

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра відкритих гірничих робіт

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної (магістерської) роботи

зі спеціальності 184 – Гірництво

Тема роботи: «Оцінка стійкості відвалу «Дальній» при складуванні
скельних порід кар'єру №2-біс ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Виконав: студент групи ЗГІВ-23-1м Носуля А.Г. _____ / _____ /

Керівник випускної роботи к.т.н, доцент Єременко Г.І. / _____ /

Завідувач кафедри д.т.н, професор Жуков С.О. _____ / _____ /

Кривий Ріг
2024 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної магістерської роботи Носулі А.Г. на тему: «Оцінка стійкості відвалу «Дальній» при складуванні скельних порід кар'єру №2-біс ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

«Випускна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра. Кривий Ріг. Криворізький національний університет, 2024».

Актуальність роботи.

Мета роботи – розробка методики геометричних розрахунків методом скінчених елементів, а також геомеханічних розрахунків графо-аналітичних методів стійкості бортів та ярусів відвалу.

Ідея роботи полягає у застосуванні методики геометричних розрахунків методом скінчених елементів, а також геомеханічних розрахунків графо-аналітичних методів стійкості бортів та ярусів відвалу.

Предметом дослідження є розрахунки стійкості бортів та ярусів методом скінчених елементів та за допомогою графо-аналітичних методів.

Завдання дослідження

- проаналізувати стійкість бортів відвалу «Дальній» у сучасних умовах складування скельних порід в кар'єрі №2-біс ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

- виконати геометричні розрахунки стійкості бортів і ярусів відвалу «Дальній» методом скінчених елементів, а також геомеханічні розрахунки за допомогою графо-аналітичних методів

- на основі виконаних геометричних і геомеханічних розрахунків встановлені технічні параметри стійкості бортів і укосів відвалу «Дальній».

Методи досліджень

Аналіз геометричних і геомеханічних розрахунків стійкості бортів відвалу;

Теоретичні дослідження питань взаємодії геометричних розрахунків методом скінчених елементів, а також геомеханічних розрахунків графо-аналітичних методів;

Розробка і обґрунтування геометричних розрахунків методом скінчених елементів, а також геомеханічних розрахунків графо-аналітичних методів

За допомогою методів скінчених елементів та алгебраїчного додавання сил було оцінено стійкість бортів та ярусів відвалу «Дальній» як в поточному, так і в проєктному станах. Розрахунок враховував відвантаження скельних розкривних порід. Отримані коефіцієнти запасу стійкості (1,21-1,28 та 1,23-1,28 відповідно) свідчать про те, що фактичний стан відвалу не відповідає нормативним вимогам.

На основі комплексного аналізу геологічних та технічних даних розроблено оптимальний проєкт відвалу «Дальній», що передбачає зниження навантаження на ярус +157 метрів та розміщення 2,3 млн. кубічних метрів відходів.

Було проведено комплексний аналіз стійкості бортів та ярусів відвалу «Дальній» у поточному стані та з урахуванням планованих видобувних робіт. Застосування методу скінчених елементів та графо-аналітичних методів дозволило отримати точні розрахункові значення коефіцієнта запасу стійкості (КЗС), які склали 1,42-1,50 та 1,42-1,46 відповідно. Отримані результати свідчать про достатній запас міцності відвалу та його безпечну експлуатацію в майбутньому.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ	5
1.1. <i>Коротка характеристика підприємства та району робіт</i>	5
1.2. <i>Характеристика гірничо-збагачувального комплексу</i>	8
1.3. <i>Гірничі роботи на родовищах та відвалах</i>	9
2. ГЕОМЕХАНІЧНІ РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ БОРТІВ ТА ЯРУСІВ «ДАЛЬНІХ» ВІДВАЛІВ ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ»	13
2.1. <i>Опис методів для розрахунку оцінки стійкості відвалу «Дальній»</i>	13
2.2. <i>Геомеханічні розрахунки стійкості бортів та ярусів «Дальніх» відвалів ПАТ «АрселорМіттал» методом скінченних елементів</i>	18
2.3. <i>Геомеханічні розрахунки стійкості бортів та ярусів «Дальніх» відвалів ПАТ «АрселорМіттал» графо-аналітичним методом</i>	23
ВИСНОВКИ	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	38

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

1.1. *Коротка характеристика підприємства та району робіт*

До складу підприємства ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» входять комплекси будівель та споруд основного технологічного та допоміжного значення, а також об'єкти енергетичного домогосподарства, матеріальні склади, адміністративно-побутові комбінати та інші спорудження.

На підприємстві розвинена залізнична мережа, яка сполучує між собою об'єкти різного призначення, а також має зв'язок з залізничними станціями загальної мережі. Підприємство має мережу внутрішніх автодоріг, які сполучуються з міськими автошляхами.

Центральний проммайданчик знаходиться в безпосередній близькості від площадки металургійного заводу «АрселорМіттал», котрий є основним споживачем продукції комбінату. Для подачі агломерату від аглофабрик на доменні печі збудовані конвеєри.

Кар'єри 2-біс та 3 розташовані на північному-заході від центрального проммайданчика. Кар'єр 2-біс розташований на лівому березі від річки Інгулець, кар'єр 3 – на правому березі, північніше від кар'єру АТ «ПВДГЗК».

Для складання пустих порід в складі комбінату знаходяться відвали «Дальні» на вододілі балок Грушевата і Широка, №2-3, розташовані на південний-захід від кар'єру № 3, відвал «Степовий», «Степовий-2» і відпрацьований простір кар'єру № 1.

Шламосховища розташовані: «Миролюбівка» – на південний-захід і «Об'єднане» – на південь від центрального проммайданчика комбінату. Нині будується хвостосховище «III» карта.

Для обслуговування кар'єрів на підприємстві є рудничні майданчики, ремонтно-механічні майстерні та інші об'єкти і спорудження.

Об'єктом дослідження є відвал «Дальній». Згідно з діючим проектом на кінець відпрацювання Новокриворізького родовища відвали «Дальні» розділені на дві частини, скельні породи в південній частині та доменні шлаки в північній.

За бермою з відміткою +130 м південної ділянки (ділянки складування розкривних порід) прокладено залізничну колію, по якій доменні шлаки доставляються до точки розвантаження на північну ділянку відвалів. Після завершення відсипання скельного розкриву на південній ділянці відвалів, на його поверхні можливе подальше формування відвалу шлаків. Це, перш за все, обумовлено необхідністю колійного розвитку при подальшому складуванні шлаків. Оскільки відвал шлаків, як потенційної сировини, підлягає розробці в майбутньому, то його рекультивація не передбачена.

Рекультивація ділянки відвалоутворення скелі можлива тільки після повної ліквідації (відпрацювання) шлаків на його поверхні.

З півдня відвали примикають до північної дамби хвостосховища «Четверта карта». З півночі і заходу відвалів проходить обвідний канал КМК, а з північного сходу і сходу, між відвалами і хвостосховищем «Миролюбівське», – залізничні колії для доставки розкривних порід з кар'єру № 2-біс (рис 1.1).



Рис. 1.1. Оглядова карта району робіт (відвалу «Дальній»)

1.2. Характеристика гірничо-збагачувального комплексу

До складу гірничо-збагачувального комплексу підприємства «АрселорМіттал Кривий Ріг» входять наступні цехи та служби:

- рудоуправління;
- дробильні фабрики;
- збагачувальні фабрики № 1 та № 2;
- агломераційні фабрики №№ 1, 2, 3;
- управління залізничним транспортом;
- гірничотранспортний цех;
- цех мереж і підстанцій;
- цех шламового господарства та технічного водопостачання;
- відділ технічного контролю;
- гірничорятувальна служба;
- ремонтно-будівельний цех;
- цех технологічної диспетчеризації та зв'язку;
- центральна лабораторія автоматизації;
- центральна заводська лабораторія;
- цех підготовки підприємства;
- управління та інші.

Основними видами продукції підприємства є:

- руда;
- концентрат;
- агломерат.

Основними паливно-енергетичними ресурсами, які використовуються на підприємстві є: електроенергія, газ природній, вода технічна, газ доменний, вугілля, кокс, дизельне паливо та газ коксовий.

1.3. Гірничі роботи на родовищах та відвалах

Постачання фабрикою збагачування неокислених залізистих кварцитів здійснюється з двох кар'єрів: № 3 та № 2-біс.

