які існують види напруженого стану гірських порід?
7. Що визначає співвідношення Мора-Кулона?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ ОБВОДНЕНИХ УКОСІВ МЕТОДОМ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ

Короткі теоретичні відомості

Розрахунок загальної стійкості обводнених укосів відрізняється від розрахунку необводнених (зденованих) укосів наявністю сил гідростатичного зважування і гідродинамічного тиску, які, проте не вносять істотних ускладнень в схеми розрахунку. На кожен елементарний об'єм гірського масиву, розташованого нижче рівня ґрунтових вод, одночасно впливають і звичайне Архимедово зважування і бічний гідродинамічний тиск, що виникає внаслідок різниці натисків по бічних гранях цього об'єму.

Гідростатичне зважування, зменшуючи вагу елементарних блоків тим самим зменшує нормальну і дотичну складові ваги, а гідродинамічний тиск збільшує дотичну складову.

Сумарний вплив гідростатичного зважування і гідродинамічного тиску на призму можливого обвалення проявляється як гідростатичний тиск, розподілений по поверхні ковзання, нормальний до неї і змінює тільки нормальну складову; на дотичну складову водний тиск істотного впливу не чинить.

Порядок виконання роботи

Для розрахунку стійкості обводнених укосів методом гідростатичного тиску необхідно виконати наступні кроки:

1. Для виділених блоків сила гідростатичного тиску буде розповсюджена по лінії l_i та складе $D_i = \gamma_B \cdot h'_i \cdot l'_i$. Заповнити таблицю:

№ блоку	h' , м	γ_B , т/м ³	l' , м	D
1		1		
n			Σ	

де h' - висота стовпа гірських порід під водою (нижче рівня ґрунтових вод РГВ – у прикладі 35 м), м (рис.4.1). З рисунку видно, що не всі блоки знаходяться під впливом води. Майже 4 блоки знаходяться повністю вище рівня ґрунтових вод, тому показник h' для цих блоків буде дорівнювати 0.

γ_B - щільність води (1 т/м³)

l' - довжина поверхні ковзання, розташованої під водою (нижче рівня ґрунтових вод РГВ), м

Величина рівнів ґрунтових вод РГВ задана (додаток А).

2. Визначити коефіцієнт запасу міцності за формулою:

$$n = \frac{\sum (N_i - D_i) * \operatorname{tg} \varphi_i + \sum c_i * l_i}{\sum T_i}$$

3. Зробити висновок про вплив обводненості укосу на його стійкість.