Кар'єр № 3 введений в експлуатацію в 1972 році. Проектні показники по кар'єру № 3 наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Проектні показники по кар'єру №3

Показники	Величина
Проектна глибина кар'єру №3, м	500
Розміри кар'єру №3:	
- по верху:	
довжина, м	2200
ширина, м	1450
- по низу:	
довжина, м	940
ширина, м	250

Нині кар'єр відпрацьовує запаси залізистих кварцитів. Для розробки гірської маси задіяні екскаватори RH-170 (Terex), Komatsu PC-3000, , ЭКГ-12,5, ЭКГ-10, ЭКГ-8И, ЭКГ-5А, а також навантажувачами CAT 922 G, CAT 993K, Komatsu WA 900.. Розробка скельних порід здійснюється з попереднім розпушуванням їх буропідривним способом. Для буріння розкривних свердловин використовуються верстати шарошкового буріння типу СБШ-250МН, Atlas Copco PV 275 LP, Atlas Copco DM 75D, Atlas Copco DM 75E, контурне буріння виконується такими верстатами як: Atlas Copco ROC L8, Atlas Copco DM 60.

Окислені кварцити та пустий скельний розкрив з кар'єру №3 розміщуються у відвал «Степовий-2» який знаходиться на південний-захід

від кар'єру. Автовідвал №4 розташований на північно-східному борті кар'єру та виведений з експлуатації.

Руда транспортується автотранспортом на приймальний майданчик горизонту мінус 60 м комплексу ЦПТ з подальшою подачею конвеєрами на поверхневий комплекс, де завантажуються рудним бункером і екскаваторами, які працюють під пілонами рудного поверхневого складу, в залізничний транспорт з подальшою поставкою на РЗФ.

Гірнична маса з забоїв доставляється автосамоскидами до перевантажувальних пунктів або прийомних пристроїв дробильно-конвеєрного комплексу, потім залізничним транспортом на дробильно-збагачувальну фабрику або у відвали.

Кар'єр № 2-біс введений в експлуатацію в 1970 році. Проектні показники по кар'єру № 3 наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Проектні показники по кар'єру № 2-біс

Показники	Величина
Проектна глибина кар'єру №2-біс, м	455
Розміри кар'єру №2-біс:	
- по верху:	
довжина, м	2100
ширина, м	1200
- по низу:	
довжина, м	300
ширина, м	35

Нині кар'єр відпрацьовує запаси залізистих кварцитів. Для розробки гірської маси задіяні екскаватори типу ЕКГ. Розробка скельних порід здійснюється з попереднім розпушуванням їх буропідричним способом.

Бурові роботи в кар'єрі №2-біс виконуються верстатами шарошечного буріння СБШ-250 МНА. Бурові роботи, пов'язані із застосуванням щадної технології, виконуються верстатом Atlas Copco ROC-L8, Atlas Copco DM-75E, Atlas Copco DM-60Atlas та Copco DM-75D.

Верхні розкривні горизонти розробляються з безпосереднім вантаженням в залізничний транспорт. Розкривні породи і окислені кварцити нижніх горизонтів розробляються на автотранспорт, яким доставляється до екскаваторних перевантажувальних площадок і далі залізничним транспортом вивозять у відвали.

Видача руди з кар'єру на поверхню здійснюється системою конвеєрів, покладених в похилому стволі під західним бортом кар'єру з розташуванням приймальних пристроїв на горизонті, -45м.

Здобута в кар'єрі руда доставляється автотранспортом до перевантажувального вузла рудного конвеєрного підйомника, яким видається на денну поверхню, перевантажується в залізничний транспорт і вивозиться на фабрики.

В цілому, розвиток гірських порід в кар'єрах № 2-біс і 3 здійснюється відповідно по раніше розроблених і затверджених в установленому порядку проектам для підтримання потужності комбінату.

Частина виробленого простору кар'єру №1 вже засипана, рекультивована і передана для організації на цій частині садових ділянок.

Пухкий розкрив для використання в промислових цілях непридатний, але його можуть використовуватись для рекультивації відвалів та хвостосховищ, в якості потенційно родючого ґрунту з додаванням добрив.

Складування розкривних порід і окислених кварцитів кар'єру № 3 здійснюється у відвал «Степовий-2», розташованим на місці колишнього військового полігону. Частина скельного розкриву використовується для будівництва гребель обвалування шламосховищ.

Пусті породи з кар'єру №2-біс частково використовуються для гірничо-технічної рекультивації відпрацьованого кар'єр №1 який знаходиться на схід

від кар'єру №2-біс, тобто поступово виконується засипка виробленого простору другої чаші кар'єру, перша чаша кар'єру вже рекультивована та здана під дачі. Інша їх частина використовується для внутрішніх потреб комбінату (баластування залізничних шляхів, будівництво дамб хвостосховищ, забієчний матеріал для свердловин та будівництво автодоріг). Відвали «Дальні» розташовані на вододілі балок Грушевата і Широка, відвали «2-3» та «Степовий» розташовані на південний-захід від кар'єру № 3.

Відсипання шлаків передбачено до верхніх ярусів «Дальніх» відвалів.

У зв'язку з відробітком балансових запасів залістистих кварцитів по узгодженню з Криворізьким міськвиконкомом (лист від 14.01.87 № 6/13-8) вироблений простір кар'єру №1 підлягає засипці з подальшою рекультивацією денної поверхні.

2. ГЕОМЕХАНІЧНІ РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ БОРТІВ ТА ЯРУСІВ «ДАЛЬНІХ» ВІДВАЛІВ ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ»

2.1. *Опис методів для розрахунку оцінки стійкості відвалу «Дальній»*

При проведенні розрахунків бортів та ярусів «Дальніх» відвалів ПАТ «АрселорМіттал» нами використано дві групи методів:

Графо-аналітичні методи оцінки стійкості.

Найбільш поширеним у світовій практиці методом оцінки стійкості укосів, є метод алгебраїчного додавання сил. Відповідно до даного методу породний масив, обмежений поверхнею укосу і ймовірною поверхнею зрушення (призма можливого зрушення), розбивається на вертикальні блоки, для кожного з яких знаходяться утримуючі і зрушуючі сили. Ці сили підсумовуються по всій поверхні зрушення, а відношення отриманих сум визначає коефіцієнт запасу стійкості (див. рис. 3.1). Поверхня зрушення, по якій значення коефіцієнт запасу стійкості матиме мінімальне значення, і вважається найбільш небезпечною поверхнею зрушення.

Утримуючі сили визначаються відповідно до прийнятої гіпотези міцності, як правило, використовується гіпотеза Кулона - Мора, відповідно до якої міцність на зрушення визначається так:

$$F_{y\partial} = \sum_{j=1}^n (\gamma_j h_j \cos \varphi_j) \operatorname{tg} \rho_j + \sum_{j=1}^n C_j \ell_j \quad (3.1)$$

Зсувні сили визначаються, при обліку тільки гравітаційних сил, з наступного виразу:

$$F_{cd} = \sum_{j=1}^n (\gamma_j h_j \sin \varphi_j) \quad (3.2)$$

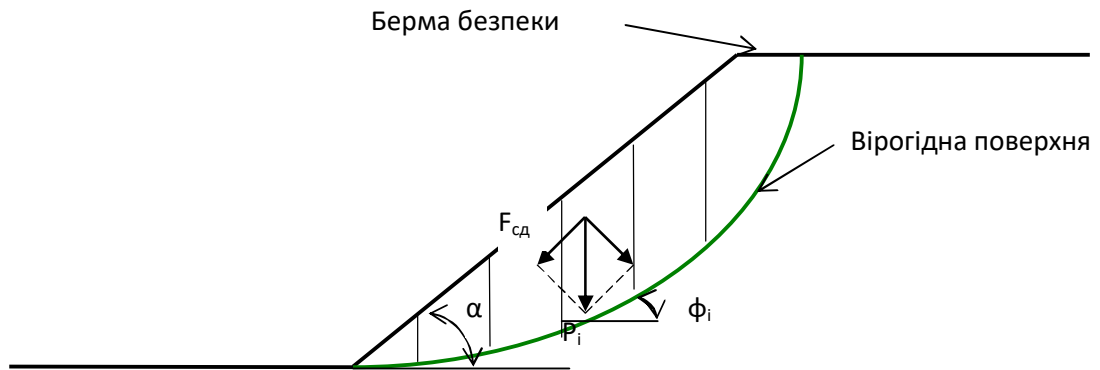


Рис. 2.1. Метод алгебраїчного підсумовування сил по криволінійній поверхні зрушення.

При цьому утримуючі і зрушуючі сили розраховуються з урахуванням геологічної і літологічної структури породного масиву. Вибір конкретної розрахункової схеми залежить від набутої форми вірогідної поверхні зрушення (круглоциліндрична, еліптична, спіральна і так далі), методу підсумовування поверхневих і об'ємних сил, які діють по вірогідній поверхні зрушення, форми поверхні породних укосів (опукла, увігнута, прямолінійна). Найбільш відомим розрахунковим методом цієї групи є метод проф. Г.Л. Фисенко, згідно з яким вірогідна поверхня ковзання починається від верхнього майданчика укосу вертикальною тріщиною відриву H_{90} , глибина якої дорівнює:

$$H_{90} = \frac{2C}{\gamma} \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \quad (3.3)$$

де γ - питома вага, Н/м³;

C - молекулярне зчеплення, Па;

ρ - кут внутрішнього тертя, град.

Нижче H_{90} лінія поверхні ковзання переходить в дугу, дотична до якої має кут $\omega = \pi/4 + \rho/2$ до горизонталі. У нижню бровку укосу поверхня зрушення входить під кутом $\mu = \pi/4 - \rho/2$ (див. рис. 3.2). Відстань між

верхньою бровкою укосу і точкою виходу на поверхню найбільш небезпечної поверхні зрушення (ширина берми безпеки), визначається по графіку (див. рис. 3.3) або по нижче наступній формулі:

$$a = \frac{2H[1 - \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{tg}(\frac{\alpha + \rho}{2})] - 2H_{90}}{\operatorname{tg}(\frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2}) + \operatorname{tg}(\frac{\alpha + \rho}{2})} \quad (3.4)$$

де H - висота укосу, м; α - кут нахилу борту кар'єру, град.

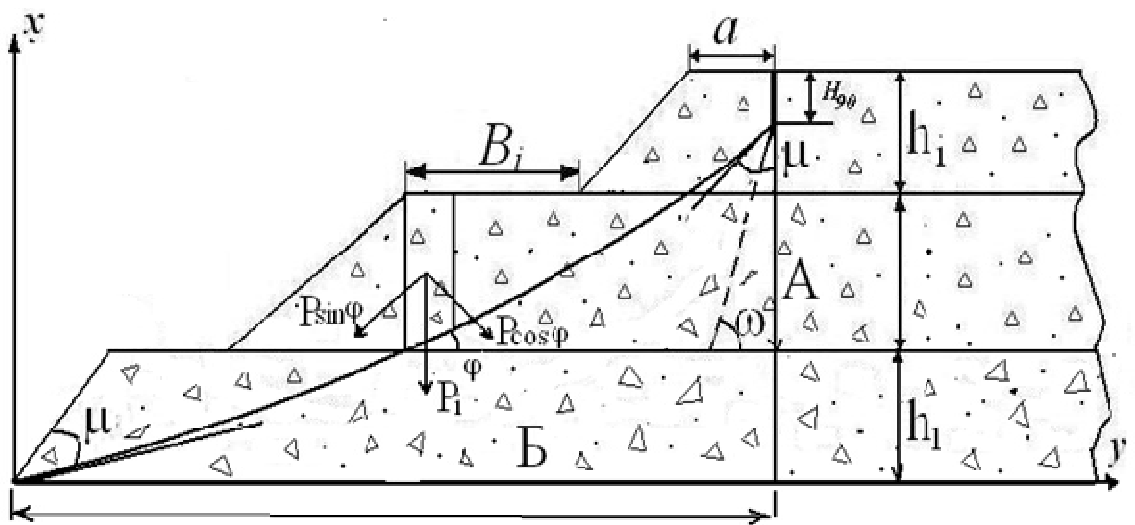


Рис.2.2. Розрахунок стійкості породного укосу по методу проф. Г.Л.Фисенко.

Широке застосування методу проф. Г.Л.Фисенко для розрахунку стійкості уступів, бортів кар'єру і відвалів обумовлено його простотою, достовірністю отримуваних результатів, широким практичним використанням. При виборі методу для розрахунку ми керувалися методичними вказівками [29]. Відповідно до цих рекомендацій, для плоского укосу рекомендується ряд розрахункових схем залежно від геологічних умов в зоні призми можливого зрушення. На ділянках борту, зокрема західного борту, де кут падіння порід менше кута уступу при розрахунках положення поверхні ковзання приймалося співпадаючим з положенням контактів нашарування шарів. Використання графіку залежності висоти від кута нахилу плоского укосу.

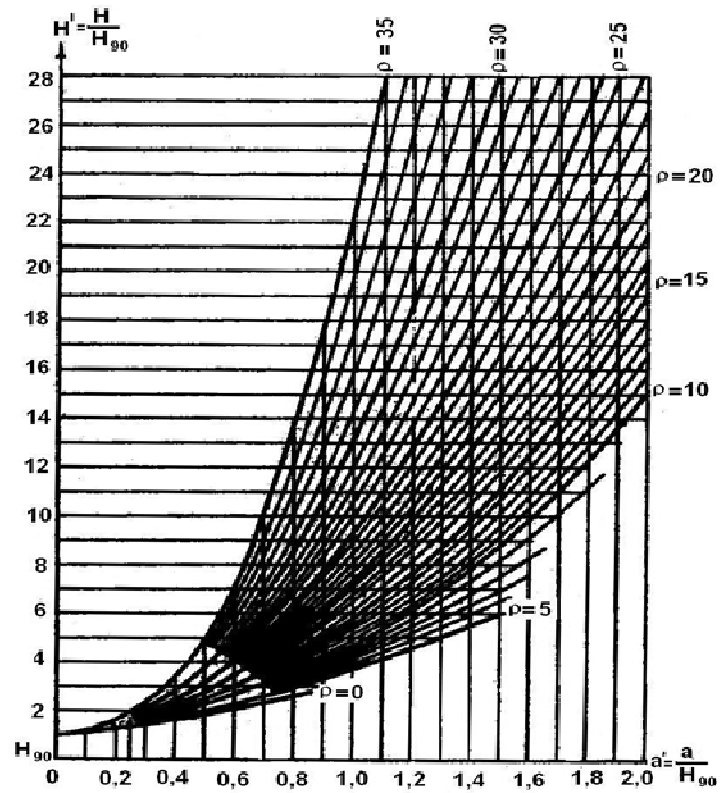


Рис. 2.3. Графік залежності між висотою укусу і шириною призми обвалення [29]

Метод скінченних елементів

Метод скінченних елементів є дуже ефективним методом рішення різних інженерних і фізичних завдань. Можливості його використання дуже широкі, тягнучись від аналізу напруги в простих стержнях або в стержневих конструкціях літаків і автомобілів до розрахунку таких складних систем, як атомна електростанція або космічні літальні апарати. За допомогою цього методу розраховуються атомні криголами і підводні човни. Вирішується безліч завдань руху рідини по трубах, через греблі, течію рідини в пористих середовищах, досліджується течія рідкого газу, завдання електростатики, коливань систем і так далі. Суть методу полягає в дискретизації області розв'язання на кінцеве число елементів. У межах кожного елемента шукається наближене рішення у вигляді простої функції, найчастіше полінома першого або другого ступеня. Ці функції "склеюються" між собою у вузлах елементів, утворюючи єдину апроксимацію для всієї області. Для визначення значень функцій у вузлах складається система лінійних алгебраїчних рівнянь, кількість яких дорівнює кількості невідомих. Розріджена структура цієї системи дозволяє ефективно розв'язати її на комп'ютері

У нашому випадку метод скінченних елементів використаний для вирішення завдань геомеханіки, в якості базового завдання описаної методом скінченних елементів використана математична модель Кулона-Мору, залежність дотичної напруги матеріалу, що описує, від величини прикладеної нормальної напруги.

Нині існує досить великий функціонал програмного забезпечення для розрахунків за допомогою МСЕ, в даній роботі використаний програмний комплекс Midas GTS NX.

2.2. Геомеханічні розрахунки стійкості бортів та ярусів «Дальніх» відвалів ПАТ «АрселорМіттал» методом скінченних елементів

За основу для розрахунку стійкості бортів та ярусів «Дальніх» відвалів ПАТ «АрселорМіттал» у фактичному, станом на 01.08.2024 р., наданому ПАТ «АрселорМіттал», та рекомендованому для підвищення стійкості (з урахуванням розбирання) положеннях гірничих робіт.

Для вирішення поставленого завдання нами використовувалися:

- вертикальні розрізи, по контурах відвалу відповідним положенню гірничих робіт;
- геологічні схеми залягання порід;
- фізико-механічні властивості порід відвалу які знаходяться в районі призми можливого зрушення.

Геомеханічні розрахунки стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» проведено методом скінченних елементів.

Розташування обраних вертикальних розрізів на плані відвалу наведені на рис. 2.4.

Розрахунки стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» методом скінченних елементів з урахуванням геологічної будови масиву і нанесеними найбільш небезпечними поверхнями зрушення, наведені на рис. 2.5 – 2.13.

В узагальненому вигляді результати виконаних розрахунків наведені в таблиці 2.1.