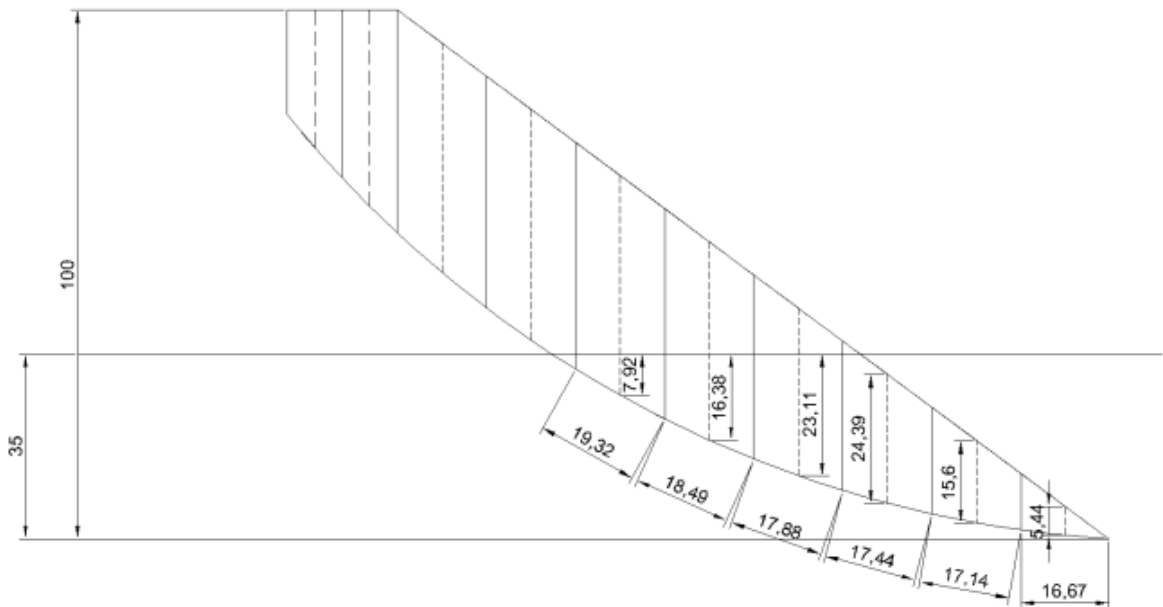


Рисунок 4.1 – Схема до визначення стійкості обводнених масивів

Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під «управлінням станом масиву гірських порід»?
2. За допомогою чого можна кількісно оцінити стійкість масиву?
3. Які існують методи визначення стійкості масивів?
4. Яким чином впливає вода на стійкість масивів гірських порід?
5. Які існують способи захисту кар'єрів від води?
6. Які існують системи захисту кар'єрів від води?
7. Які існують заходи захисту кар'єрів від води?
8. Які існують пристрої захисту кар'єрів від води?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

МЕХАНІЧНІ СПОСОБИ УКРІПЛЕННЯ БОРТІВ ТА ВІДВАЛІВ. ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ КОНТРФОРСУ.

Короткі теоретичні відомості

Контрфорс - насипна споруда з порід скельного розкриву. Застосовують для зміцнення укосів уступів неробочих бортів, капітальних траншей і відвалів пухких порід.

Переваги даного способу зміцнення укосів: простота, висока ефективність, дешевизна в порівнянні з іншими способами.

Недоліки: велика маса насипної споруди і значна займана площа.

Вони виконують роль привантаження та запобігають утворенню зсувів. Розміри контрфорсу мають забезпечити додаткове стримуюче зусилля. Поряд з підтримуючою функцією контрфорси запобігають утворенню осипів та фільтраційних деформацій. В якості матеріалу контрфорсів виступають некласифіковані кускуваті скельні породи в обсязі до 80% з крупністю 10-50 см з добавкою більш мілкої фракції різнозернистих пісків та відходів збагачувальних фабрик.

Контрфорс споруджують з нижньої берми уступу на висоту, не менше 1/3 його висоти. Технологічні схеми спорудження контрфорсів обирають в залежності від гірничо-технічних умов та наявного гірничого обладнання.

Порядок виконання роботи

1. Нехай було отримано в роботі № 2 коефіцієнт запасу стійкості $n_{\phi} = 0,98$. Зміцнивши укос контрфорсом, необхідно отримати нормативний коефіцієнт $n_n = 1,5$. Різниця в коефіцієнтах становить $n' = n_n - n_{\phi} = 1,5 - 0,98 = 0,52$, де n' - різниця між нормативним і фактичним коефіцієнтом стійкості.

2. Розрахуємо необхідне стримуюче зусилля для досягнення нормативного коефіцієнта міцності: $\Delta N = n' \cdot \sum T_i$ (сума сил T береться з л.р. № 2). $N = P \cos \alpha = b \cdot h \cdot \gamma \cdot \cos \alpha$, тобто - це маса блоку під кутом α .

Отже, $\Delta N = v \cdot \gamma'$. звідси можна визначити об'єм контрфорсу: $V = \frac{n' \cdot \sum T_i}{\gamma'}$,

де γ' - щільність порід контрфорсу, т/м³.

3. При графічній побудові контрфорса необхідно врахувати, що його висота повинна бути не менше 1/3 висоти укосу, а кут контрфорса приймається в межах 32-40 °.

4. Спочатку намічають висоту контрфорсу, яка має бути не менше третини висоти борту (з л.р.№1,2), під кутом 32-40° проводять лінію поверхні контрфорсу. Кут укосу борту приймають з л.р. № 1.

5. Після цього розраховують площу отриманого трикутника за допомогою будь-якої відомої формули трикутника: наприклад за напівдобутком двох сторін та синусом кута між ними або Герона.

6. Порівнюють отриману величину з величиною V . Якщо площа трикутника на рисунку більша з величину V , то побудова вірна. Якщо ж менша, то треба збільшити висоту контрфорсу і повторити процедуру знову (рис.5.1.)

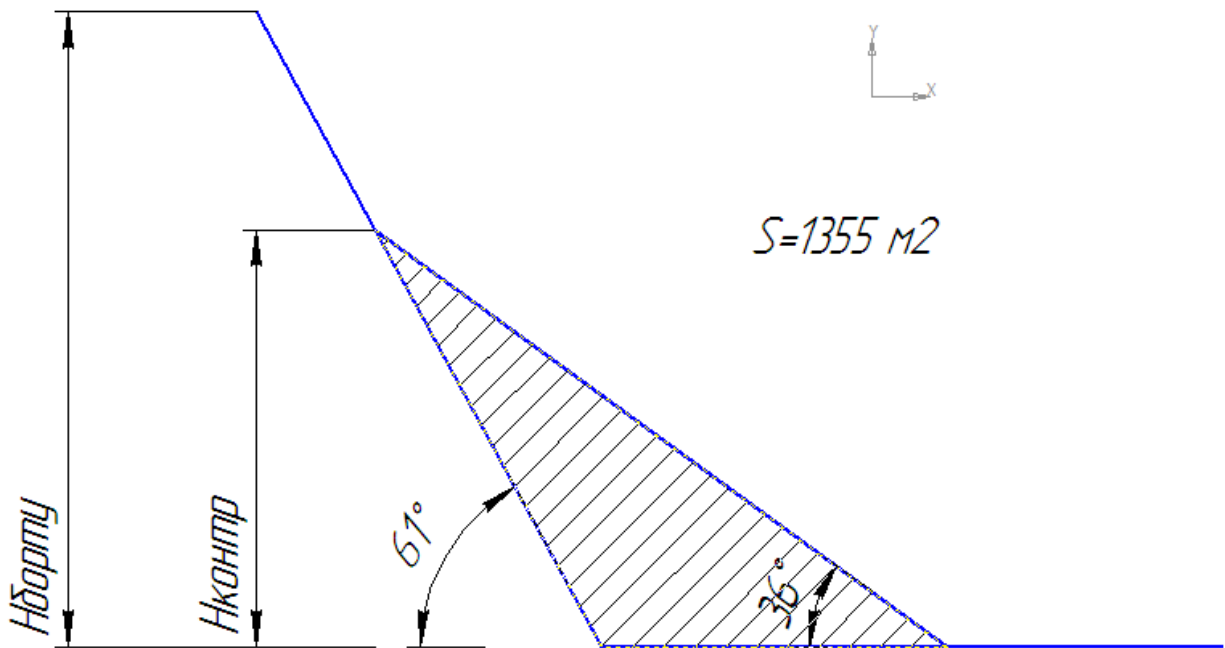


Рисунок 5.1 – Побудова контрфорсу

Питання для самоконтролю

1. Які Вам відомі інженерні способи укріплення укосів?
2. Які Вам відомі технологічні способи укріплення укосів?
3. На чому заснований принцип механічного укріплення укосів?
4. Чому застосування підпорних стінок не знайшло широкого застосування?
5. В чому полягають переваги та недоліки спорудження контрфорсів для укріплення укосів та бортів?
6. В чому полягають особливості технології спорудження контрфорсів?
7. Які матеріали застосовують для спорудження контрфорсів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНОЇ ВИСОТИ ВІДВАЛЬНОГО ЯРУСУ ТА СТІЙКОГО КУТА УКОСУ ВІДВАЛУ

Короткі теоретичні відомості

Кут внутрішнього тертя гірських порід – кут, тангенс якого дорівнює коефіцієнту внутрішнього тертя породи (кут нахилу прямолінійної частини графіку зсуву гірської породи до вісі нормальних напружень).