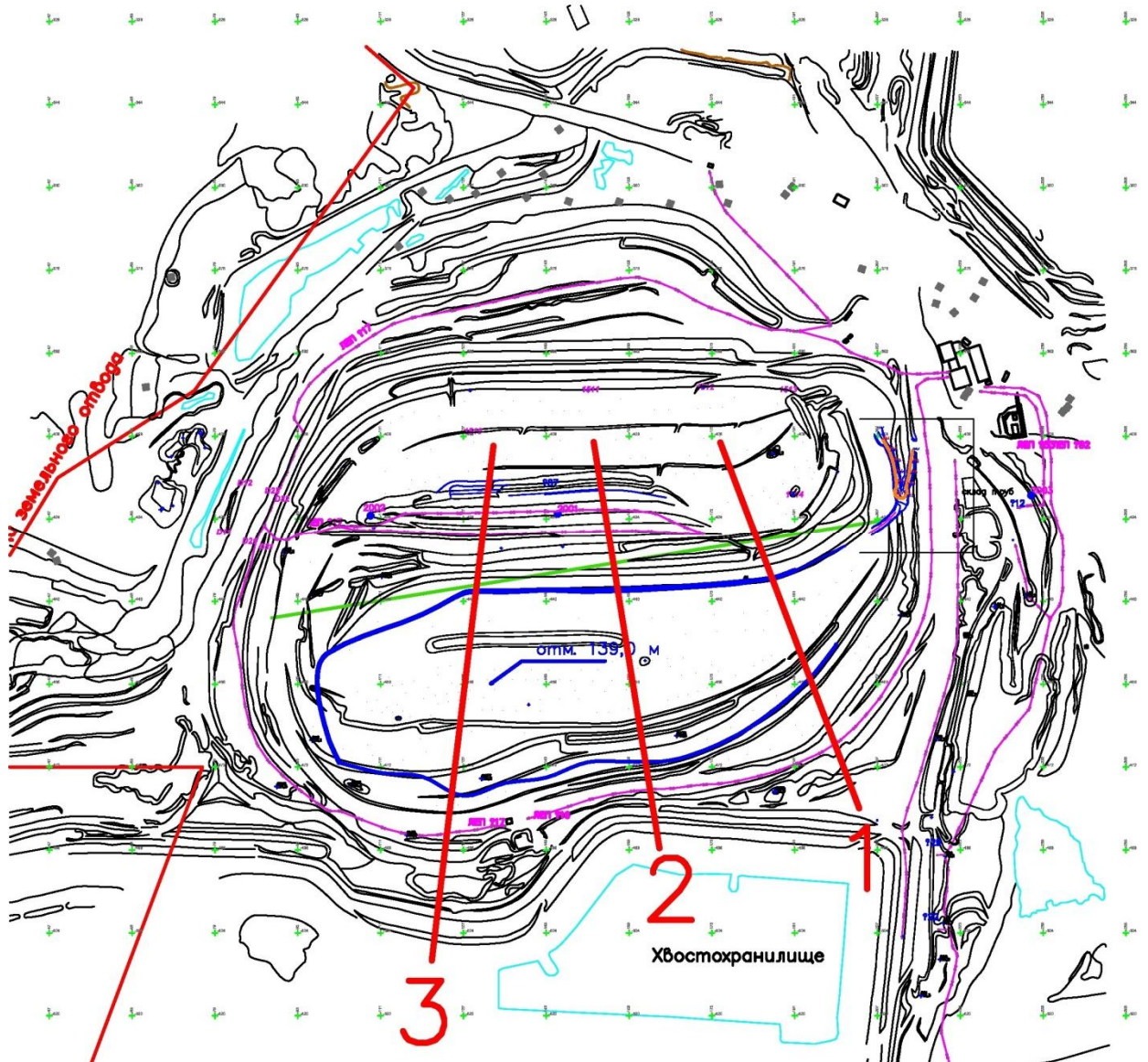


Рис. 2.4. Розташування обраних вертикальних розрізів на плані «Дальніх» відвалів ПАТ «АрселорМіттал»



Рис.2.5. Розріз 1 з нанесеною геологічно будовою масиву



Рис.2.6. Розрахунок стійкості по розрізу 1 (фактичне положення)
 $K_{ЗС} = 1,26$

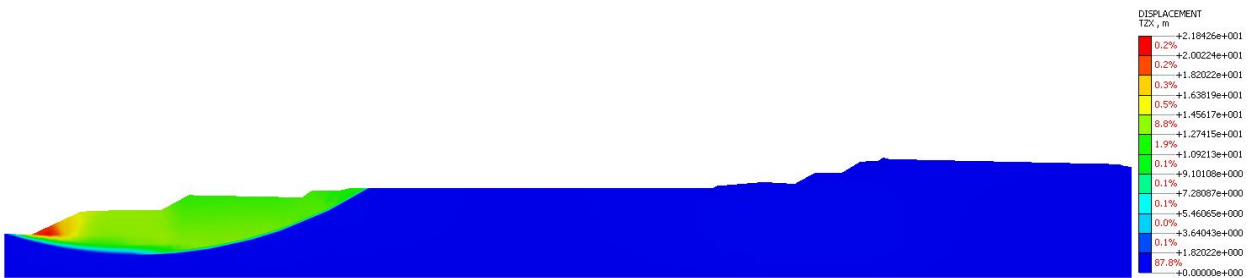


Рис.2.7. Розрахунок стійкості по розрізу 1 (проектне положення)
 $K_{ЗС} = 1,46$

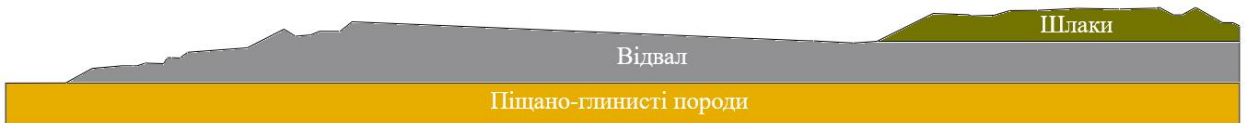


Рис.2.8. Розріз 2 з нанесеною геологічно будовою масиву

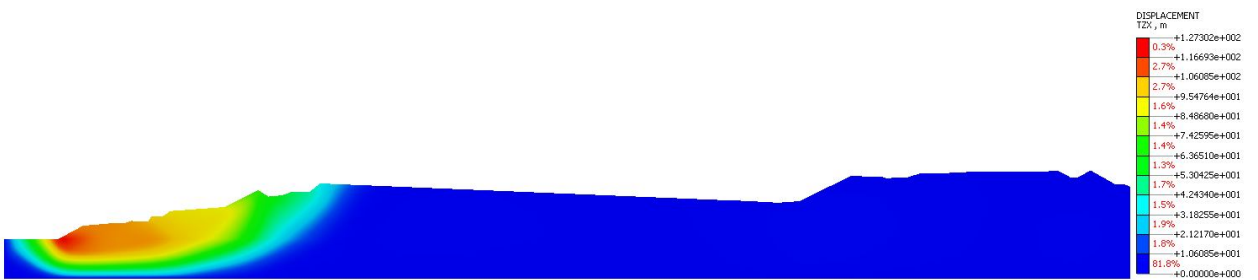


Рис.2.9. Розрахунок стійкості по розрізу 2 (фактичне положення)
 $K_{ЗС} = 1,21$



Рис.2.10. Розрахунок стійкості по розрізу 2 (проектне положення)
 $K_{ЗС} = 1,44$



Рис.2.11. Розріз 3 з нанесеною геологічно будовою масиву

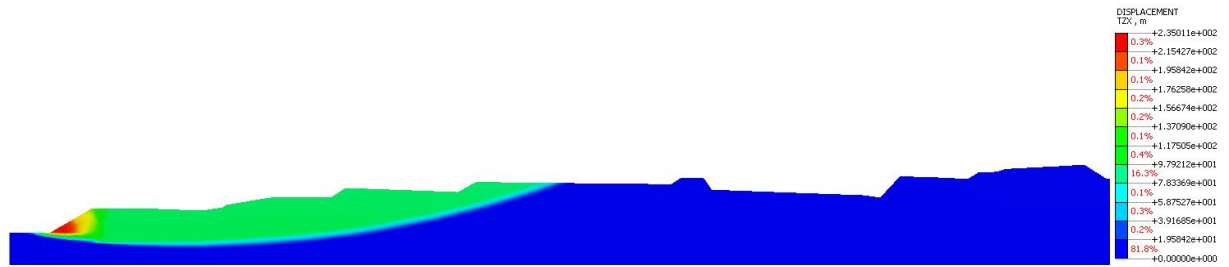


Рис.2.12. Розрахунок стійкості по розрізу 3 (фактичне положення)

$$KЗС = 1,28$$



Рис.2.13. Розрахунок стійкості по розрізу 3 (проектне положення)

$$KЗС = 1,42$$

Таблиця 2.1

Розрахунок стійкості бортів та ярусів «Дальніх» відвалів ПАТ
«АрселорМіттал» методом скінченних елементів з урахуванням геологічного
залягання порід

№ Розрізу	Положення гірничих робіт	Горизонт, м	Висота, м	Кут нахилу, °	Коефіцієнт запасу стійкості
1	фактичне	+144...+106	38	9	1,26
	проектне	+139...+106	33	9	1,46
2	фактичне	+160...+117	43	12	1,21
	проектне	+139...+117	22	14	1,44
3	фактичне	+150...+107	43	9	1,28
	проектне	+130...+107	23	31	1,42

2.3. Геомеханічні розрахунки стійкості бортів та ярусів «Дальніх» відвалів ПАТ «АрселорМіттал» графо-аналітичним методом

За основу для обчислення «Дальніх» відвалів ПАТ «АрселорМіттал» у фактичному та проектному положеннях гірничих робіт, взято відповідне положення станом на 01.08.2024 р., надане ПАТ «АрселорМіттал».