Кут природного укосу – найбільший кут, який може бути утворений укосом вільно насипаної гірничої маси в стані рівноваги з горизонтальною площиною; залежить від крупності і форми часток породи, шорсткості їх поверхні, а також від щільності і вологості породи.

Кут укосу ярусу відвалу – кут в площині, яка нормальна до простягання укосу відвалу, тобто кут між лінією, яка з'єднує верхню і нижню бровки ярусу відвалу, і горизонтальною площиною.

Зчеплення в гірській породі (с) - показник міцності, який дорівнює межі міцності гірської породи при зрізі в умовах відсутності нормальних напружень.

Порядок виконання роботи

1. За графіком прямолінійних укосів (додаток Г) при відомому куті внутрішнього тертя породи φ та куті природного укосу визначаємо приведену висоту H' (По шкалі абсцис рисунку - кут внутрішнього тертя; по шкалі ординат - приведена висота, яку ми шукаємо. Цифри біля кривих - кути природного укосу відвалу)

2. Розрахункова гранична висота ярусу відвалу:

$$h_{я} = \frac{H' \cdot c}{\gamma}, \text{ м}$$

Тоді, число ярусів складе (число ціле):

$$n_{я} = \frac{H_{в}}{h_{я}}$$

3. Визначаємо результуючу граничну висоту у безрозмірних одиницях:

$$H_{сп} = H_{в} \cdot \frac{c}{\gamma}$$

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Максимальна кількість балів за виконання практичної роботи – 5 балів.

<i>Бали</i>	<i>Критерії оцінювання</i>
5	Здобувач(ка) активно працював(ла) на практичному занятті, виконав(ла) роботу в повному обсязі та обґрунтував(ла) свою думку. Завантажив(ла) оформлений відповідно до вимог звіт в Moodle згідно з семестровим графіком (до наступного заняття).
4	Здобувач(ка) активно працював(ла) на практичному занятті, роботу виконав (ла) у повному обсязі, але допустив(ла) несуттєві помилки, або не зміг(ла) пояснити окремі етапи роботи . Завантажив(ла) оформлений відповідно до вимог звіт в Moodle згідно з семестровим графіком (до наступного заняття).
3	Здобувач(ка) працював(ла) на практичному занятті, роботу виконав (ла) у повному обсязі, але допустив(ла) суттєві помилки, які призвели до викривлення результату, не зміг(ла) пояснити окремі етапи роботи . Завантажив(ла) оформлений відповідно до вимог звіт в Moodle згідно з семестровим графіком (до наступного заняття).
2	Здобувач(ка) працював(ла) на практичному занятті, виконав роботу у повному обсязі з грубими помилками, які спотворили результат, пояснити та обґрунтувати хід своїх думок не зміг. Завантажив(ла) звітні матеріали в Moodle пізніше терміну вказаного у семестровому графіку
1	Здобувач(ка) був(ла) присутній(я) на практичному занятті, роботу виконав(ла) фрагментарно, не довів(ла) до логічного завершення, пояснити та обґрунтувати хід своїх думок не зміг(ла). Завантажив(ла) звітні матеріали в Moodle пізніше терміну вказаного у семестровому графіку
0	Здобувач(ка) був(ла) відсутня на практичному занятті та не завантажив(ла) звіт в Moodle



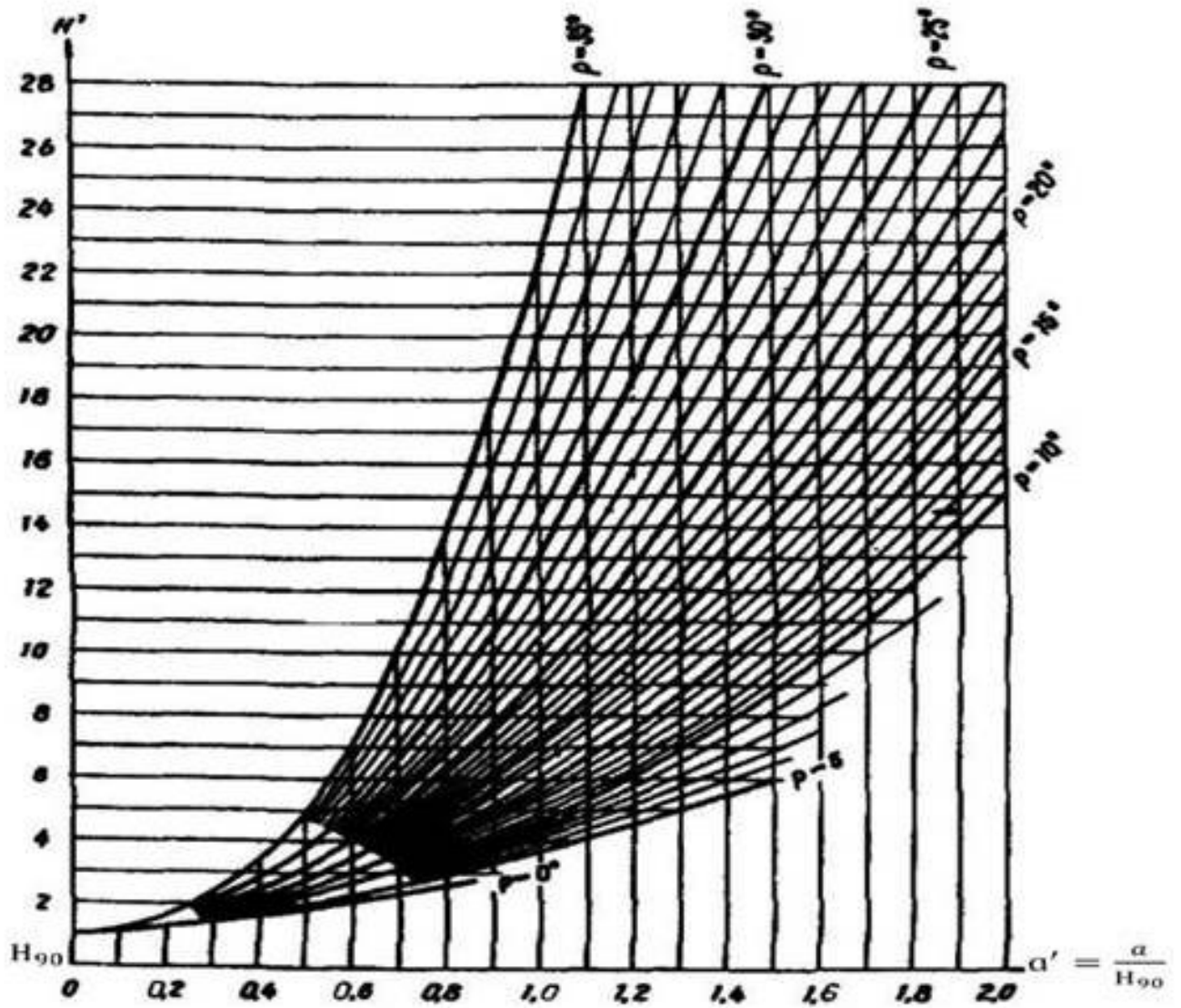
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