Для вирішення поставленого завдання нами використовувалися:

- вертикальні розрізи, по контурах відвалу відповідним положенню гірничих робіт;

- геологічні схеми залягання порід;

- властивості порід у зоні потенційного зсуву відвалу

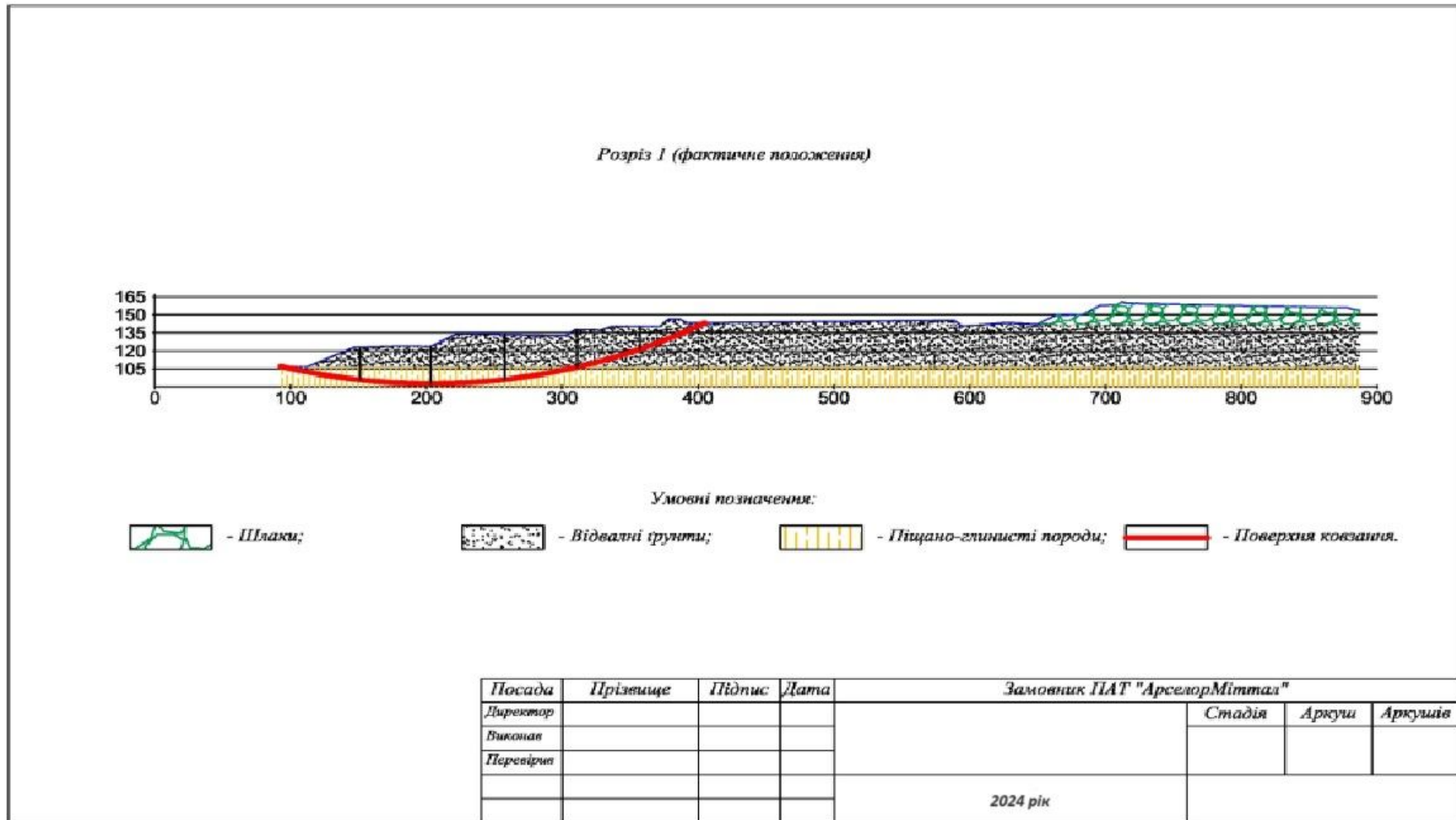
Стійкість бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» проведено методом алгебраїчного додавання сил.

Розташування обраних вертикальних розрізів на плані відвалу унаочнено на рис. 2.4.

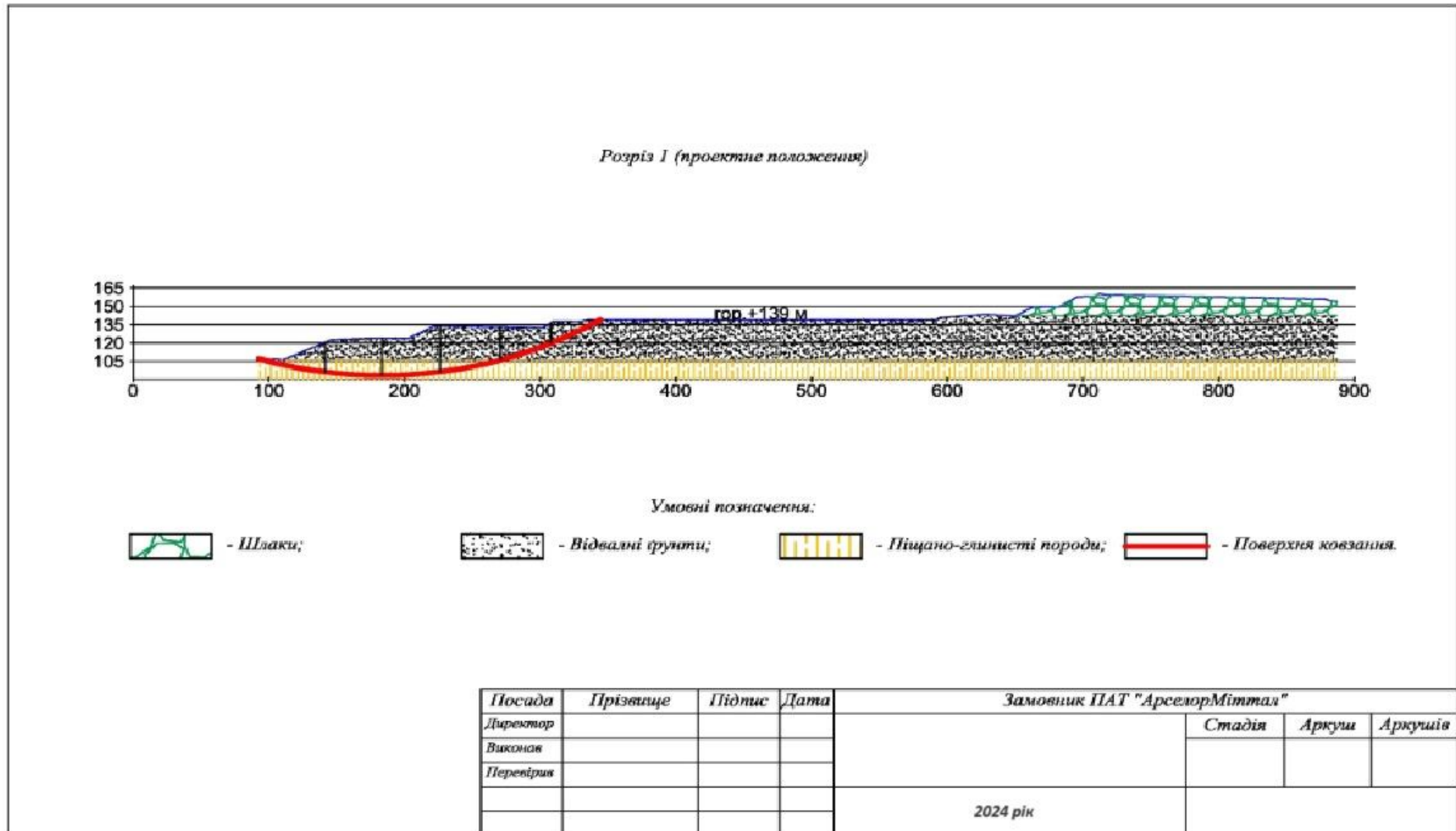
Схеми до розрахунків стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» методом алгебраїчного складання сил зображені на рис. 2.14 – 2.19.

Розрахунки методом алгебраїчного складання сил наведені в таблицях 2.2 – 2.7.

Загалом результати виконаних обчислень наведені в таблиці 3.8.



2.14. Схема до розрахунку стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 1 (фактичне положення)



2.15. Схема до розрахунку стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 1 (проектне положення)

Таблиця 2.2

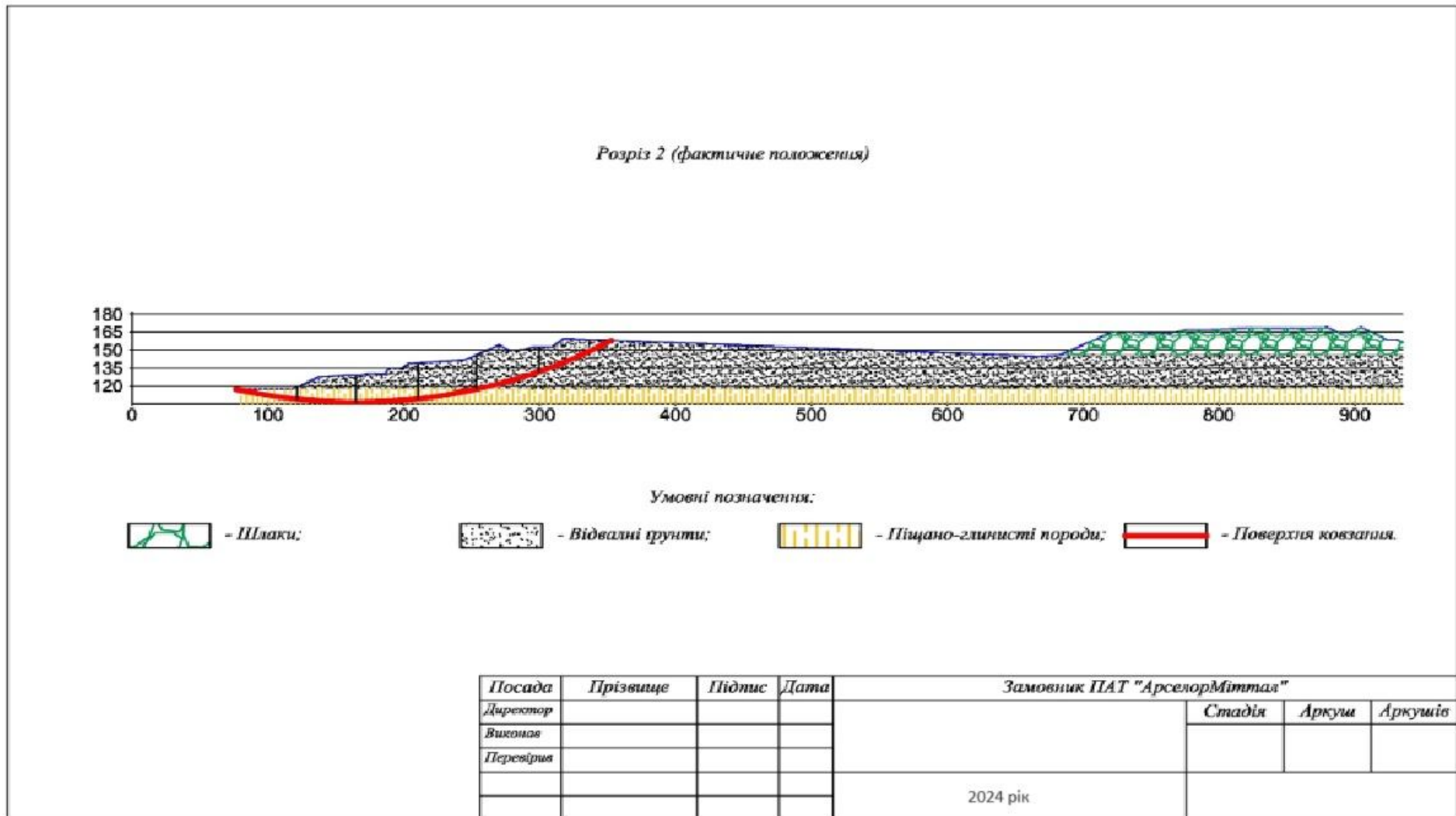
Розрахунок стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 1 (фактичне положення)

№ Блоку	Об'єм, м.куб.	Довжина дуги сковзання, м	Нахил дуги, град	Об'ємна вага, Н/м.куб	Кут внутрішнього тертя, град	Зчеплення, МПа	Сили утримуючі, Н	Сили зсувні, Н
1	944	50	28	24000	16	0.036	7536072	17847431
2	1491	46	21	24000	16	0.036	11235372	12823839
3	1933	52	13	22800	14	0.024	11954849	9914133
4	2093	52	6	21900	14	0.024	12613767	4791240
5	1528	50	6	21300	14	0.024	9270299	0
6	786	54	13	20400	14	0.024	5191424	0
У цілому по поверхні:							57801784	45376642
Коефіцієнт запасу стійкості			1.27					

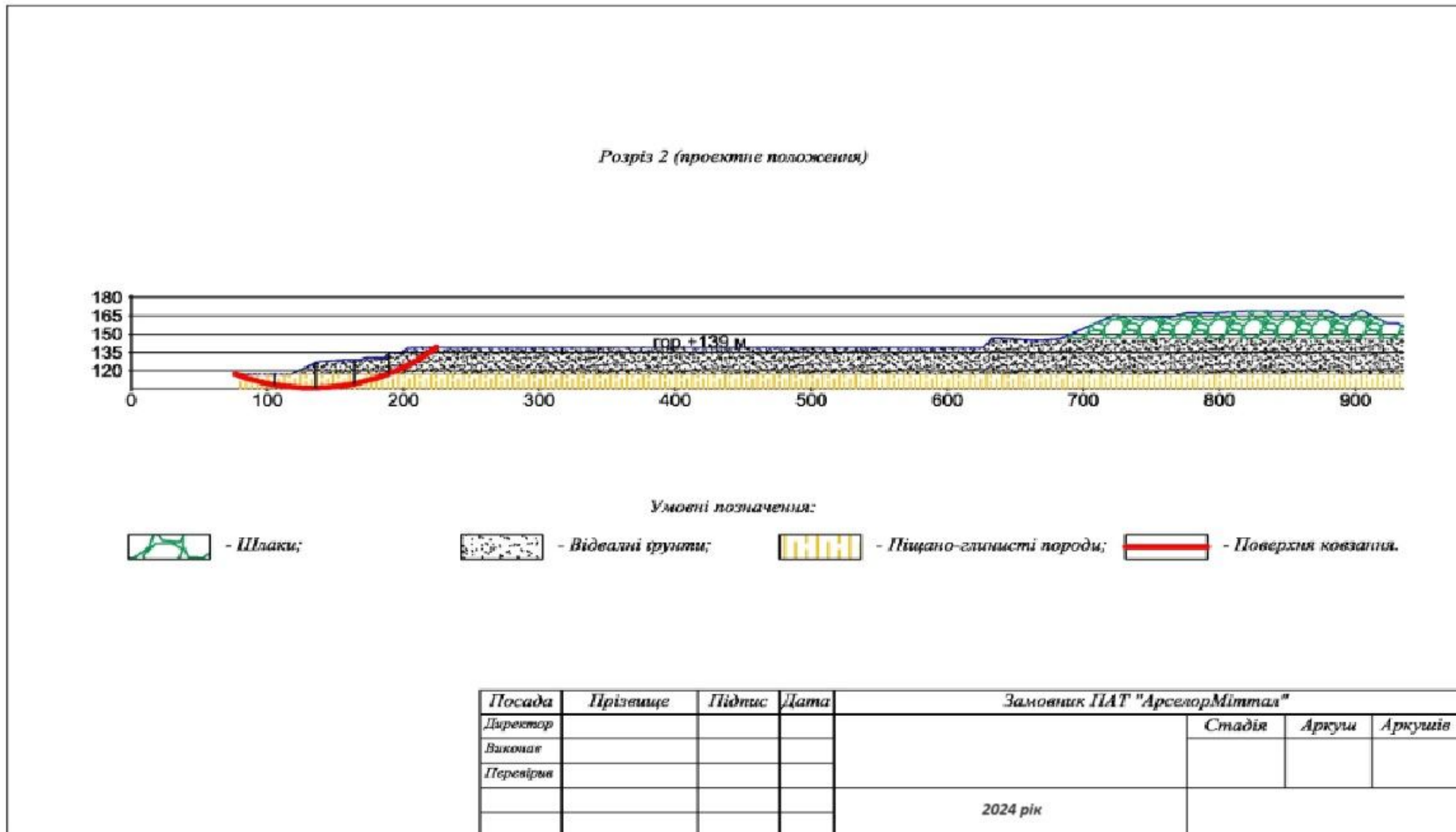
Таблиця 2.3

Розрахунок стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 1 (проектне положення)

№ Блоку	Об'єм, м.куб.	Довжина дуги сковзання, м	Нахил дуги, град	Об'ємна вага, Н/м.куб	Кут внутрішнього тертя, град	Зчеплення, МПа	Сили утримуючі, Н	Сили зсувні, Н
1	508	39	30	24000	16	0.036	4431625	7416000
2	860	38	22	24000	16	0.036	6855468	7731880
3	1674	45	15	22500	14	0.024	10150951	9748419
4	1393	42	6	21600	14	0.024	8468884	3145136
5	1195	41	6	21300	14	0.024	7295524	0
6	483	50	15	20400	14	0.024	3573038	0
У цілому по поверхні:							40775490	28041435
Коефіцієнт запасу стійкості			1.45					



2.16. Схема до розрахунку стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 2 (фактичне положення)



2.17. Схема до розрахунку стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 2 (проектне положення)

Таблиця 2.4

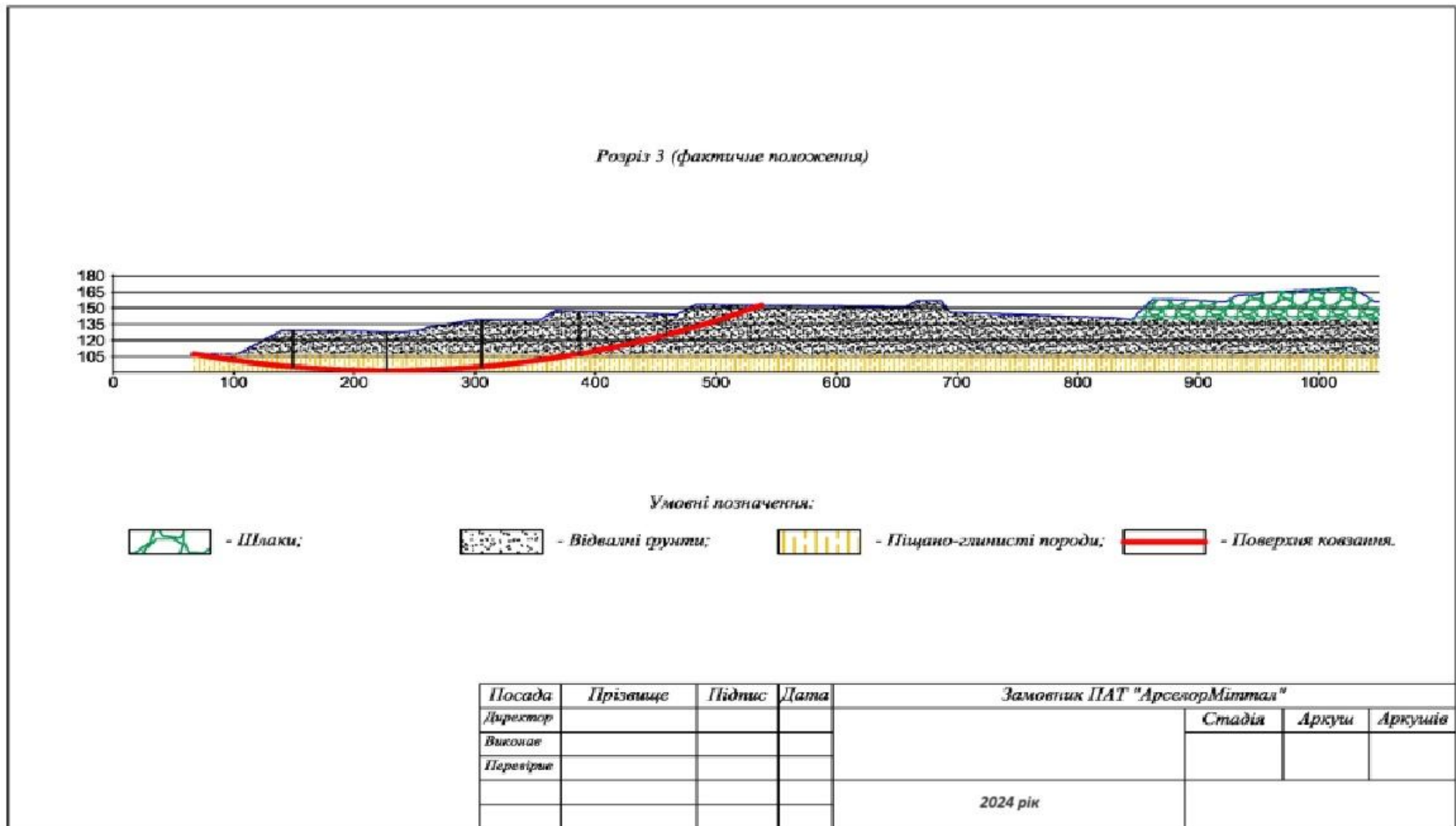
Розрахунок стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 2 (фактичне положення)

№ Блоку	Об'єм, м.куб.	Довжина дуги сковзання, м	Нахил дуги, град	Об'ємна вага, Н/м.куб	Кут внутрішнього тертя, град	Зчеплення, МПа	Сили утримуючі, Н	Сили зсувні, Н
1	996	57	28	24000	16	0.036	8104042	11560268
2	1557	46	21	24000	16	0.036	11659409	13391494
3	1505	41	13	22500	14	0.024	9210479	7617405
4	1186	44	6	21300	14	0.024	7319970	2640577
5	833	41	6	20400	14	0.024	5197690	0
6	206	44	13	18000	14	0.024	1956867	0
У цілому по поверхні:							43448459	35209744
Коефіцієнт запасу стійкості			1.23					

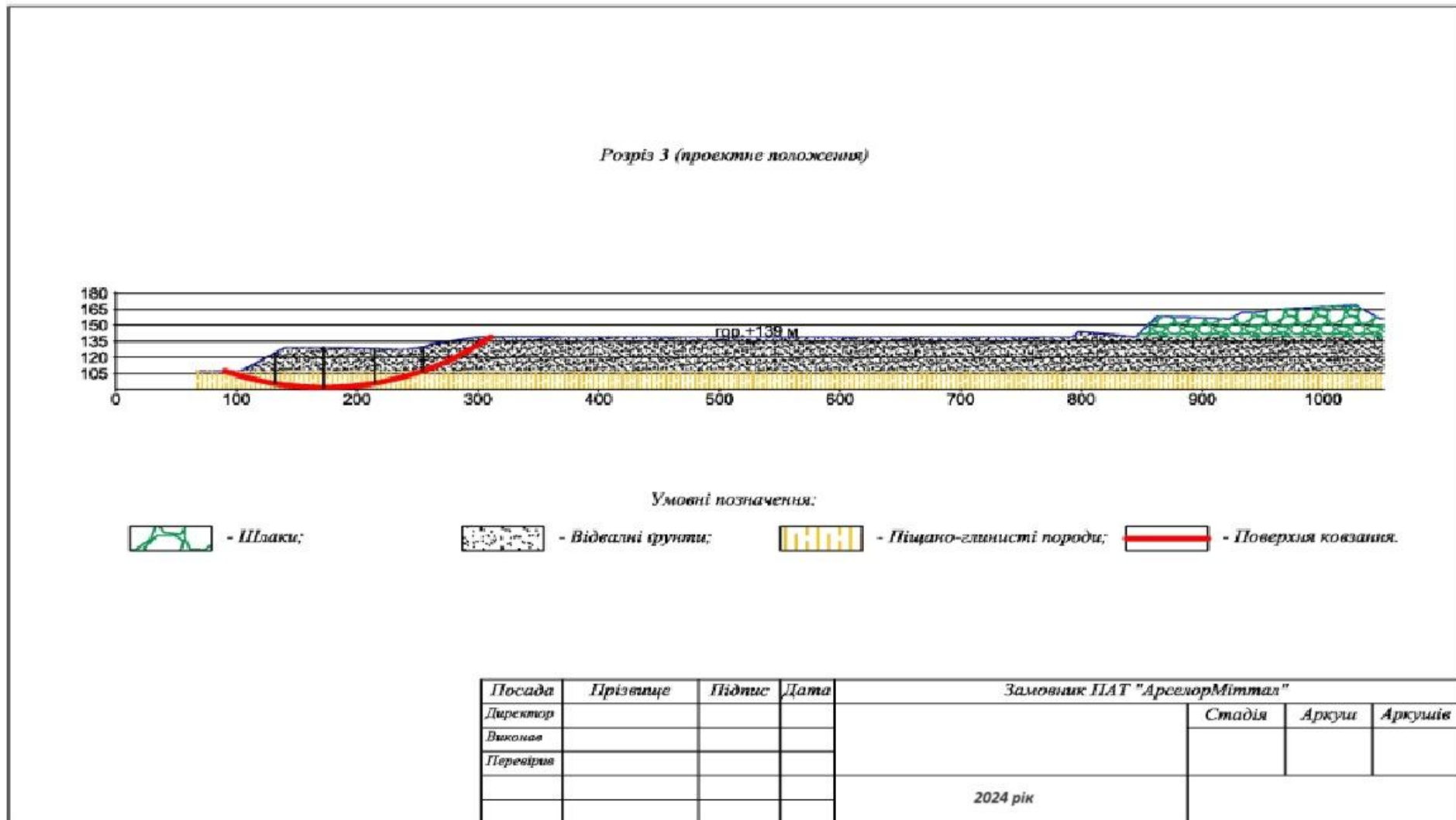
Таблиця 2.5

Розрахунок стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 2 (проектне положення)

№ Блоку	Об'єм, м.куб.	Довжина дуги сковзання, м	Нахил дуги, град	Об'ємна вага, Н/м.куб	Кут внутрішнього тертя, град	Зчеплення, МПа	Сили утримуючі, Н	Сили зсувні, Н
1	452	42	32	24000	16	0.036	4149950	5748564
2	536	26	19	22500	14	0.024	3467076	3926352
3	709	29	6	20400	14	0.024	4282425	1511858
4	398	30	5	19200	14	0.024	2618025	0
5	139	30	18	18000	14	0.024	1313332	0
У цілому по поверхні:							15830808	11186774
Коефіцієнт запасу стійкості			1.42					



2.18. Схема до розрахунку стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 3 (фактичне положення)



2.19. Схема до розрахунку стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 3 (проектне положення)

Таблиця 2.6

Розрахунок стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 3 (фактичне положення)

№ Блоку	Об'єм, м.куб.	Довжина дуги сковзання, м	Нахил дуги, град	Об'ємна вага, Н/м.куб	Кут внутрішнього тертя, град	Зчеплення, МПа	Сили утримуючі, Н	Сили зсувні, Н
1	1441	82	22	24000	16	0.036	12146699	38578485
2	2546	72	17	24000	16	0.036	19347693	17865081
3	3622	80	10	22200	14	0.024	21663491	13962772
4	3137	77	4	21900	14	0.024	18935183	4792291
5	2772	76	4	21300	14	0.024	16509382	0
6	1132	80	10	20700	14	0.024	7673654	0
У цілому по поверхні:							96276102	75198629
Коефіцієнт запасу стійкості			1.28					

Таблиця 2.7

Розрахунок стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал» по розрізу 3 (проектне положення)

№ Блоку	Об'єм, м.куб.	Довжина дуги сковзання, м	Нахил дуги, град	Об'ємна вага, Н/м.куб	Кут внутрішнього тертя, град	Зчеплення, МПа	Сили утримуючі, Н	Сили зсувні, Н
1	885	62	32	24000	16	0.036	7397013	12527291
2	1187	40	18	22200	14	0.024	7208576	8143030
3	1587	40	6	21000	14	0.024	9223835	3483620
4	1422	38	6	21300	14	0.024	8422441	0
5	525	42	18	20700	14	0.024	3585016	0
У цілому по поверхні:							35836882	24153942
Коефіцієнт запасу стійкості			1.50					

Розрахунок стійкості бортів та ярусів відвалу ПАТ «АрселорМіттал»
методом алгебраїчного складання сил з урахуванням геологічного залягання
порід

№ Розрізу	Положення гірничих робіт	Горизонт, м	Висота, м	Кут нахилу, °	Коефіцієнт запасу стійкості
1	фактичне	+144...+106	38	9	1,27
	проектне	+139...+106	33	9	1,45
2	фактичне	+160...+117	43	12	1,23
	проектне	+139...+117	22	14	1,42
3	фактичне	+150...+107	43	9	1,28
	проектне	+139...+107	32	9	1,50

ВИСНОВКИ

Основні результати виконаних досліджень полягають у наступному:

1. Виконано збір, аналіз та систематизацію наявної інженерно-геологічної та інженерно-технічної інформації щодо умов складування розкривних порід в відвал «Дальній» ПАТ «АрселорМіталл Кривий Ріг».

2. Обґрунтовано вибір розрахункових методів та схем для проведення геомеханічних розрахунків стійкості бортів та ярусів відвалу «Дальній».

3. Проведено геомеханічні розрахунки стійкості бортів та ярусів відвалу «Дальній» в фактичному та проектному положенні (з урахуванням відвантаження скельних розкривних порід) з використанням методу скінченних елементів та методу алгебраїчного додавання сил, за результатами яких отриманні значення коефіцієнту запасу стійкості $K_{ЗС} = 1,21-1,28$ та $K_{ЗС} = 1,23-1,28$ для фактичного положення гірничих робіт, отримані коефіцієнти запасу стійкості не відповідають нормативним вимогам.

4. За результатами аналізу інженерно-геологічної та інженерно-технічної інформації розроблено рекомендований контур відвалу «Дальній», з урахуванням зниження навантаження по ярусу +157 м загальним об'ємом 2,3 млн. м³.

5. Проведено геомеханічні розрахунки стійкості бортів та ярусів відвалу «Дальній» в положенні (з урахуванням відвантаження скельних розкривних порід) з використанням методу скінченних елементів та графо-аналітичних методів, за результатами яких отриманні значення коефіцієнту $K_{ЗС} = 1,42-1,50$ та $K_{ЗС} = 1,42-1,46$, отримані значення коефіцієнту запасу стійкості не нижче нормативних.

6. За результатами проведених розрахунків можна зробити висновок, щодо необхідності виконання робіт по розбірці частини відвалу «Дальній» для підвищення ступеня стійкості відвалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ахкозов Ю.Л. Неотектоническая активизация земной коры и некоторые проблемы горнорудной промышленности Криворожского бассейна./ Ю.Л. Ахкозов, Ю.П.Мечников // Геолого-мінералогічний вісник. – 2002, №1, с.62-71.
2. Белевцев Я.Н. Геология Криворожских железорудных месторождений./ [Я.Н. Белевцев, Г.В. Тахтуев, А.И. Стрыгин и др.] // -К.: изд. АН УССР. – 1962. – т.1-2 - 564с.
3. Гроздинський М.Д. Стійкість гідросистем до антропогенних навантажень./ М.Д. Гроздинський. – К.: Лікей, 1995. – 233с.
4. Миненко Р.В. Исследование глубинного строения южной части Криворожского синклиория методами гравиметрии/ Р.В. Миненко, П.А. Миненко, Ю.П. Мечников// Наук. вісник НГУ Дніпропетровськ 2009 - №2,. - С.60-64.
5. Миленина Татьяна. «Золотая» вода Кривбасса// Зеркало недели. - 2001- №42 (26 окт.)
6. Орлинская О.В. Модель физико-химических преобразований в Левобережных отвалах ЮГОКа / О.В. Орлинская, О.А.Терешкова, А.А.Алексеев //Наук. вісн. НГУ – 2005.-№9. –с.94-102.
7. Денисов. А.И. Самарский Р.И. Бондарук А.Г. Курочкин П.Е. Отчет о результатах стационарных геолого-динамических исследований в пределах планшетов L-36-IV и N-36-XXXIV. Фонди Криворізької КГП, м. Кривий Ріг 1975г.
8. Захаров В.В. та ін. «Геологическое строение, полезные ископаемые и геозкологическая обстановка Криворожского бассейна». Отчет о результатах геологического доизучения площадей масштаба 1:200 000 листов М-36-XXXIV и L-36-IV за 1991-98 гг. Фонди Криворізької КГП, м. Кривий Ріг, 1998 р.

9. Ключев Н.Г. и др. Отчет Владимиро-Верховцевской партии, 1971г.
Фонд ДГЕ Дніпрогеофізика.