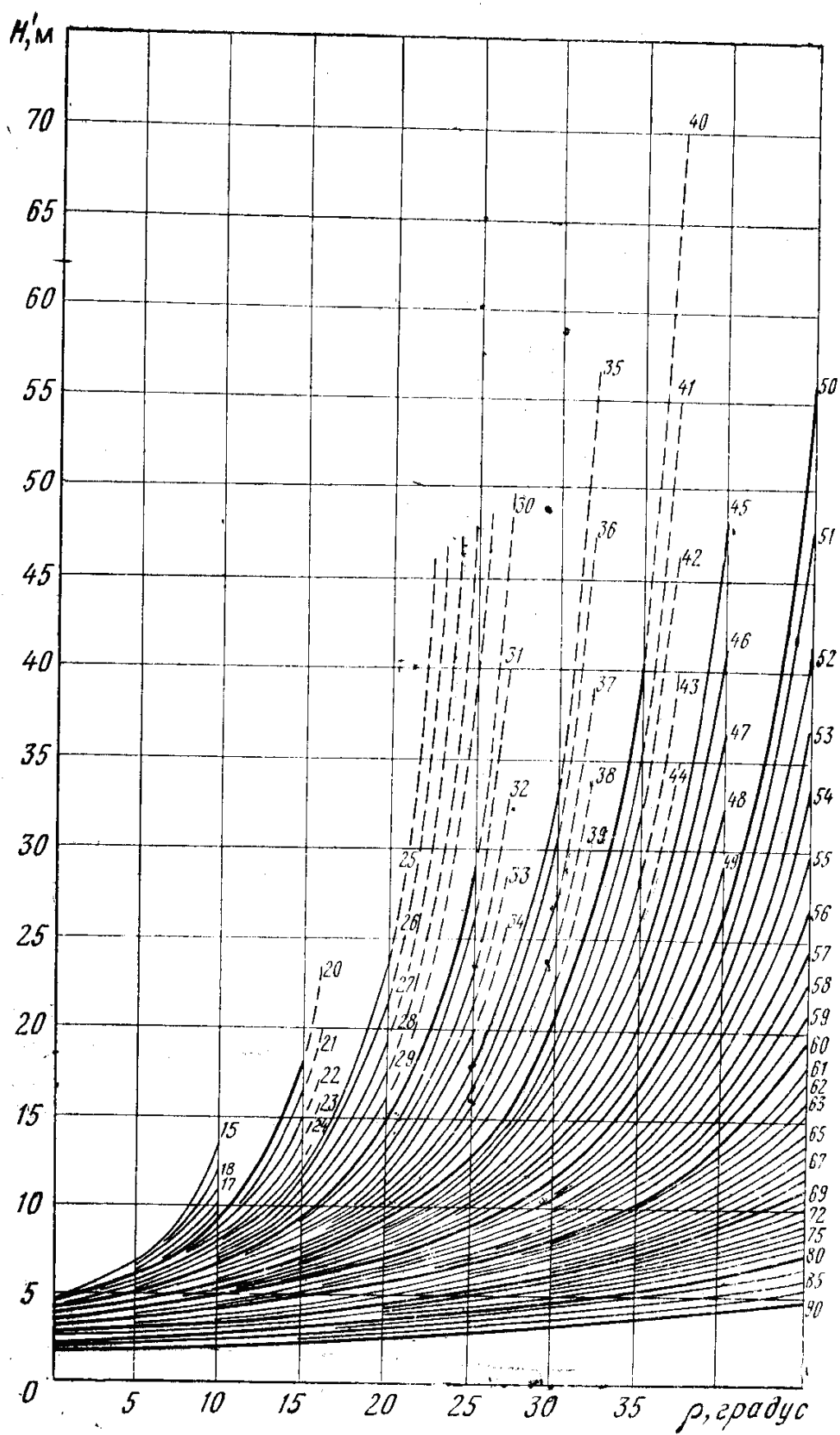
1. Chan A.H.C., Pastor M., Schrefler B.A., Shiomi T., Zienkiewicz O.C. Computational geomechanics. Theory and applications. Wiley, 2022. 496 p.
 2. Судаков А. К. Механіка гірських порід. Дніпропетровськ : ДВНЗ "НГУ", 2015. 150 с.
 3. Мамбетов Ш. А., Абдиев А. Р., Мамбетова Р. Ш. Основы геомеханики. Бишкек : Изд-во КРСУ, 2020. 345 с.
 4. Астафьев Ю. П., Попов Р. В., Николашин Ю. М. Управление состоянием массива горных пород при открытой горной разработке месторождений полезных ископаемых. Киев-Донецк : Вища школа, 1986.
 5. Ковров А. С. Устойчивость бортов карьеров в сложноструктурном массиве мягких пород : моногр. Донецк : Национальный горный университет, 2013. 131 с.
 6. СОУ-Н МПП 73.020-078-1:2007. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Частина 1. Гірничі роботи, ліквідація гірничодобувних підприємств. Техніко - економічна оцінка та показники. [Чинний від 2007-02-06]. Вид офіц. Київ : Міністерство промислової політики України, 2007. 277 с.
 7. Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом. Київ : Основа, 2010. 184 с.
- Інститут геотехнічної механіки імені М.С. Полякова НАН України : веб-сайт. URL: <http://www.igtm.dp.ua/index.php/uk/> (дата звернення: 2.08.2025)

ДОДАТОК А

ДАНИ ЗА ВАРІАНТАМИ

№ варіанту	Сила зчеплення порід по контактах, c , т/м ²	Щільність порід, γ , т/м ³	Кут внутрішнього тертя, φ , °	Висота борту, H , м	РГВ, м	Загальна висота відвалу, H_v , м	Зчеплення порід у відвалі, c , т/м ²	Кут внутрішнього тертя порід, φ , °	Щільність порід відвалу, γ , т/м ³	Кут природного уjosу порід, β_e , °	Щільність порід конгрфорсу, γ' , т/м ³	Нормативний коефіцієнт запасу стійкості, n_H
1	15	1,8	10	130	30	40	1,9	25	1,6	35	2,5	1,5
2	16	1,9	12	120	50	45	1,95	20	1,9	36	2,35	1,45
3	17	2,0	15	150	25	35	2	25	1,7	37	2,55	1,48
4	18	2,0	17	105	22	40	2,05	20	1,75	38	2,53	1,32
5	19	1,8	20	110	35	40	2,1	25	1,8	39	2,41	1,25
6	20	2,0	20	115	30	50	2,0	22	2,2	30	2,45	1,2
7	25	2,2	25	170	56	30	1,9	25	2,3	33	2,56	1,26
8	27	2,3	27	160	50	50	1,9	18	2,2	32	2,7	1,34
9	28	2,4	28	105	25	40	2,3	17	1,7	31	2,38	1,5
10	30	2,6	30	120	20	55	2,35	20	2,3	35	2,35	1,15
11	35	2,8	30	98	38	30	2,4	29	1,8	35	2,47	1,18
12	15	1,8	10	100	30	30	2,45	14	1,85	36	2,36	1,23
13	16	1,9	12	155	30	35	2,5	20	2,3	37	2,52	1,24
14	17	2,0	15	180	130	55	2,55	21	1,65	38	2,6	1,27
15	18	2,0	17	100	30	50	1,9	22	2,1	39	2,58	1,36
16	19	1,8	20	150	40	50	1,9	19	2,5	30	2,57	1,48
17	20	2,0	20	170	45	40	2,7	18	1,8	33	2,51	1,5
18	25	2,2	25	140	40	40	2,8	17	1,85	32	2,47	1,5
19	27	2,3	30	130	35	40	2,1	20	1,6	31	2,46	1,25
20	28	2,4	30	110	25	50	2,15	22	1,65	35	2,45	1,2

Графік залежності між висотою укусу та шириною призми
обвалення



Приклад титульного аркуша

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра гірничої справи**

Практична робота №_

з навчальної дисципліни

**УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ПРИ
ВІДКРИТІЙ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ**

Варіант №_

Здобувача групи 184-ХХ-1м
Прізвище Ім'я По батькові

Викладач:
к.т.н., доцент
І.Є.Григор'єв

Запоріжжя, 20XX



Навчально-методичне видання

**Григор'єв Ігор Євгенійович
Григор'єв Юліан Ігорович**

**УПРАВЛІННЯ СТАНОМ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ПРИ ВІДКРИТІЙ
РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ**

методичні вказівки до виконання практичних робіт

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції