

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА

Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Грома Олеся Володимирівна

(ПІБ)

академічної групи 184М-173-5

(шифр)

спеціальності 184 «Гірництво»

(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою «Будівельні геотехнології і геомеханіка»

(офіційна назва)

на тему Математичне моделювання квазістатичного процесу послідовного проведення виробки в небезпечній зоні тектонічного порушення «Богданівський скид»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Гапеев С.М.			
розділів:				
Розділ 1	Гапеев С.М.			
Розділ 2	Гапеев С.М.			
Розділ 3	Вигодін М.О.			
Рецензент	Сдвижкова О.О.			
Нормоконтролер	Максимова Є.О.			

Дніпро
2018

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
будівництва, геотехніки і геомеханіки

_____ Гапєєв С.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра**

студенту(ці) Грома О.В. академічної групи 184М-173-5
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 184 «Гірництво»

спеціалізації «Будівельні геотехнології і геомеханіка»

за освітньо-професійною програмою _____

(офіційна назва)

на тему Математичне моделювання квазістатичного процесу послідовного проведення виробки в небезпечній зоні тектонічного порушення «Богданівський скид» _____, затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 04.12.2018 р. №2062-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Загальні відомості	01.11.18.
Розділ 2	Комп'ютерне моделювання проведення дренажного квершлягу шахти «Самарська» в небезпечній зоні тектонічними порушення «Богданівським скидом»	01.12.18
Розділ 3	Економічне обґрунтування	15.12.18

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Гапєєв С.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 03.09.2018 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Грома О. В.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 90 сторінок, 33 малюнків, 11 джерел.

Перехід Богданівського скиду дренажним квершлагом пл. С₁₀^В шахти «Самарська» є пріоритетним проектом ШУ «Тернівське».

Проведення дренажного квершлягу пов'язане з 3-ма основними групами ризиків: геодинамічними; гідрогеологічними та газодинамічними.

Після проведення виробничими планами ведення гірських робіт запланована експлуатація квершлягу протягом 15 років. Підтримка виробки здійснюватиметься також в небезпечній зоні, що може бути пов'язана з ризиком втрати стійкості квершлягу і витрат на проведення екстрених ремонтних робіт.

Основними рішеннями, які розроблені в ході виконання роботи: виконано аналіз вихідних даних про гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах проведення дренажних квершлягу; зроблено моделювання спільної роботи тріщинуватості породного масиву з рамно-анкерним кріпленням (сталеполімерних анкерів і кріплення КШПУ 14,4) з урахуванням шару тампонажу, а також ін'єкційних анкерів «ІРМА»; обґрунтовано паспорта кріплення на різних ділянках перетину Богданівського скиду виробкою; розрахунок економічного ефекту від використання результатів досліджень.

Ключові слова: анкерная система, напружено-деформований стан, математичне моделювання, стійкість гірничих виробок.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ЗМІСТ.....	4
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ І ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	8
1.1. Відомості про гірничо-геологічної та гірничотехнічної умови шахти «Самарська».....	8
1.2. Загальні відомості про виробку.....	9
1.3. Геологічна характеристика небезпечної зони	10
1.4. Межі небезпечної зони	12
1.5. Вплив тектонічних умов на формування скупчень метану.....	13
1.6. Попередні висновки метановиділення на ділянці переходу Богданівського скиду.....	17
1.7. Особливості розривної малоамплітудної порушеності досліджуваного об'єкта	19
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	23
РОЗДІЛ 2 КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОВЕДЕННЯ ДРЕНАЖНОГО КВЕРШЛАГУ ШАХТИ «САМАРСЬКА» В НЕБЕЗПЕЧНІЙ ЗОНІ ТЕКТОНІЧНИМИ ПОРУШЕННЯ ««БОГДАНІВСЬКИМ СКИДОМ»».....	24
2.1. Методика виконання чисельного моделювання.....	25
2.2. Оцінка стану порід навколо виробки і зусиль в елементах кріплення при входженні вибою виробки в зони різної структурної порушеності	35
2.2.1. Оцінка стану породного масиву і кріплення в Зоні І.....	35
2.2.2. Оцінка стану породного масиву і кріплення в Зоні ІІ.....	40
2.2.3. Оцінка стану породного масиву і кріплення в Зоні ІІІ, ПК100 + 9м - ПК119 + 3м).....	53
2.2.4. У зонах ІV і V на виході з області впливу скиду з небезпечної зони геомеханічна ситуація і паспорт кріплення будуть аналогічні розглянутим вище зонам ІІ і І.....	57
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	59
РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	62
3.1. Кошторисна документація проекту і технічні параметри об'єкту будівництва.....	62
3.2 Визначення тривалості проходки виробок. Зведений графік організації робіт.....	65

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	69
ДОДАТКИ	71
Локальний кошторис.....	72
Відомість ресурсів.....	83
Договірна ціна.....	90

ВСТУП

Об'єктом досліджень є гірничавиробки шахти, що проводяться в небезпечній зоні тектонічного порушення «Богданівський скид». Предмет досліджень - напружено-деформований стан (НДС) геомеханічної системи рамно-анкерного кріплення і породного масиву з урахуванням торкретування закріпного простору і інекціювання тріщинуватих порід масиву полімерною смолою.

Метою виконання роботи є математичне моделювання квазістатичного процесу послідовного проведення виробки в небезпечній зоні тектонічного порушення «Богданівський скид».

У 1 розділі викладено стан проблеми, її короткий аналіз і актуальність, конкретизовано завдання на кваліфікаційну роботу.

У дослідницькій частині виконана послідовність робіт:

– проведено аналіз вихідних даних про гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах проведення дренажних квершлагу пл. С₁₀^В шахти «Самарська» в небезпечній зоні Богданівської скиду;

– виконано моделювання спільної роботи тріщинуватості породного масиву з рамно-анкерним кріпленням (сталеполімерних анкерів і кріплення КШПУ 14,4) з урахуванням шару тампонажу, а також ін'єкційних анкерів «ІРМА»;

Наукова новизна отриманих результатів:

– Виконано чисельне моделювання спільної роботи рамно-анкерного кріплення і породного масиву з урахуванням торкретування закріпного простору і інекціювання тріщинуватих порід масиву полімерною смолою.

– Обґрунтовано паспорту кріплення на різних ділянках перетину Богданівської скидання виробкою;

- Зроблено оцінка стану порід навколо виробки і визначені зусилля в елементах кріплення при входженні вибою виробки в зони різної структурної порушеності породного масиву.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану приконтурного масиву при установці рамно-анкерного кріплення і породного масиву з урахуванням торкретування закріпного простору.

Практичне значення отриманих залежностей полягає в створення рекомендацій для обґрунтування параметрів ресурсозберігаючого виду кріплення при забезпеченні стійкості капітальних гірничих виробок.

Отримані результати, після проведення натурних досліджень, можуть бути впроваджені в методику розрахунку параметрів кріплення для підвищення стійкості капітальних гірничих виробок при перетині геологічних порушень.

Особистий внесок автора полягає у формулюванні наукової мети і завдання, ідеї роботи і висновків, в розробці методики досліджень, математичної моделі, в аналізі результатів теоретичних досліджень і виконаній магістерської роботи.

Структура і обсяг роботи. Робота складається з реферату, змісту, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 11 найменувань. Вона містить 33 рисунка 6 таблиці. Загальний обсяг роботи становить 90 сторінок.

РОЗДІЛ І

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1. Загальні відомості про гірничо-геологічної та гірничотехнічної умови шахти «Самарська»

Шахтне поле характеризується в основному моноклінальним заляганням осадової товщі карбону з падінням порід в північному та північно-східному напрямках під кутом 3-4°, збільшується у зон тектонічних порушень до 7-10°, простягання яких північно-західне.

Спокійне і полого залягання осадової товщі ускладнюється низкою великих і дрібніших діз'юнктивних порушень типу «скид». Серед них слід відзначити більші: Богдановський, Богуславський, Південно-Тернівський скиди з амплітудою зміщення $H =$ від 10 до 340м.

Загалом тектонічні порушення шахтного поля має незначний розвиток тріщинуватості. Коефіцієнт порушеності по пластах $K_{c4} = 0,02$, $K_{c1} = 0,036$.

Вугільні пласти ділянки шахти приурочені до відкладів «Самарської» свити потужністю 225 м. Товща порід, що містить робочі вугільні пласти, укладена між світним вапняком C_1 і вугільним пластом C_H^8 . У межах шахтного поля розробці підлягають 8 робочих пластів потужністю 0,45 м і вище: C_8 ; C_7^7 ; C_6 ; C_5 ; C_4^2 ; C_4^1 ; C_4 ; C_1 . За витриманості пласти відносяться до відносно витриманим. До невитриманою відноситься пласт C_4^1 . За потужністю пласти відносяться до тонким і дуже тонким, характеризуються простим і складним будовою. Характерним є наявність майже по всім верствам зон розмиву, а також простежено розщеплення, що значно ускладнює ведення очисних робіт. У розрізі вугленосної товщі міститься цілий ряд вугільних прошарків.

Вуглевмісні породи представлені перешаровуватою товщею аргілітів, алевролітів, пісковиків і вапняків. Вміщають вугільні пласти породи: щільні аргіліти і алевроліти, рідше – слабо тріщинуваті пісковики різної щільності, схильні до обвалення, з межею міцності 120-300 кг/см².

У більшості випадків виробки шахти «Самарська» обводнені. В очисних та підготовчих вибоях знаходження води спостерігається у вигляді безперервного протікання і напірних струменів, а також просочування з підшви. Фактичний потік води - 426 м³/год.

Гірничотехнічні умови відпрацювання запасів.

Шахтне поле поділене на шість блоків, для відпрацювання пластів С₁, С₄ і С₅, розтин блоків - вентиляційними стволами і квершлагами від магістральних штреків горизонту 200 м, 250 м.

Схема підготовки шахтного поля - Погоризонтний. Система розробки - довгі стовпи по повстанню здвоєними і одинарними лавами. Довжина виїмкових стовпів 600 - 2000 м. Довжина очисного забою 150-180 м. Спосіб управління покрівлею - повне обвалення.

Виїмкові штреки конвеєрні та вентиляційні, слідом за переміщенням лав погашаються (за винятком повторно використовуваних штреків).

Проведення підготовчих вибоїв виконується комбайнами ГПКС, КСП-32 виробки закріплюються рамним і рамно-анкерним кріпленням.

1.2. Загальні відомості про виробку

Відповідно до довгострокової стратегії розвитку ШУ ТЕРНІВСЬКЕ з метою збільшення промислових запасів шахти «Самарська» і поліпшення економічних показників передбачено перерозподіл запасів пласта С₁₀^В блоку №2 між шахтою «Західно-Донбаська» і шахтою «Самарська». Виробничими планами ведення гірських робіт заплановано проведення і експлуатація квершлягу протягом 15 років. При цьому підтримка виробки здійснюватиметься також в небезпечній зоні, пов'язаною зі скиданням, що може бути пов'язана з ризиком втрати стійкості квершлягу і витрат на проведення екстрених ремонтних робіт.

Дренажний квершлаг пл. С10 засікся на ПК68 + 3м вентиляційного квершлягу №2 блоку №3. Кріплення виробки проводиться рамно - анкерним кріпленням. Рамне кріплення представлена КШПУ-14,4, з кроком установки рам

кріплення 0,8м. Анкерне кріплення являє собою систему анкерних рядів з кроком установки 0,8 м. Анкерний ряд представлений сімома сталеполімерними анкерами діаметром 22мм і довжиною 2,4 м, а також двома бічним анкерами довжиною 1,5м. Відстань між анкерами в анкерних рядах 0,75м. Затягування простору: покрівля та борта вироблення - металева сітка -затяжка.

1.3. Геологічна характеристика небезпечної зони

Алефіровській і Богдановській скиди мають вихід під покривні відкладення, які обводнені, а так як дзеркала це роздроблені і тріщинуваті породи, то вони є водопровідниками.

Приплив води з водоносних горизонтів для Алефіровського скидання може скласти: Дані по свердловині №3221

Потужність четвертинних відкладень представлених суглинком становить – 40 м, неогенових представлених піском складає-27,5 м, київсько-харківських представлених пісковик - 12,25 м, Буцацького представлених піском - 25,75 м.

$$Q = 27,5 * 0,73 \text{ м}^3/\text{год} + 12,25 * 0,5 \text{ м}^3/\text{год} + 25,75 * 0,94 \text{ м}^3/\text{год} = 50 \text{ м}^3/\text{год}$$

Можливий водоприток по змішувача Алефіровського скиду може скласти до 50 м³/год.

Приплив води з водоносних горизонтів для Богданівського скиду може скласти: Дані по свердловині №6710

Потужність четвертинних відкладень представлених суглинком становить – 41 м, неогенових представлених піском складає-43 м, київсько-харківських представлених пісковик – 15 м.

$$Q = 43 * 0,73 \text{ м}^3/\text{год} + 15 * 0,5 \text{ м}^3/\text{год} = 39 \text{ м}^3/\text{год}$$

Можливий водоприток по змішувача Богданівської скидання може скласти до 39 м³/год.

Поле шахти «Самарська» розташоване на північно-східному схилі Українського кристалічного масиву, простягається вздовж південно-західного борту Дніпровсько-Донецької западини. В цілому поле шахти характеризується спо-

кйним моноклінальним заляганням осадової товщі карбону з падінням порід в північному та північно-східному напрямках під кутом 2-4°, полого залягання осадової товщі порід ускладнюється низкою великих і дрібних порушень типу «скидів».

Природна газоносність на ділянці згідно «Геологічного звіту про дорозвідки поля шахти Самарська» в межах поля шахти «Самарська» по пл.С₁ становить від 3,5 до 5,2 м³ / т.г.м, а за Богданівським скидом може бути підвищена, згідно «Геологічного звіту про дорозвідки поля шахти «Західно-Донбаська» природна газоносність в межах поля шахти «Західно-Донбаська» на глибині 200-400м по пл.С₁₀^В коливається від 8,9 до 13,8 м³/т.г.м.

Богданівський скид розкритий:

- на полі шахти «Самарська» 9 свердловинами на глибині 127-430м. Простягання Богданівського скиду північно-західне, що збігається з простягання товщі ніжнекарбонівих порід. Азимут простягання дзеркала ковзання -340°. Кут падіння дзеркала ковзання - 45° - 60°. Амплітуда зміщення від 35 до 320 м. Ширина порушених зон поблизу порушення досягає 85 м. Представлена вона аргиллітами, алевролітами, пісковиками, які мають порушену структуру, розбиті тріщинами різного напрямку, сильно перем'яті або подрібнені з дзеркалами ковзання.

- на полі шахти «Західно-Донбаська» 23 свердловинами на глибині 120-640 м, на протязі 11 км з одним і подвійних підсічень дзеркала ковзання. Простягання Богданівського скиду північно-західне з невеликими відхиленнями, падіння площині дзеркала ковзання північно-східне під кутом 40-55°. Амплітуда вертикального зсуву порід по скиданню в межах поля змінюється від 185 до 345 м. Потужність зони порушених порід становить до 20 м. Представлена аргиллітами, алевролітами, пісковиками, які мають порушену структуру, розбиті тріщинами різного напрямку, сильно перем'яті або подрібнені з дзеркалами ковзання.

Богданівський скид перетинався при проведенні відкатувального квершлягу пл.С₁₀^В з боку шахти «Самарська» в листопаді 2015р. Згідно «Проекту

встановлення кордону безпечного ведення гірничих робіт по пласту $C_1 + C_1^H$ тектонічного порушення з амплітудою зміщення $H = 15-35$ м кут падіння 75° (Алефіровській скид) і у тектонічного порушення з амплітудою зміщення $H=35-320$ м кут падіння $45-60^\circ$ (Богданівський скид)», затвердженого технічним директором ВАТ«Павлоградвугілля» 02.02.2011г, можливий водоприток по дзеркалу ковзання Богданівського скиду може скласти до $56\text{м}^3/\text{год}$, за фактом при проведенні відкатувального квершлягу пл. C_{10}^B під час буріння випереджаючої свердловини приплив з дзеркала ковзання склав $0,254\text{м}^3/\text{год}$. При проведенні відкатувального квершлягу пл. C_{10}^B обвалень порід покрівлі зафіксовано не було. Ширина перетину скиду склала 12м.

Згідно діючих інструкцій при переході гірничими роботами через Алефіровській і Богданівський скиди встановлюємо небезпечні зони по прориву води і по обваленню порід покрівлі. З огляду на можливу обводненість скидів і схильність порід в зонах підвищеної тріщинуватості до раптових вивалів породи, для виробок підходять до Алефіровському та Богданівської скидів необхідно встановити кордону безпечного ведення гірничих робіт.

1.4. Межі небезпечної зони

Найімовірніше значення кута нахилу скиду за результатами випробування в 23-х свердловинах складе $47^\circ \pm 1,2^\circ$.

Найімовірніше значення потужності зони перем'ятих порід становить 9 м. Середня квадратична похибка результату вимірювань становить 1,2 м. Таким чином, значення потужності зони порушених порід за результатами випробування в 23-х свердловинах з ймовірністю 63,8% складе $9 \pm 1,2$ м; з ймовірністю 95,5% потужність зони порушених порід складе $9 \pm 2,4$ м, тобто буде змінюватися в інтервалі $3,5 \div 8,3$ м; з ймовірністю 99,7% ($\approx 100\%$). Потужність зони порушених порід складе $9 \pm 3,6$ м, тобто буде змінюватися в інтервалі $5,4 \div 12,6$ м.

Відкаточний квершлаг пласта C_{10}^B проводився з піднятого крила Богданівського скиду на опущений. При цьому порушена зона повинна проявитися

спочатку в покрівлі виробки. Очікувана ширина порушеної зони з урахуванням перетину вироблення, з ймовірністю 99,7% складе до 18,6 м.

Кордон небезпечної зони складатиметься з ширини порушеної зони вздовж осі відкатувального квершлагу і потрійною помилки зустрічі відкатувальним квершлагом пл.С₁₀^В дзеркала ковзання Богданівського скиду, тобто:

$$18,6 \text{ м} + 3 \cdot 10,8 \text{ м} = 51 \text{ м}.$$

Таким чином, заходи щодо безпечного перетину порушеної зони Богданівського скиду повинні початися на відстані 51м до точки зустрічі виробки зі дзеркалом ковзання, яка визначається маркшейдерської службою шахти.

Виходячи з попереднього розрахунку приймаємо такі параметри межі небезпечної зони:

Для безпечного ведення робіт по перетинанню Богданівського скиду з амплітудою зміщення $H = 267\text{м}$, кутом падіння 50° дренажним квершлагом пл. С₁₀^В проектна траса вироблення розділена на п'ять умовних зон:

1. 30-ти метрова зона до кордону безпечного ведення гірських робіт (ПК94 - ПК97);
2. В межах кордонів безпечного ведення робіт (ПК97 - ПК100 + 9м);
3. В зоні скиду (ПК100 + 9м - ПК119 + 3 м);
4. В межах кордонів безпечного ведення робіт (ПК119 + 3м - ПК123 + 2м);
5. 30-ти метрова зона за кордоном безпечного ведення гірських робіт (ПК123 + 2м - ПК126 + 2м).

1.5. Вплив тектонічних умов на формування скупчень метану

Ділянка досліджень розташованій в межах Самарського горсту, в зоні Богданівської скидання, який є одним з найбільших в районі і простежується на відстані близько 50 км. Простягання скидання змінюється з північного в південній частині району на північно-західне - в досліджуваній центральній час-

тині. Амплітуда вертикального зсуву становить 250-350 м і зменшується в західному і північно-східному напрямках. Породи в зоні впливу Богданівської скиду сильно перем'яті, спостерігається велика кількість дзеркал ковзання з кутами падіння від 40 до 70°. Ширина зони перем'ятих порід приблизно 10-20 м.

У межах досліджуваного блоку розвинена ціла система більш дрібних зголосних скидів такого ж простягання, як і Богданівський скидання (наприклад, Богуславський і Південно-Тернівський) і незгодних скидів - Вербське, Алефіровський, Тернівський. Виділено багато дрібних Апофіз, прилеглих до великих скидів під кутами 30°. Малоамплітудні порушення рідко виходять за межі одного вугільного пласта, мають незначну протяжність. Відмінною особливістю порушень є дугоподібне будова площин дзеркала ковзання і наявність структур типу «кінський хвіст», що свідчить про участь в їх утворенні зсувних зусиль.

В роботі [1] на підставі аналізу зміни потужності вугільних відкладень і ступеня метаморфізму на різнойменних крилах розривів, встановлено, що формування скидів Західного Донбасу закінчилося, в основному, в період накопичення опадів; скиди закладені в постніжнепермській період.

Роботами В.Є. Забігайло, А.З. Широкова [2] для Західного Донбасу встановлено регіональне закономірне збільшення метаноносності з глибиною і з південного заходу на північний схід. Авторами показано істотне зміни між діагональними і поздовжніми, по відношенню до простягання порід, скидами. Діагональні скиди характеризуються потужною зоною розвитку перем'ятих порід, яка досягає 50 м. Для поздовжніх характерна досить невелика зона зім'ятих порід (до 5-10 м), і значна їх ущільнення.

Порушення, винесені на побудовані по геолого-геофізичних даних розрізи, приурочені або до місць значної зміни потужності пісковиків підстильної товщі, або по областям їх виклинювання (рис. 1.1).

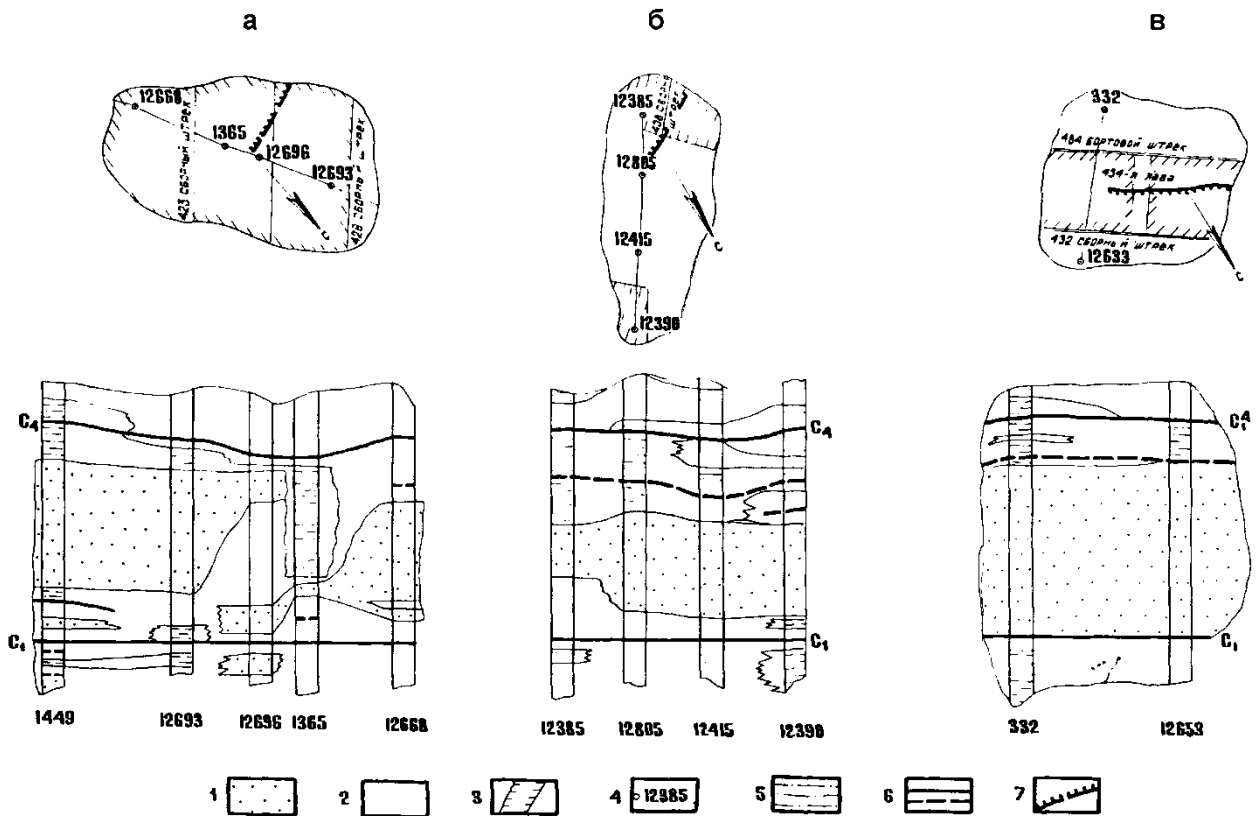


Рисунок 1.1. Зв'язок малоамплітудних скидів у вугільних пластах з літологією міжпласта: а, б - скиди північно-східного простягання; в - скиди північно-західного простягання; 1 - піщаник; 2 - аргиллит; 3 - вироблений простір; 4 - номер свердловини; 5 - алевроліт; 6 - вугільний пласт; 7 - малоамплітудні скиди

Встановлено, що для пластів Західного Донбасу характерна наявність двох типів складок.

Перший тип - це так звані складки ущільнення (або облягання), які утворилися в результаті неоднорідного ущільнення різних літологічних різниць. Такі складки приурочені до ділянок підвищеної песчаності розрізу, вони відрізняються невеликою амплітудою (5-20 м) і складною конфігурацією, невеликий тріщинуватістю. В межах вивчених шахт в стратиграфічному розрізі форми і амплітуди більшості локальних складок, виділені на різних пластах, не збігаються ($r = 0,2$), але амплітуди добре корелюються з коефіцієнтом відносної потужності пісковиків міжпласта ($r = 0,73$).

Другий тип - це складки поздовжнього вигину, які знаходяться в лежачих крилах великих приголосних скидів (рис. 1.2). Ці складки відрізняються вели-

кими амплітудами (до 40 м), чергуванням сінклінальних і антиклінальних структур, підвищеної тріщинуватістю в периклінальних частинах.

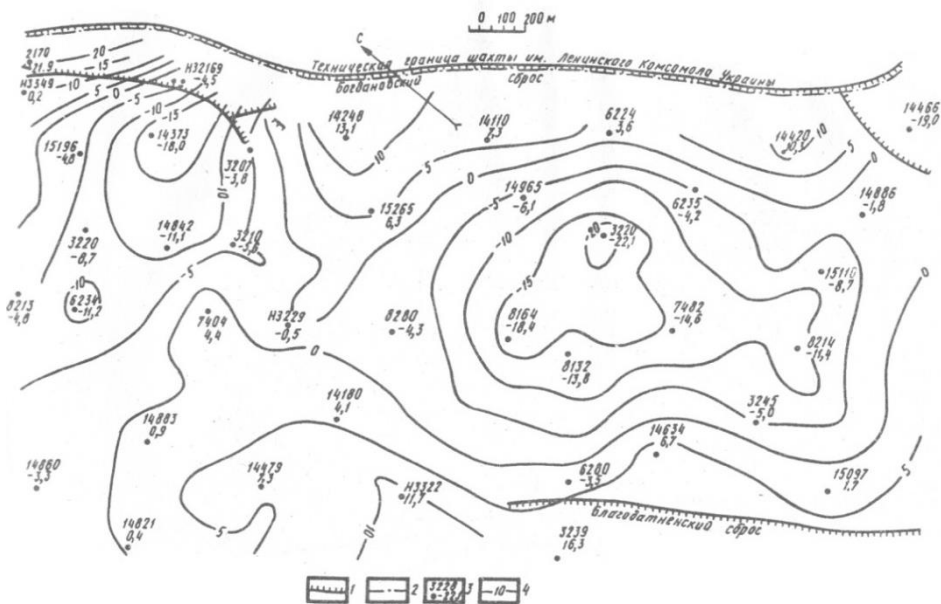


Рисунок 1.2. Карта дрібної складчастості по підшві вугільного пласта С₈^В шахти «Західно-Донбаська»: 1 - розривні порушення; 2 - межі шахтного поля; 3 - скважина, її номер, розраховане значення, 4 - ізолінії дрібної складчастості

Теоретичні дослідження і моделювання скидів [3] показали можливість формування зворотних. Механізм утворення цих порушень представляється в такий спосіб. Поверхня дзеркала ковзання головного скиду зігнута донизу і вирівнюється з глибиною. Зсув по такій поверхні викликає поява кількох зворотних скидів з протилежним нахилом по відношенню до головної дислокації. Такий тип порушень широко відомий в Прип'ятьському прогині та інших структурах.

На цьому етапі Богдановський скид (рис.2.3.) розвивався як підкидання. Саме тому він характеризується невеликою зоною змінання порід (5-20 м) і великим ущільненням, в той час як Таранівський відрізняються більшою (до 40 м) зоною розвитку перем'ятих газопроникних порід. При формуванні порушень в умовах стиснення між скидами утворюються складки.

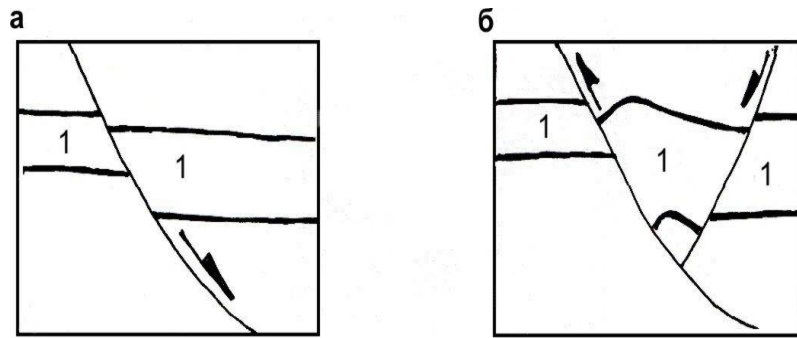


Рисунок 2.3. Механізм формування антїтетїческїх скїдїв: а - утворення Богданївського скїду; б - утворення Таранївського скїду; 1 - вїдкладення нижнього карбону

Запропонований механїзм утворення тектонїчних порушень пїдпїдтверджується даними Ю.М. Халїмендик [4], який на пїдставї результатїв вивчення особливостей складок, дрїбних і дуже дрїбних розривних порушень на шахтах Західного Донбасу встановив: «наявність загинїв пласта при розривних зон, в бїльшостї випадкїв не згодний з напрямком перемїщення крил порушення; уривчастїсть лїнії перетину в межах однїєї порушеної зони; змїна знака зсуву одного і того ж дзеркала ковзання; загасання дїз'юнктивов з глибиною; наявність рїзноспрямованих зсувїв однїєї порушеної зони».

Таким чином, аналіз тектонїчних умов показав, що при наявностї газонепроникних лїнз найбїльш газоносними є антиклинальні складки поздовжнього вигину; менше - антиклїнальні структури ущїльнення і зони розвитку малоамплїтудних розривїв, приуроченї до дїлянок змїни литотипов порїд, якї вїдрїзняються фізико-механїчними властивостями вїдкладень.

1.6. Попереднї висновки метановидїлення на дїлянцї переходу Богданївського скїду

Зважаючи на вїдсутність конкретних даних по дїлянцї можна зробити тїльки попереднї висновки.

Вміст метану в газах порід свити С13 коливається в широких межах від сотих часток до 74,3%, але в середньому залишається значно нижче середнього вмісту метану в прилеглих вугільних пластах. В середньому в вугільних пластах метану в 3-5 разів більше ніж в гірських породах, які залягають між ними. Представлені аргелитами і алевролітами, які залягають безпосередньо в покрівлі або підошві вугільних пластів містять більше метану, ніж ті ж породи міжпластям.

За верхню межу зони метанових газів прийнята поверхню 80% вмісту метану в складі газів вугільних пластів. Вугілля, що залягає нижче цієї поверхні, знаходиться в зоні метанових газів. В середньому в вугільних пластах це відмітка 320 м. Верхня межа зони метанових газів на полях шахт ім. Героїв Космосу та «Західно-Донбаська» проходить уздовж Богданівського скиду. Глибина залягання поверхні зони метанових газів на поле шахти «Західно-Донбаська» становить 150-180 м. У розподілі метану вугільних пластів спостерігається закономірне підвищення метаноносності зі збільшенням глибини залягання, в даному випадку спостерігається підвищення метаноносності вугільних пластів з глибиною на північ від Богданівської скидання.

Найбільша величина метаноносності порід (ш. «Західно-Донбаська») в інтервалі глибин 300-500 м за даними керногазонаборників приблизно дорівнює 1,1 м³/т, максимальний - 2,4 м³/т; вугілля 12-15 м³/т, максимальний - до 25 м³/т.

Богдановський поздовжній скид відноситься до газонепроникним [2], які, як правило, перешкоджають бічній міграції газів в вугленосної товщі. У зонах, прилеглих до тектонічних порушень (розривних і плікативних), створюються сприятливі умови для накопичення вільного метану, тому такі ділянки по результатами попередніх робіт відносяться до зон з підвищеним вмістом метану. На полях шахт ім. Героїв Космосу та «Західно-Донбаська» це смуга на північ уздовж Богданівського скиду. У зонах, де розвинені антиклінальні структури, значення прогнозованої метаноносності в 1,2-1,5 разів більше, ніж на суміжних площах. Міграція можлива тільки на ділянках контакту вугільного пласта з пі-

щаником, який володіє хорошими колекторськими властивостями і знаходиться вгору по підняттю.

Вугленосні відкладення шахти перекриті аргілітами-глинистими відкладеннями, які є екранами на шляху вертикальної міграції газів. На деяких ділянках (зазначалося в південній частині Західного Донбасу), де площини поздовжніх порушень виходять під водоносні горизонти Бучака, вони сприяють деметабізації вугленосної товщі.

Отже, необхідно звернути увагу на будову поверхні вугільного пласта (наявність антиклінальних складок) і літолого-фаціальні тип порід в засбросовій частині порушення. У зоні дзеркала ковзання тріщинуваті ділянки алевроліту і пісковика можуть бути зонами скупчення метану, особливо в невеликих антикліналях поздовжнього вигину, розташованих уздовж північного крила Богданівського скиду. На цих ділянках метаноносні вугілля може збільшуватися до 24-30 м³/т.

1.7. Особливості розривної малоамплітудної порушеності досліджуваного об'єкта

В тектонічному будові Західного Донбасу беруть участь крупно-, середньої та малоамплітудні розривні порушення. Вивченість малоамплітудних порушень недостатня для повного розуміння просторово-кінематичних особливостей і закономірностей їх освіти і вимагає додаткового комплексного дослідження парагенезов тріщинних структур.

За наявними в нашому розпорядженні гіпсометричних планів гірських робіт (табл. 1.1) побудовані троянди-діаграм простягання малоамплітудних розривних порушень [5, 6].

Таблиця 1.1

Характеристика горизонтних планів гірських робіт

№ п/п	Назва шахт	Вугільні пласти	Кількість розривів, шт.
1	Благодатна	c ₅ , c ₇ ^H	48
2	ім. Героїв Космосу	c ₁₀ , c ₁₁ ,	79
3	Павлоградська	c ₅ , c ₆ , c ₇ , c ₈	110
4	Самарська	c ₁ , c ₄ , c ₅	289
5	Тернівська	c ₄ , c ₅ , c ₆ , , c ₈	214
6	Західно-Донбаська	c ₈ ^H , c ₁₀ ^B	132
	РАЗОМ		872

Встановлено, що найбільш чітко проявлені дві системи порушень північно-східній (азимут простягання 40-50°) і північно-західній орієнтування (азимут простягання 290-320°). Перпендикулярні до простягання порід скиди першої із зазначених орієнтувань найбільш контрастно виражені в межах території шахт Павлоградської, Тернівської, Самарської (висячий крило Богданівського скиду північно-східного крутого падіння). Скиди північно-західного простягання мають повсюдне поширення. Найбільш порушені ділянки шахт Павлоградська, Самарська і Західно-Донбаська.

Решта системи порушень менш поширені.

Однак специфічність зсувного малюнка, трасування пов'язаних відколів Риделя R1 і R2, а також Р і Y- відколів, тріщин розтягнення Т і структур стиснення F, дозволила Н.А. Дьяченко реконструювати становище осей головних нормальних напруг і реконструювати напрямок зрушення по розривах різних кінематичних груп (рис.2.4).

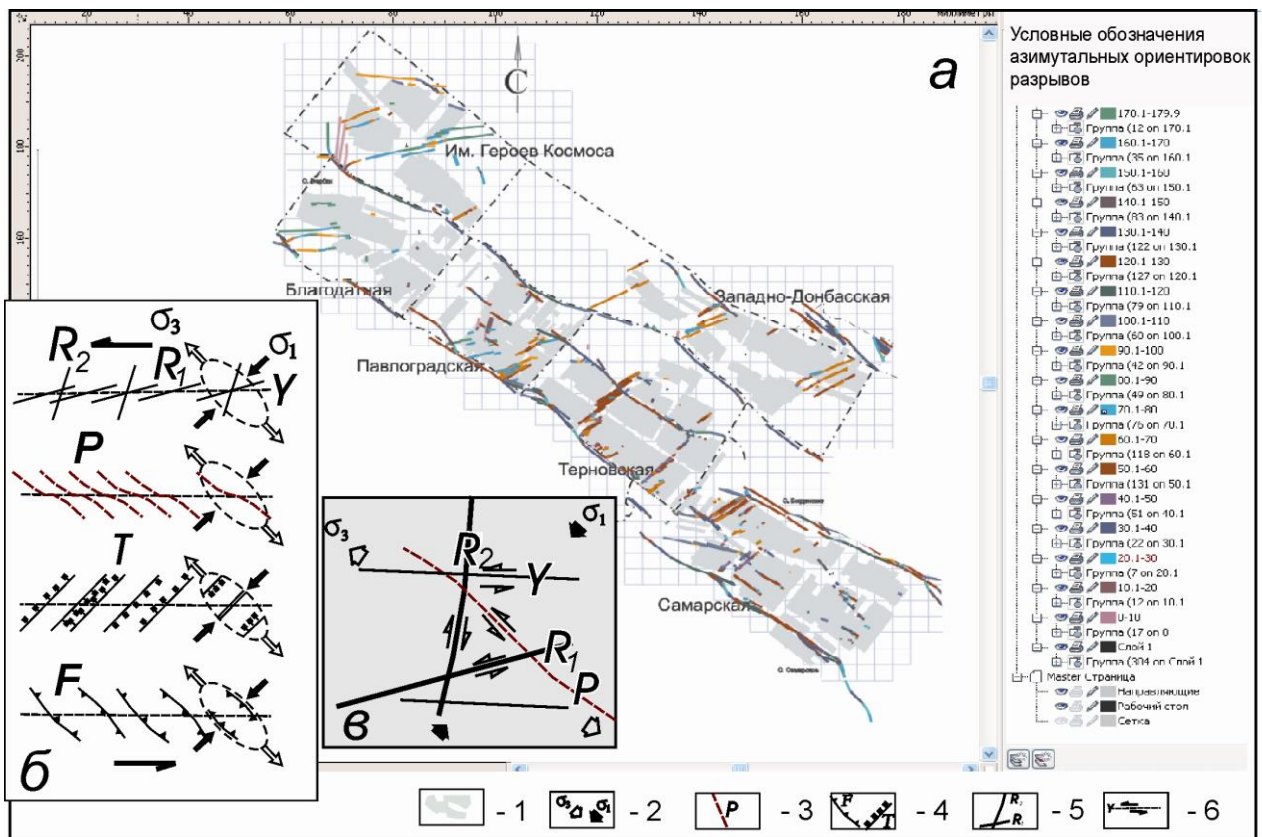


Рисунок 2.4. Візуалізація оцінки азимутальних напрямків розривів методом діапазонної фільтрації (а), доповнена структурною схемою орієнтувань порушень сдвигового генезису в контурі лівосдвигової зони широтного простягання (б) і структурно-кінематичною схемою реконструкції полів напружень σ_1 - σ_3 з деталізацією напрямку зсуву по зрушень (в):

У межах аналізованої території контрастно простежується зсувний структурний парагенез:

- порушення з азимутом простягання $70-80^\circ$ ($250-260^\circ$) - R1-відколи Риделя (синтетичні ліві зрушення);
- порушення з азимутом простягання $10-20^\circ$ ($190-200^\circ$) - ріделевські відколи R2 (антитетическіх праві зрушення);

- порушення з азимутом простягання $110-130^{\circ}$ ($290-310^{\circ}$) - вторинні синтетичні ліві зрушення (P-відколи).

- порушення з азимутом простягання $85-95^{\circ}$ ($265-275^{\circ}$) - розриви, паралельні основній зоні зсуву - вторинні синтетичні зрушення (Y);

- порушення з азимутом простягання $40-50^{\circ}$ ($220-230^{\circ}$) - трещіни розтягування (T), скиди;

- порушення з азимутом простягання $130-140^{\circ}$ ($310-320^{\circ}$) представлені осьовими поверхнями складок поперечного стиснення (F), простягання довгих осей яких паралельно простягання дзеркала ковзання скидів.

З рис. 2.4 випливає, що за наявними даними на пластах C_1 і C_4 шахти «Самарська», C_8^H і C_{10}^B шахти «Західно-Донбаська» найбільш чітко виділяються північно-східні зони малоамплітудних розривів. Ці зони пов'язані з альпійськими рухами і активізовані в даний час. Тому вони можуть чинити негативний вплив на гірські роботи.

При переході Богданівського скиду необхідно звернути увагу на будову поверхні вугільного пласта (наявність антиклінальних складок) і літолого-фаціальні типи Зміни в порядку порід. У зоні дзеркала ковзання тріщинуваті ділянки алевроліту і пісковика можуть бути зонами скупчення метану, особливо в невеликих антикліналях поздовжнього вигину, розташованих уздовж північного крила Богданівського скиду. На цих ділянках метаноносності вугілля може збільшуватися до $24-30 \text{ м}^3/\text{т}$.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Заходи щодо безпечного перетину порушеної зони Богданівського скиду повинні початися на відстані 51м до точки зустрічі виробки зі дзеркалом ковзання, яка визначається маркшейдерської службою шахти.
2. Для безпечного ведення робіт по перетинанню Богданівського скиду дренажним квершлагом проектна траса вироблення розділена на п'ять умовних зон.
3. Проведено аналіз вихідних даних про гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах проведення дренажних квершлагоу пл. С10в шахти «Самарська» в небезпечній зоні Богданівської скиду.
4. Визначено геологічні фактори, що впливають на умови переходу гірничими роботами Богданівського скиду. Визначено, що при переході Богданівського скиду необхідно звернути увагу на будову поверхні вугільного пласта (наявність антиклінальних складок) і літолого-фаціальні тип Зміни в порядку порід. У зоні дзеркала ковзання тріщинуваті ділянки алевроліту і пісковика можуть бути зонами скупчення метану, особливо в невеликих антїкліналях поздовжнього вигину, розташованих уздовж північного крила Богданівського скиду. На цих ділянках метаноносності вугілля може збільшуватися до 24-30 м3/т.

РОЗДІЛ 2

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОВЕДЕННЯ ДРЕНАЖНОГО КВЕРШЛАГУ ШАХТИ «САМАРСЬКА» В НЕБЕЗПЕЧНІЙ ЗОНІ ТЕКТОНІЧНИМИ ПОРУШЕННЯ «БОГДАНІВСЬКИМ СКИДОМ»

При проведенні квершлагоу виробка буде перетинати геологічне порушення «Богданівський скид», який має амплітуду зміщення $H = 267\text{м}$ і кут падіння $<50^\circ$ (рис. 2.1).

Прийнята концепція перетину квершлагом геологічного порушення передбачає зміну технології та засобів кріплення по довжині виробки в залежності від даних моніторингу стану гірського масиву. По довжині виробка: при підході, перетині Богданівської скидання і відході від нього, попередньо визначені 5 основних ділянок. Межі цих ділянок показані на схемі рис. 2.2.

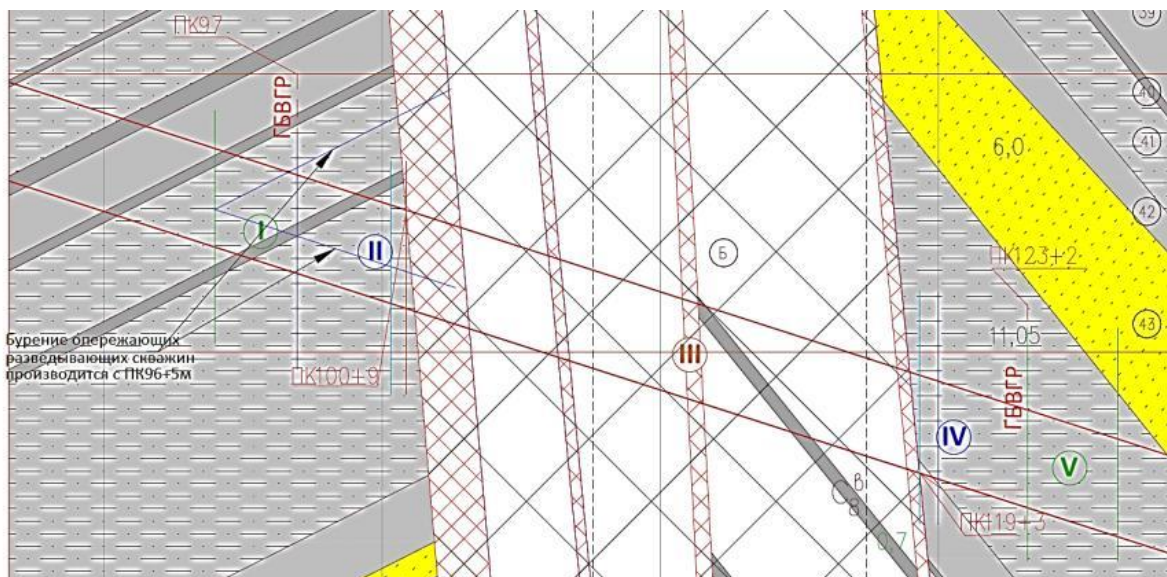


Рисунок 2.1. Параметри геологічного порушення «Богданівського скиду»

Для оцінки ризиків, пов'язаних з перетином виробкою тектонічного порушення, виконується чисельне моделювання даної геомеханічної ситуації. В результаті визначається напружено-деформований стану (НДС) породного масиву в околиці дренажного квершлагоу пл. C_{10}^B шахти «Самарська» з урахуван-

ням входження даної виробки в небезпечну зону тектонічного порушення, а також зусилля в елементах кріплення на кожному етапі проведення виробки.

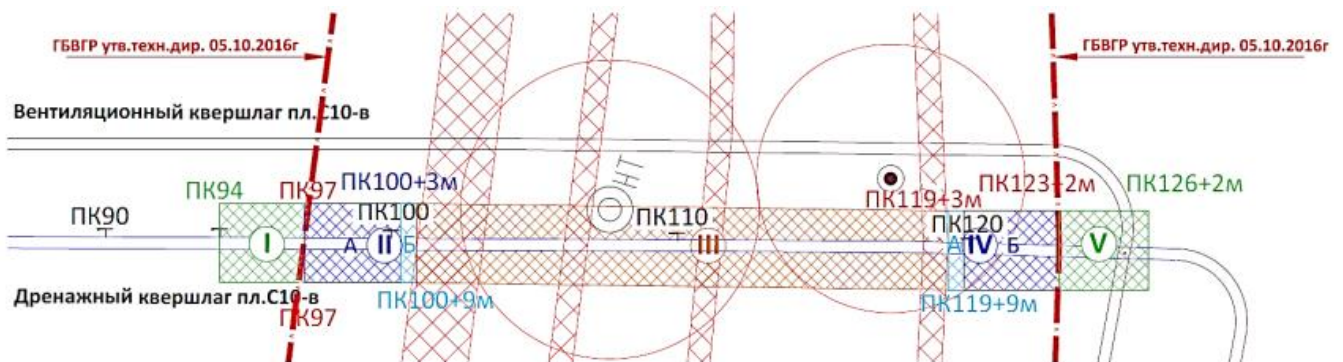


Рисунок 2.2. Схема розташування ділянок по довжині квершлягу в зоні Богданівського скиду

З точки зору оцінки стійкості геомеханічної системи «виробка-кріплення-породний масив» кількість ділянок траси виробки (зон), що розрізняються суттєво за ступенем структурної порушеності порід, може бути зменшено до трьох: Зона 1 - непорушена зона, поза впливом скидання; Зона 2 - зона тріщинуватості; Зона 3 - зона перем'ятих, сильно тріщинуватих порід.

2.1. Методика виконання чисельного моделювання

Аналіз стану масиву виконується методом скінченних елементів на основі ліцензійної обчислювальної програми *Phase2* компанії *Rockscience* (Канада). Калібрування деформаційної моделі виконано на попередньому етапі досліджень при виконанні роботи.

Першим етапом для оцінки змін стану порід при проходженні дренажним квершлягом зон різної геологічної структури імітується процес проведення дренажного квершлягу, тобто послідовний рух вибою виробки до тектонічного порушення, його перетин і вихід від небезпечної зони. Для цього розглядається подовжній перетин виробки з урахуванням додаткових коефіцієнтів концентрації напружень, які враховують відміну спрощеної двовимірної моделі перетину

від реального тривимірного розподілу напружень навколо виробки. Послідовне просування забою імітується за допомогою 300-т стадій, на кожній з яких забій просувається на 1 п.м., після чого виробку на попередньому кроці закріплюється шляхом додавання рівномірно розподіленого навантаження, що імітує відсіч кріплення.

На кожній стадії визначаються напруження, деформації та переміщення порід навколо дренажного квершлягу, причому на кожній наступній стадії враховуються деформації порід, реалізовані на попередній стадії. Найбільш інформативним показником стану порід навколо виробки є область напружених деформацій (зона руйнування порід). У даній роботі ці області визначаються на основі критерію міцності Хока-Брауна [7], добре апробованого в умовах порід Західного Донбасу і докладно описаного в [8].

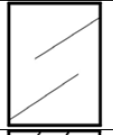



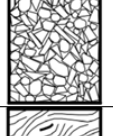

Структурні відмінності порід, зокрема інтенсивність тріщинуватості, кусковатість, подрібненість порід на різних ділянках проведення квершлягу враховуються за допомогою, так званого геологічного індексу міцності *GSI* (*Geological Strength Index*, $5 \leq GSI \leq 100$). Залежно від цього індексу коригуються міцності і деформаційні параметри, що безпосередньо впливають на розвиток зон руйнування, зміщення порід і формування навантаження на кріплення виробки. Значення геологічного індексу міцності вибираються відповідно до класифікації, розробленої Е. Хоком і Д. Брауном на основі візуальної оцінки порід у відсортованих даних геологічної служби шахти.

Породи, що вміщують пласт C_{10}^B представлені аргілітами, алевролітами, пісковиками і класифікуються як нестійкі, а також вельми нестійкі. Породи тріщинуваті, схильні до розмокання, міцність на стиск в необхідному стані не перевищує 26-30 МПа. Тому відповідно до класифікації Хока-Брауна [9], породи в зоні I слід віднести до порід «поганої якості» (*Poor Quality Rock Mass*), які, тим не менш, в місцях оголення зберігають зв'язність і цілісність незважаючи на присутність 2-х або 3-х системи тріщин. Умовно породи покрівлі і підшви протягом більшої частини траси розглянутої виробки можна класифікувати як блочно-порушені. Виходячи з цієї характеристики, даними породам

може бути привласнений індекс $GSI=30$. Це означає, що параметри, що характеризують руйнування і деформації порід, відповідним чином змінюються в порівнянні з тими, що отримані для зразків порід.

Таблиця 2.1

Класифікація порід на основі геологічного індексу міцності

Кoeffициент геологической прочности для связанных пород (GSI)		СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ				
		ОЧЕНЬ ХОРОШЕЕ	ХОРОШИЕ	СРЕДНИЕ	ПЛОХОЕ	ОЧЕНЬ ПЛОХОЕ
Оценка среднего значения GSI с учетом литологии, структуры и состояния поверхности с нарушениями сплошности.		Очень грубые, не выветренные поверхности	Грубые, слабо выветренные поверхности со следами окисла железа	Гладкие, умеренно выветренные или измененные поверхности	Очень выветрены поверхности с плоскостями скольжения, с включениями фрагментами неправильной формы	Сильно выветренные поверхности с плоскостями скольжения, с глинистыми пропластками или включениями
СТРУКТУРА		УХУДШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ →				
	Неповрежденная или монолитная – неповрежденные или монолитные куски породы с несколькими далеко расположенными нарушениями сплошности	90	80			
	Блочная – хорошо сцепленный неповрежденный породный массив, состоящий из блоков кубической формы с взаимно пересекающимися системами трещин		70			
	Многоблочная – сцепленный, частично поврежденный массив с многогранными угловыми блоками, сформированными пересечением 4-х или более систем трещин		60	50		
	Блочно-нарушенная – Слоистый складчатый массив с включениями отдельностей круглой и многоугольной формы.			40	30	
	Дезинтегрированная – слабо связанный, дезинтегрированный, сильно нарушенный массив, состоящий из отдельностей круглой или многоугольной формы				20	
	Сланцеватая – отсутствие блоков вследствие близкого расположения слабых прослоек или плоскостей сдвига (кливажа)					10
		↑ УМЕНЬШЕНИЕ СЦЕПЛЕНИЯ КУСКОВ ПОРОДЫ ↓				

Зона II являє собою область з розвиненою тріщинуватістю (рис. 2.3). Кордон цієї зони відокремлює область безпечного виконання робіт від області впливу порушення. В зону введені в розрахункову схему завдання для відображення поступового погіршення геологічної ситуації при русі вибою виробки до тектонічному порушення. Механічні властивості порід в цих зонах перераховані з урахуванням геологічного індексу [9], рівного $GSI=20$, відповідного сильно порушеному, шаруватому масиві, який переретинають безліч тріщин (відповід-

но до табл. 2.1. [9] – *слабо пов'язаний, дезінтегрований, сильно порушений масив, що складається з окремих часток різної форми*).

У зоні тектонічного скидання породи, представлені аргілітами, алевролітами і пісковиками, мають сильно порушену структуру, розбиті тріщинами різного напрямку з дзеркалами ковзання, сильно перем'ятими або роздроблені. З урахуванням цих структурних особливостей в зоні порушення геологічний індекс знижується до мінімального значення $GSI=14$ [9], відповідного *дезінтегрований з дуже слабким зчепленням, що складається з окремих часток різної форми*.

З урахуванням того, що дренажний квершлаг пл. C_{10}^B перетинає «Богданівський скид» на глибині $H=190-200$ м напруга незайманого масиву складе $(\sigma_y)_0=4,67$ МПа при середньому питомій вазі порід 25 кН/м³. Відповідно до нормативного документа [10], в районі геологічного порушення розрахункову глибину слід помножити на коефіцієнт $1,5$. Тоді, розрахункове значення вихідного поля напружень складе $(\sigma_y)_0=1,5*4,67=7,0$ МПа. Фізико-механічні властивості порід і вугілля прийняті для моделювання на основі даних геологічної служби відповідно до стратиграфічної колонкою і геологічним описом порід (рис. 2.4).

При введенні в розрахунок характеристик фізико-механічних властивостей передбачалося, що породи знаходяться в стані природної вологості. Варіанти неординарного водонасичення внаслідок підвищених водопритоків не розглядалися в даному розділі

На рис. 2.5 показано, як змінюються зони руйнування в покрівлі і підшві виробки при проходженні зон з різним ступенем порушеності.

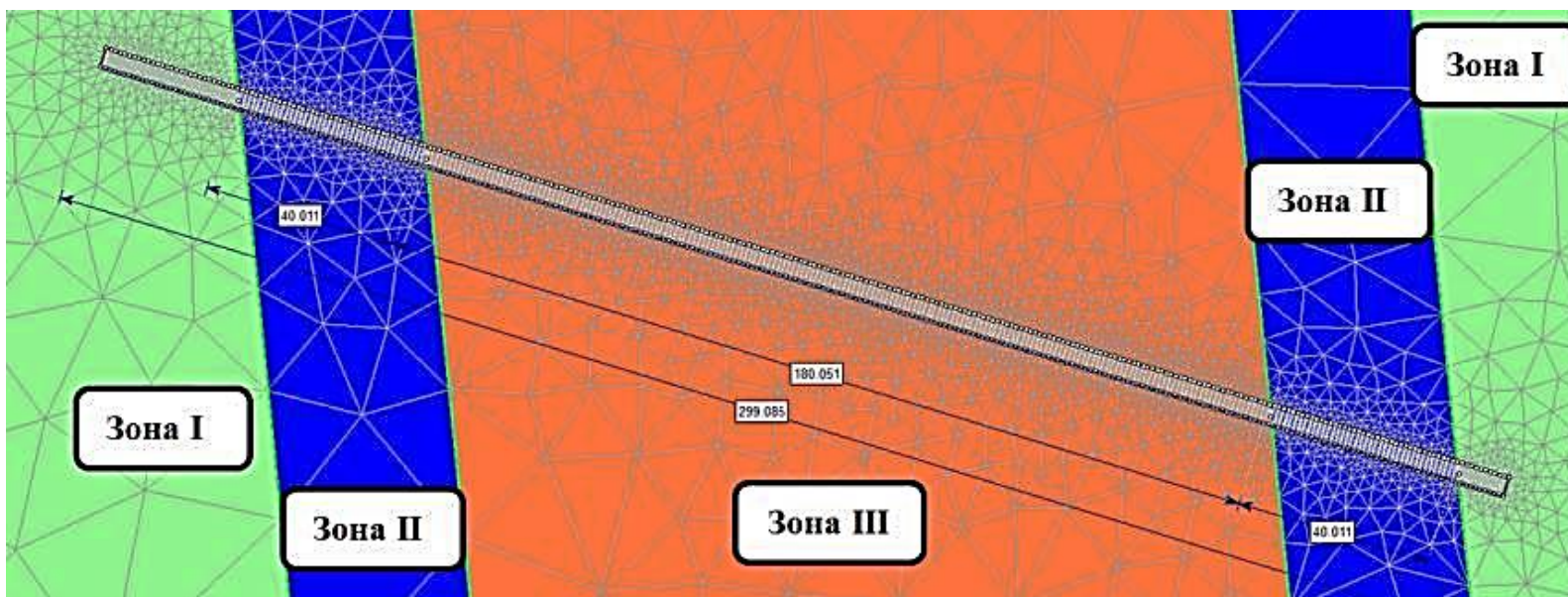


Рисунок 2.3. Розрахункова схема для моделювання послідовного просування вибою виробки в різних зонах: I - непорушена зона поза впливом скиду (геологічний індекс GSI = 30); II - зона тріщинуватості (геологічний індекс GSI = 20); III - зона перем'ятих, сильно тріщинуватих порід (геологічний індекс GSI = 14)

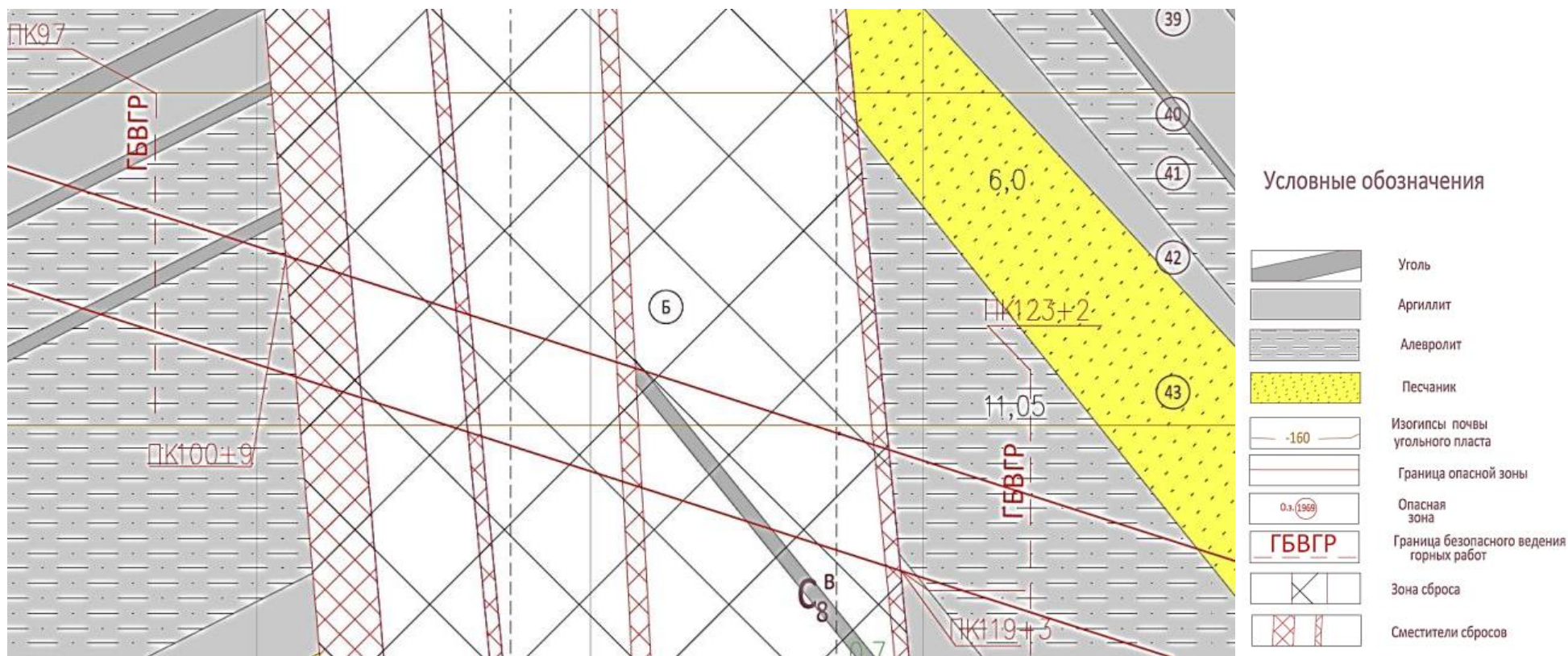


Рисунок 2.4. Геологічний прогноз при проведенні дренажного квершлягу пл.С₁₀^В

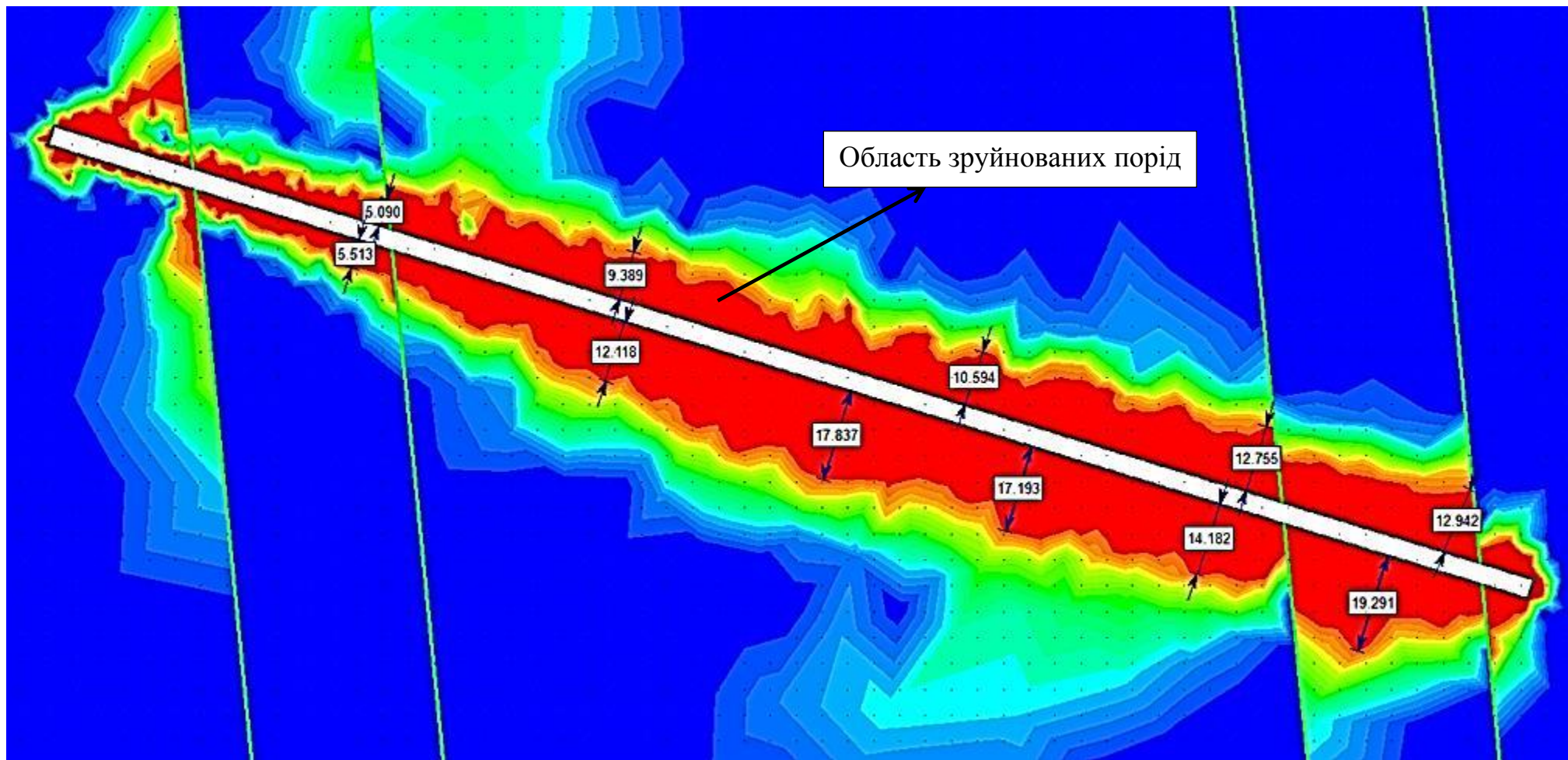


Рисунок 2.5. Конфігурація областей зруйнованих порід при входженні забою дренажного квершлягу в різні зони впливу геологічного порушення

кому поперечному перерізі за допомогою стандартних засобів програми Phase2 за 14 стадій, протягом яких внутрішня навантаження знижується від 7 МН/м^2 (початкова поле напруг, розподілене по контуру поперечного перерізу виробки) до нуля (рис. 2.7).

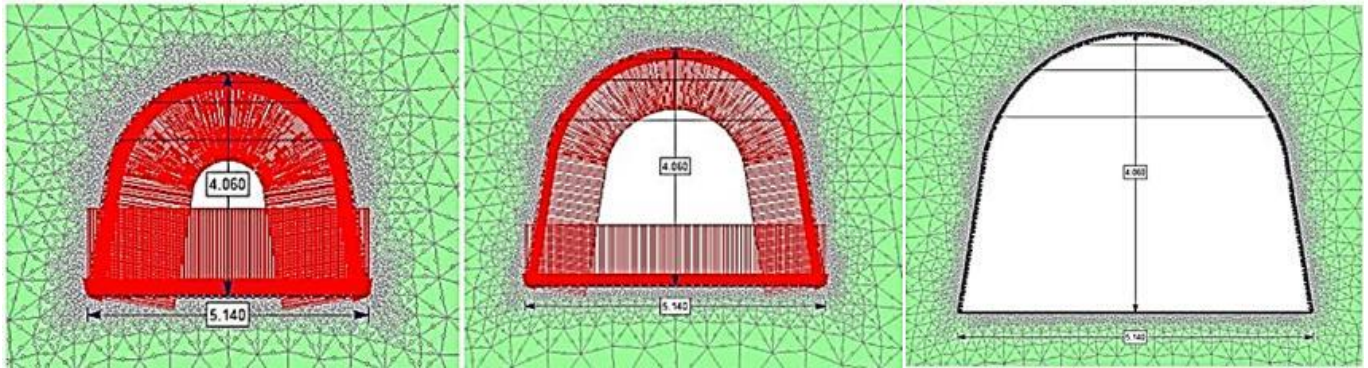


Рисунок 2.7. Моделювання поступового відсунення забою і зниження тривимірного ефекту до стану плоскої деформації

На 5-й стадії деформування поперечного перерізу, тобто при реалізації приблизно 20% повної деформації, моделюється установка кріплення КШПУ-14,4 з двома замками податливості. Таким чином, імітується установка кріплення поблизу вибою, максимально наближаючи модель до реальних умов. На кожній наступній стадії в міру реалізації зсувів контуру виробки елементи металевого кріплення поступово вступають в роботу, сприймаючи навантаження з боку масиву. Розрахунковий алгоритм дозволяє крім зсувів порід визначити осьові сили і згинальні моменти в елементах металевого кріплення на кожній стадії навантаження.

2.2. Оцінка стану порід навколо виробки і зусиль в елементах кріплення при входженні вибою виробки в зони різної структурної порушеності

2.2.1. Оцінка стану породного масиву і кріплення в Зоні I.

Зона I - (30-ти метрова зона до кордону безпечного ведення гірських робіт **ПК94 – ПК97**) (рис. 2.8, а). Висота області зруйнованих порід навколо виробки у вільному стані (за відсутності кріплення) становить в покрівлі 2,5-3,0 м.

Своєчасна установка кріплення КШПУ частково стримує розвиток руйнування в покрівлі (до 2,1-2,2 м, рис. 2.8 б). Проте, вага порід, розташована в області руйнування створює значне навантаження на кріплення виробки. Як зазначалося вище, розрахунковий алгоритм дозволяє визначити зусилля в елементах кріплення - осьові сили (F , $MН$) і згинальний момент (M , $MН*м$), обумовлені даним навантаженням і представлені на рис. 2.9.

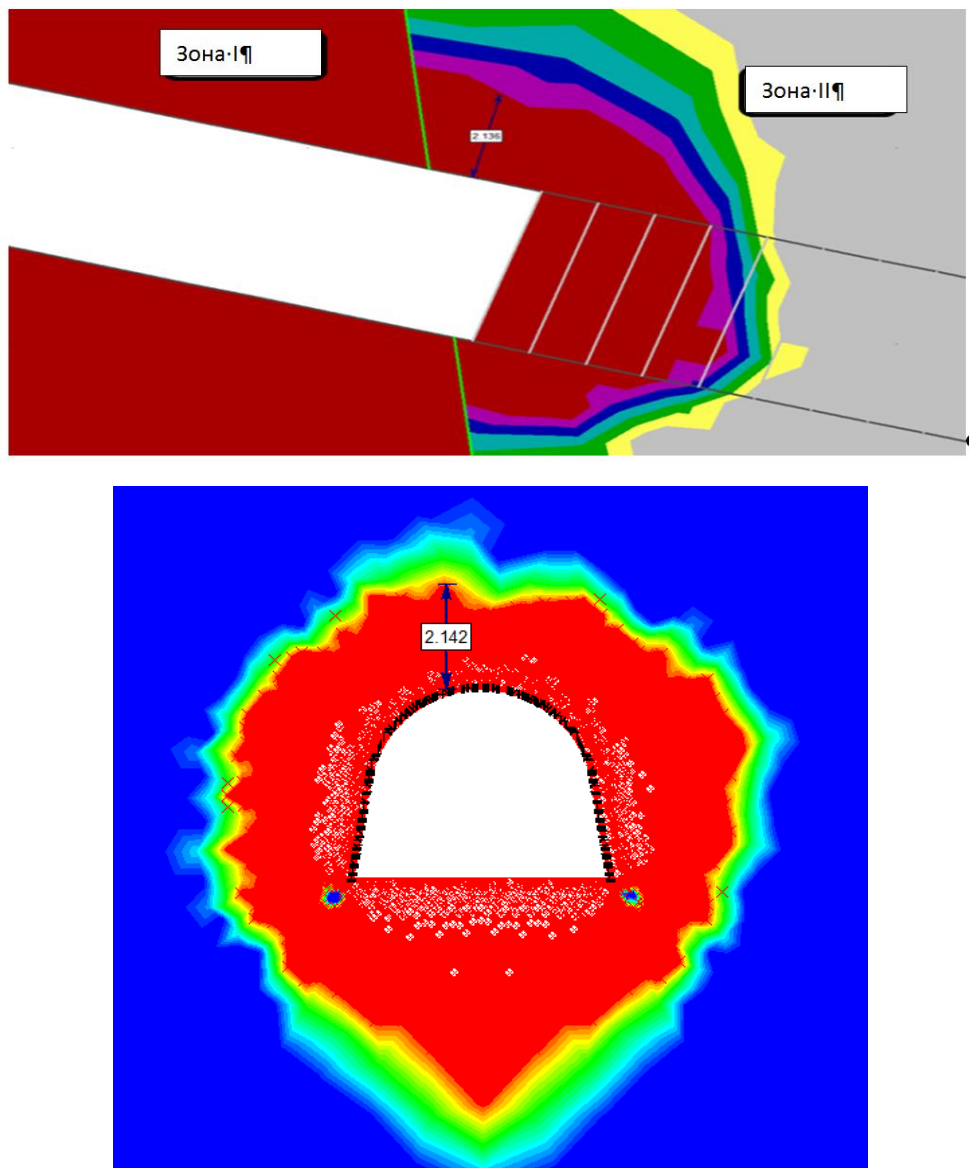


Рисунок 2.8. Области руйнування навколо квершлагау в зоні I: а) поздовжній перетин виробки; б) поперечний переріз виробки (з урахуванням установки кріплення КШПУ)

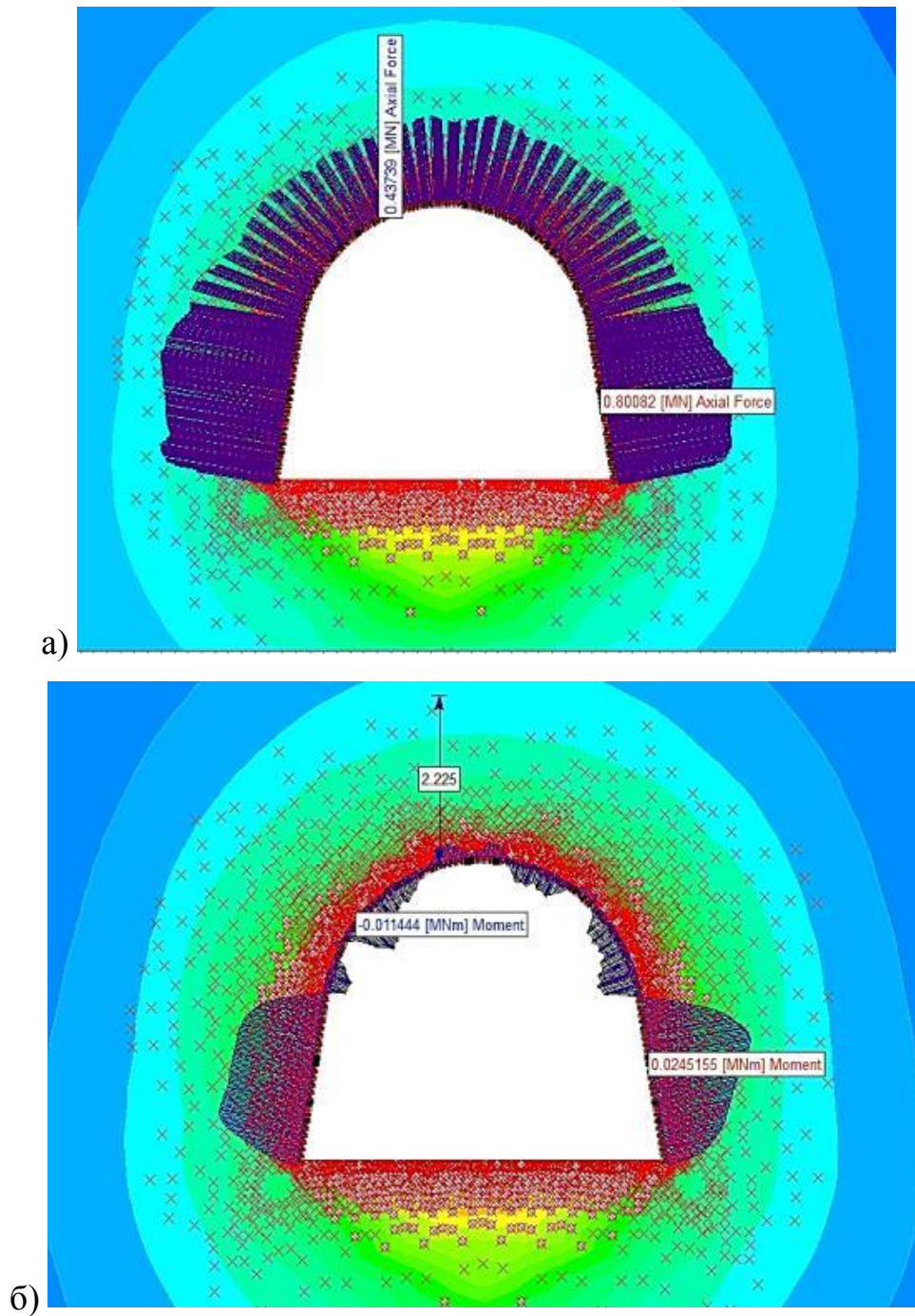


Рисунок 2.9. Зусилля в елементах металевго кріплення при знаходженні вибою квершлягу в Зоні І (ПК94 - ПК97): а) осьові сили, б) згинальні моменти

З малюнка 2.9 видно, що при установці рамного металевго кріплення з кроком 1,0 м (1,0 рама/м) максимальні зусилля в елементах кріплення рівні:

$$F_{max} = 0,44\text{MN}, \quad M_{max} = 0,025 \text{ MN} \cdot \text{м}.$$

Відповідно до нормативного документа [11] граничне значення осьової сили в елементах металевго кріплення визначається за формулою

$$F_{\text{пред}} = R_y \cdot S, \text{ МН} \quad (2.1)$$

де R_y – межа плинності сталі Ст5СП, що приймається по ГОСТ 18622-83 ($R_y=255-295$ МПа, т.е. $255 \cdot 10^2$ т/м²); S – площа поперечного перерізу елемента. Для перетину з профілю $S=0,003465$ м². Тоді граничне значення осьової сили, що діє в елементах кріплення КШПУ - 14 складе:

$$F_{\text{пред}} = 255 \cdot 10^2 \cdot 0,003465 = 88 \text{ т} = 0,88 \text{ МН}$$

Бачимо, що в зоні I максимальна осьова сила, що виникає в елементах кріплення, не перевищує граничного значення

$$F_{\text{max}} = 0,44 \text{ МН} < F_{\text{пред}} = 0,88 \text{ МН},$$

і становить 50% від граничного значення $F_{\text{max}} = 0,5 \cdot F_{\text{пред}}$

Граничний згинальний момент, при якому відбудеться вичерпання несучої здатності перетину з профілю СВП-27, виготовленого зі сталі Ст5СП, визначається формулою:

$$M_{cr} = R_y \gamma_c c_x W_{xn, \min}, \quad (2.2)$$

γ_c – коефіцієнт умов роботи, що дорівнює $\gamma_c = 0,7$; c_x – коефіцієнт форми поперечного перерізу, що приймається згідно з додатком Н з [12] в залежності від ставлення площ полки і стінки; $W_{xn, \min}$ – мінімальне з двох значень моментів опору поперечного перерізу елемента нетто щодо осі x-x, обчислених відповідно для розтягнутого та стисненого волокна.

Для СВП-27 мінімальний момент опору поперечного перерізу становить $W_{xn, \min} = 98,756 \cdot 10^{-6}$ м³; коефіцієнт форми поперечного перерізу $c_x = 1,6$. Тоді критичний момент, що вигинає для профілю СВП-27 складе:

$$M_{cr} = R_y \cdot \gamma_c \cdot c_x \cdot W_{xn, \min} = 255 \cdot 10^2 \cdot 0,7 \cdot 1,6 \cdot 98,756 \cdot 10^{-6} = 2,82$$

(т·м)=0,028МН·м.

Отже, максимальний згинальний момент $M_{\text{max}} = 0,025$ МН · м, що виникає в елементах кріплення, а саме, в прямолінійною частини арки (рис. 2.9)

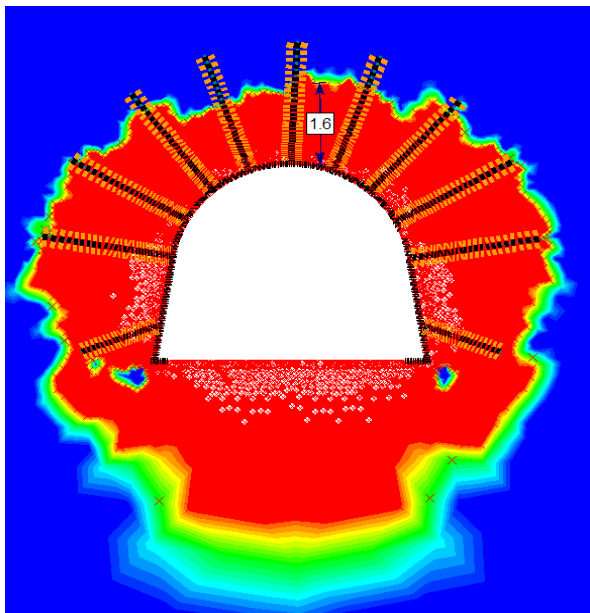
близький до граничного $M_{\text{пред}} = 0,028$ МН · м

$$M_{\text{max}} = 0,025 \text{ МН} \cdot \text{м} = 0,9 M_{\text{пред}}$$

Таким чином, до підходу до кордону безпечного ведення робіт, тобто в зоні I, кріплення КШПУ-14,4 при установці 1 рами на метр за оцінкою згинальних моментів близька до вичерпання свого несучої здатності. Тому для забезпечення запасу міцності необхідно збільшення щільності кріплення. З урахуванням підходу квершлягу до межі небезпечної зони впливу скидання для забезпечення стійкості квершлягу необхідний, дворазовий запас міцності. Це буде забезпечено за допомогою вибору двох рам на 1 м виробки, а також встановленням сталеполімерних анкерів (9 анкерів довжиною 2,5 м по периметру виробки і 2 анкери довжиною 1,5 м в боки виробки).

Моделювання роботи анкерів здійснюється в програмі PHASE2 шляхом введення в розрахункову схему спеціальних стрижневих елементів («intersect element»), що володіють пружними властивостями стали і закріплюють зміщення вздовж стрижня подібно полімерної складової. Своєчасна установка таких елементів, тобто анкерів, також стримує розвиток руйнувань в покрівлі виробки, зменшуючи область зруйнованих порід до 1,6 м. Очікувані переміщення складуть 3 - 5 см.

а)



б)

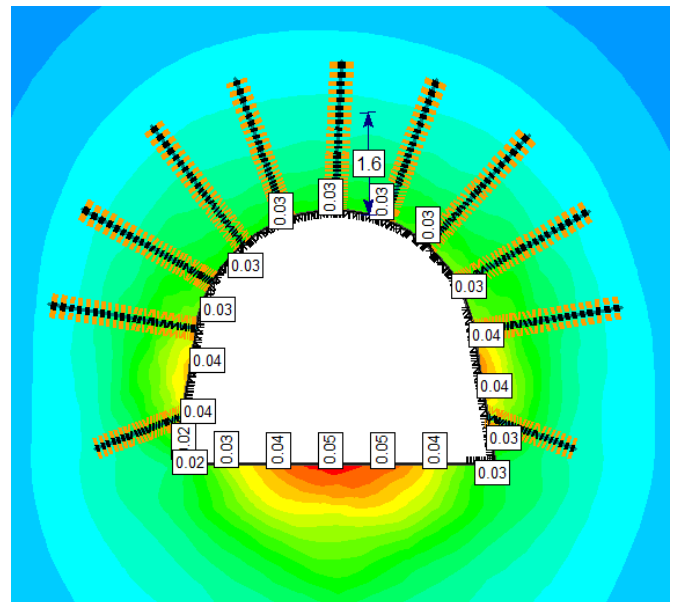


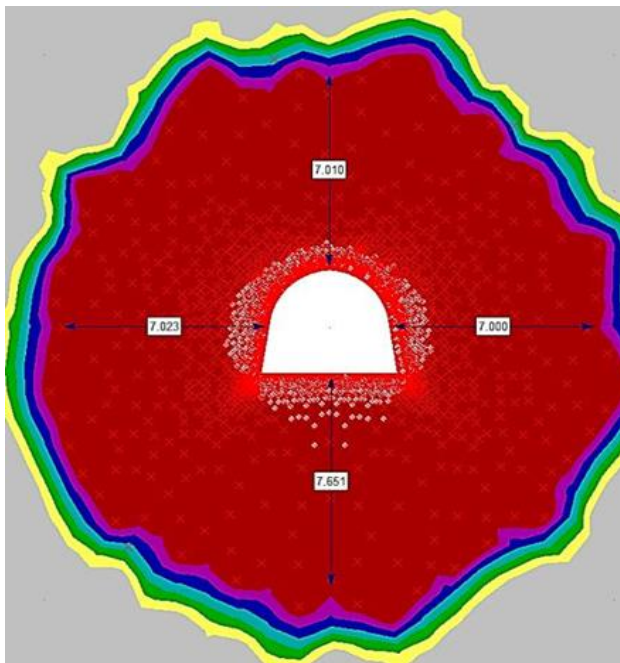
Рисунок 2.10. Зони руйнування і переміщення при знаходженні вибою квершлягу в Зоні I (ПК94 - ПК97) при установці рамно-анкерного кріплення.

2.2.2. Оцінка стану породного масиву і кріплення в Зоні II

При входженні забою в Зону II в межах кордонів безпечного ведення робіт (ПК97 - ПК100+9м) значно зростає розмір області руйнування і в покрівлі і в підосві виробки. У разі вільного стану порід (без урахування стримуючого впливу кріплення) вони досягли б 6,0-7,0 м, а зміщення контуру - 20-26 см (рис. 2.11). Тому на даному етапі розглянуто більш докладно формування навантаження на кріплення і роль кожного елемента кріплення та разом комплексі.

Аналіз показує, що встановлення в умовах дуже тріщинуватих, дезінтегрованих порід звичайної рамної металевого кріплення КШПУ-14,4 не забезпечить сталого стану виробки. Незважаючи на те, що своєчасне введення рамного кріплення в роботу зменшує зону руйнувань в покрівлі до 4,9 м, а зміщення контуру виробки - до 9 см в покрівлі і 23 см в почві (рис. 2.12), навантаження на кріплення залишається дуже великим. Це обумовлює зусилля в елементах кріплення, майже в 3 рази перевищують гранично допустимі для даного профілю (рис. 2.13).

а)



б)

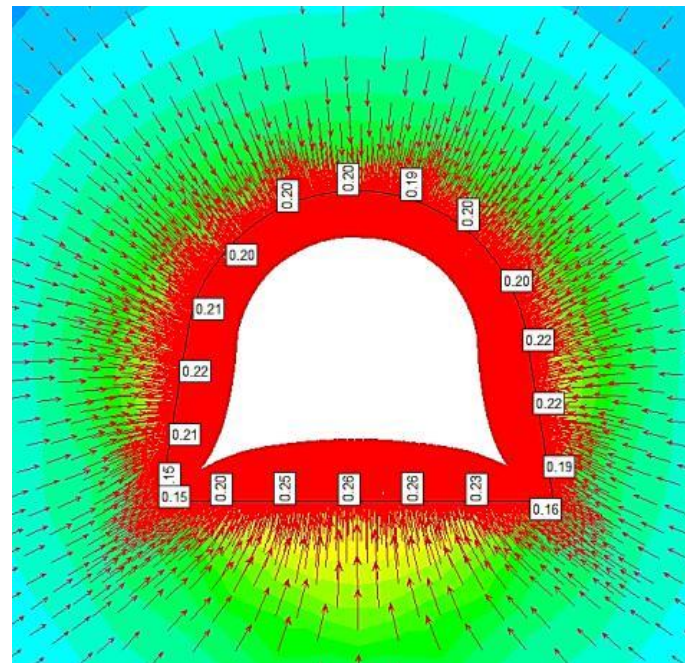
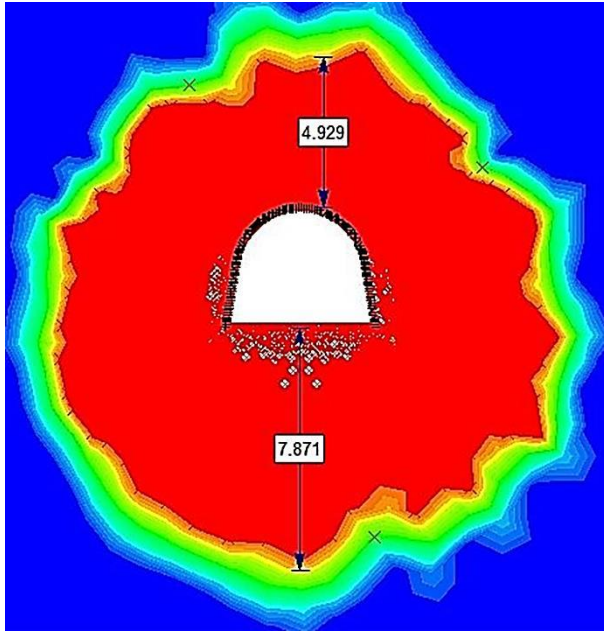


Рисунок 2.11. Області руйнування (а) і переміщень (б) порід навколо дренажного квершлягу у відсутності кріплення в Зоні II (ПК97 - ПК100 + 9м)

а)



б)

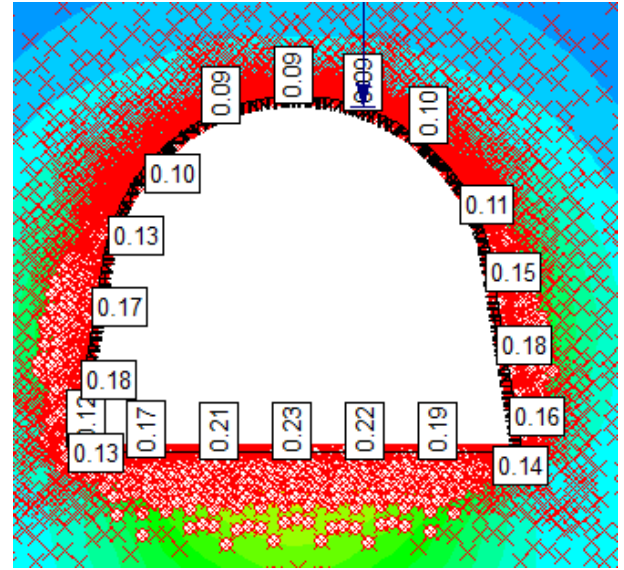


Рисунок 2.12. Области руйнування (а) і переміщень (б) порід при установці тільки звичайного рамного кріплення КШПУ при вході забою квершлагоу в Зону II (ПК97 - ПК100 + 9м)

а) $F_{max} = 3,07 \text{ МН};$

б) $M_{max} = 0,1 \text{ МН} \cdot \text{м}.$

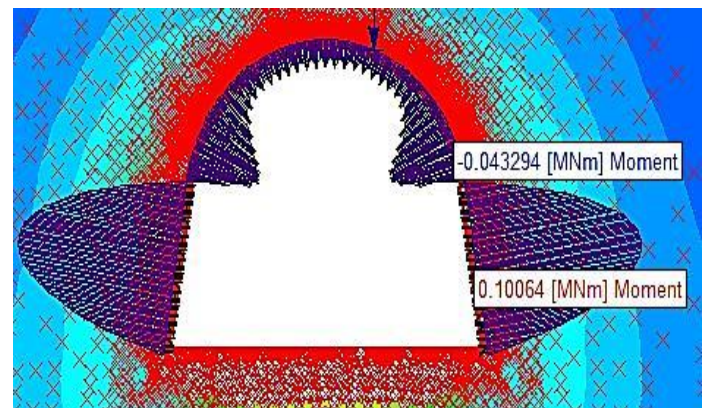
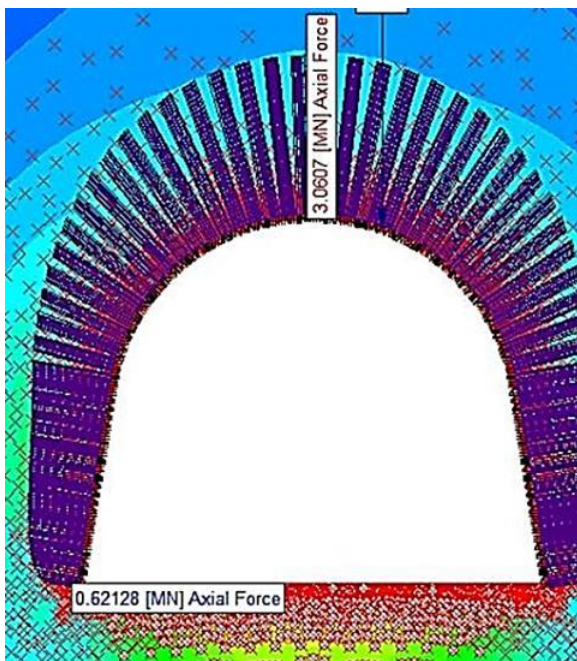


Рисунок 2.13. Зусилля в елементах металевого кріплення КШПУ (без тапонажу і анкерів) Зона II (ПК97 - ПК100 + 9м): а) осьові сили; б) згинальні моменти

З рис. 2.13 видно, що максимальні зусилля в елементах кріплення (осьова сила F_{max} і згинальний момент M_{max}) складають:

$$F_{max} = 3,07 \text{ МН}; \quad M_{max} = 0,1 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Порівняння з граничними значеннями (формули 2.1, 2.2) показує, що осьова сила в 3,4 рази і згинальний момент в 3,55 рази перевищують граничні значення для даного матеріалу і перерізу профілю, тобто

$$F_{max} = 3,4 F_{\text{пред}} \quad M_{max} = 3,55 M_{\text{пред}}.$$

В таких умовах навіть збільшення щільності кріплення до 2-х рам на 1 м, не зменшить навантаженості кріплення і не забезпечить стійкості виробки.

Тому для підтримки дренажного квершлага в задовільному стані в зоні II (достатній запас міцності кріплення) необхідний посилений паспорт кріплення. З метою його обґрунтування необхідно виконати моделювання наступних елементів: установку сталеполімерних анкерів, спільну роботу кріплення КШПУ-14,4 і шару торкретбетону, установку анкерів «Ірма» і підсилюючих елементів в почві виробки («чобітків»).

Рис. 2.14 ілюструє роль своєчасної установки сталеполімерних анкерів в зменшенні області руйнування порід (від 7,1 м у вільному стані, тобто без будь-якої кріплення до 2,9 м).

При установці рами кріплення в породний масив, зміцнений анкерами, значно знижується навантаження на рамну конструкцію. З урахуванням того, що квершлаг знаходиться в зоні інтенсивної нерегулярної тріщинуватості, що передує безпосередній зоні скидання, слід передбачити можливе нерівномірне навантаження кріплення, що може вкрай негативно позначитися на її стійкості. Тому доцільним рішенням є тампонаж (торкретування) закріпного простору, який забезпечить більш рівномірний розподіл навантаження по контуру рами і компенсує частину навантаження.

Моделювання спільної роботи кріплення і торкрет-шару здійснюється засобами програми PHASE2 шляхом введення в розрахункову схему двошарового композиту з різними властивостями - стали і суміші для торкретування, а також з відповідними розмірами профілю.

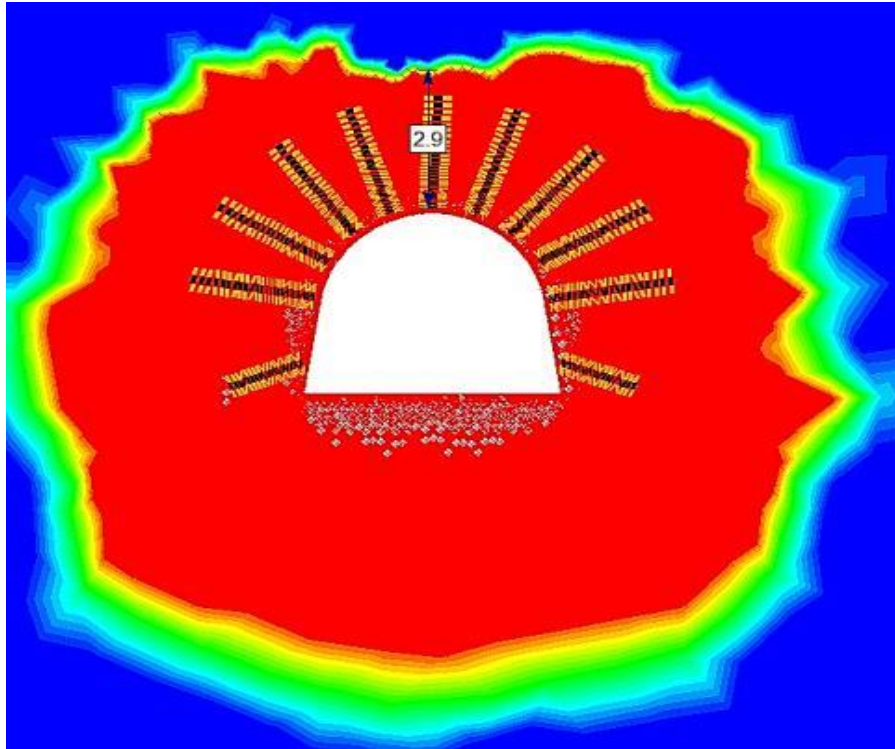


Рисунок 2.14. Зменшення області руйнування порід при установці сталеполімерних анкерів (в порівнянні з вільним станом порід без установки будь-якої кріплення) Зона II (ПК97 - ПК100 + 9м)

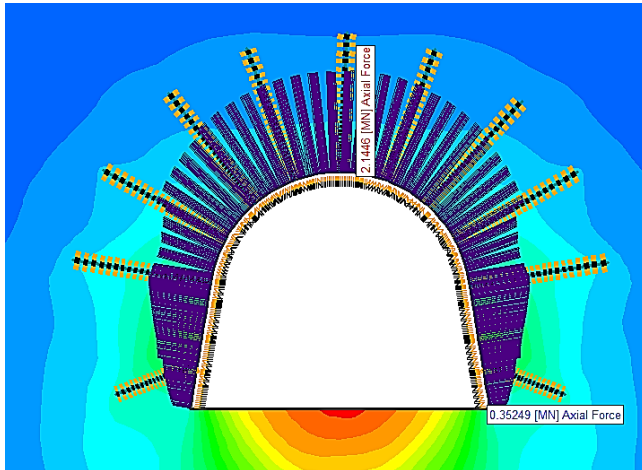
На рис. 2.15 показані зусилля, що виникають в торкрет-шарі і в елементах металевого кріплення при знаходженні розглянутого перетину квершлягу в зоні інтенсивної тріщинуватості (в зоні II). Видно, що основні осьові зусилля реалізуються саме в тампонажного шарі. Максимальна осьова сила в цьому шарі залишається значною, складаючи 2,14 МН. Однак, наявність тампонажного шару в 2,2 рази знижує зусилля в елементах металевого кріплення до рівня 1,38 МН (в порівнянні з 3,07 МН в кріплення без тампонажу). Високі згинальні моменти також реалізуються в тампонажного шарі. Тут максимальний момент становить 0,129 МНм. Але в елементах металевого кріплення максимальний момент знижується істотно - до 0,058 МНм, тобто в 1,7 разів в порівнянні з значенням 0,1 МНм в кріплення без тампонажу. Незважаючи на зазначене зменшення зусиль в металевих елементах, і осьова сила і згинальний момент перевершують значення, гранично допустимі для даного профілю, так що

$$F_{max} = 1,56 F_{пред},$$

$$M_{max} = 2,1 M_{пред}.$$

Тому для забезпечення запасу стійкості необхідна установка 2-х рам на 1м виробки в сукупності з інсталяцією анкерних рядів.

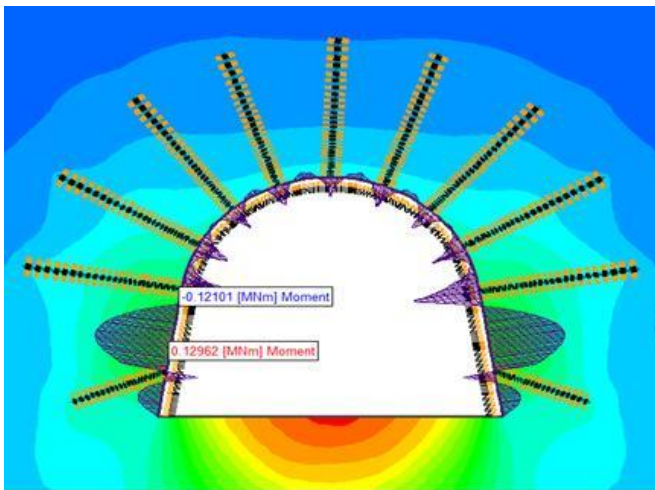
а)



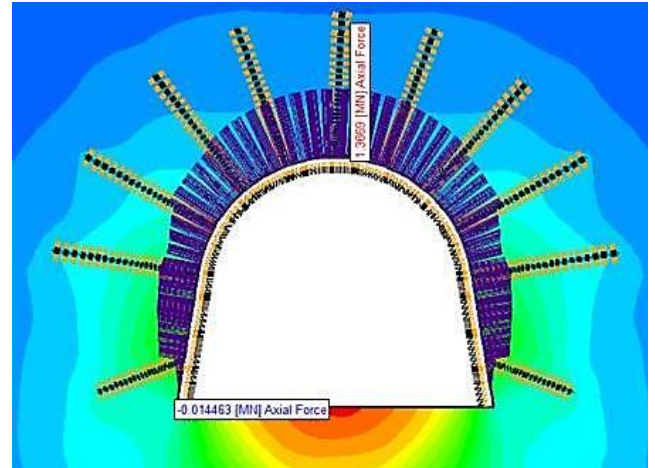
Осьові сили в тампонажному шарі

$$F=2,14 \text{ МН}$$

б)

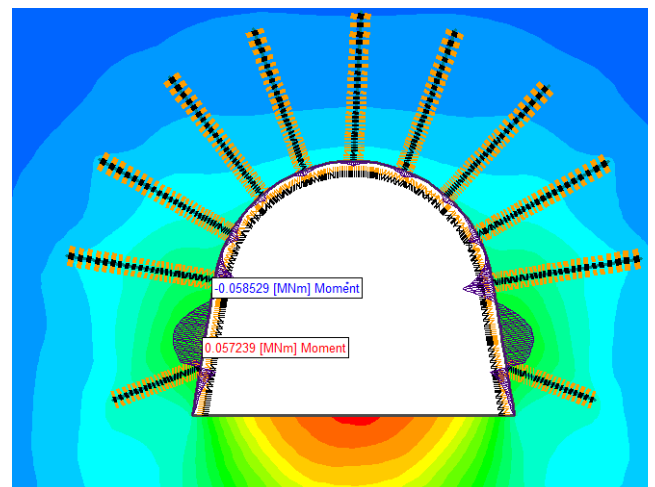


Згинальні моменти в тампонажному шарі $M=0,13 \text{ МН*м}$



Осьові сили в кріпленні

$$F=1,38 \text{ МН}$$



Згинальні моменти в кріпленні

$$M=0,059 \text{ МН*м}$$

Рисунок 2.15. Зусилля в елементах торкрет-шару і металевому кріпленні при торкретуванні закріпного простору і установки сталеполімерних анкерів (без анкерів «Ірма») а) осьові сили б) згинальні моменти Зона II (ПК97-ПК100 + 9м)

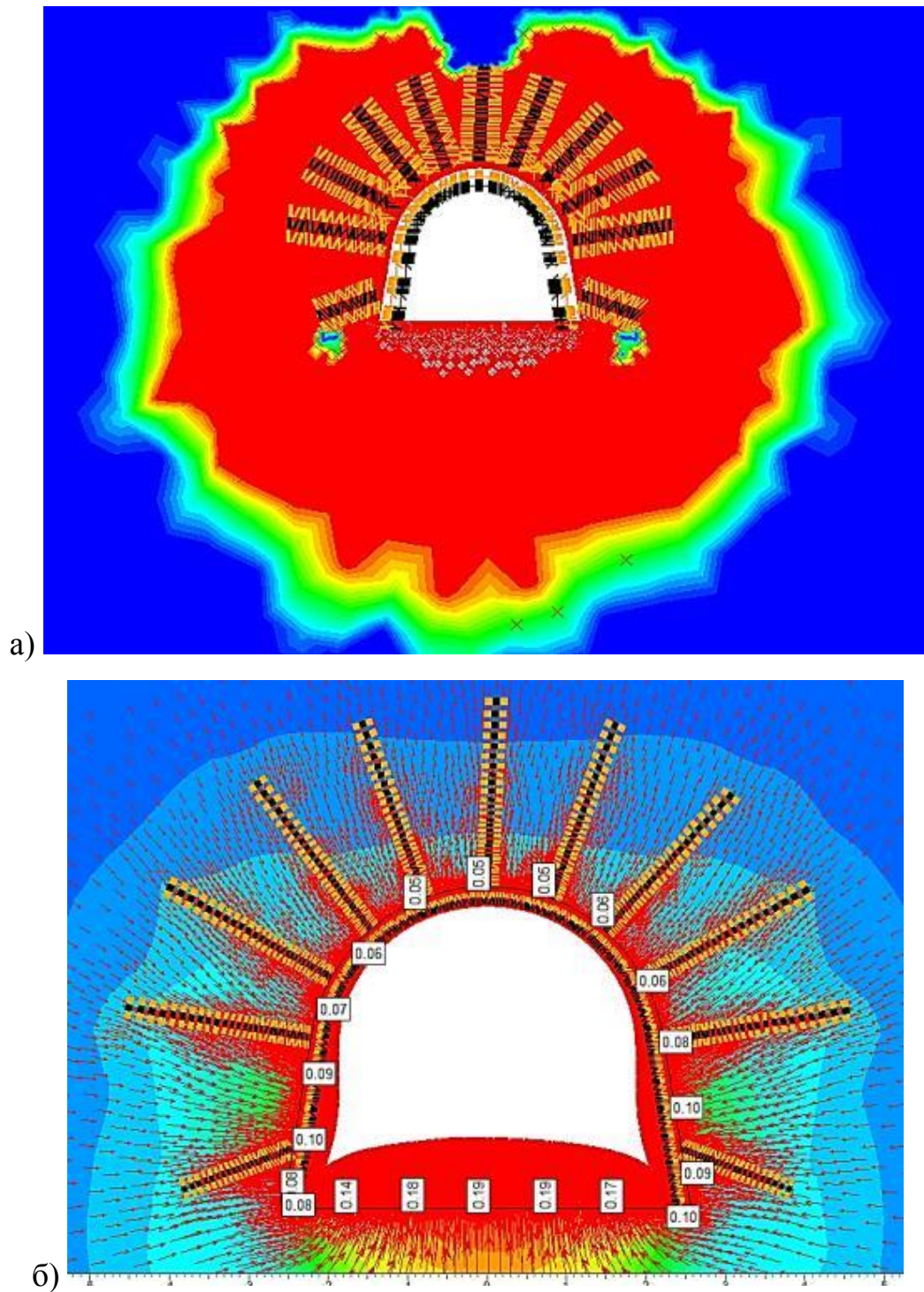


Рисунок 2.16. Области руйнування (а) і переміщення (б) порід при установці рамно-анкерного кріплення та торкретуванні закріпного простору. Зона II (ПК97 - ПК100 + 9м)

На рис. 2.16 показані області зруйнованих порід і зміщення контуру виробки при установці всіх елементів кріплення: металевої арки з шаром тампонажу закріпного простору і сталеполімерних анкерів.

Незважаючи на установку анкерів і тампонаж, залишаються значними і зона руйнування (2,5 - 3,0 м) і зміщення порід ґрунту (19-20 см). Тому з урахуванням великих геомеханічних ризиків (розвиток тріщин, утворення блоків, локальна дезінтеграція порід і висипання, підвищення обводнення) в зоні II слід проводити заходи щодо зміцнення порід поблизу контуру виробки. Це призводить до необхідності ін'єкція приконтурних порід з використанням анкерів «Ірма».

У зоні II на етапі А (ПК97-Пк-100+3м) відповідно до табл. 2.1. планується встановлювати 2 анкера «Ірма» в покрівлі квершлягу. Оскільки вплив анкерів цього типу полягає в нагнітанні скріплюючої смоли в тріщинувату породу, в розрахунковому алгоритмі моделювання здійснюється шляхом виділення в покрівлі області, в якій породам присвоєні властивості зміцненого, менш тріщинуватого матеріалу (Рис. 2.17).

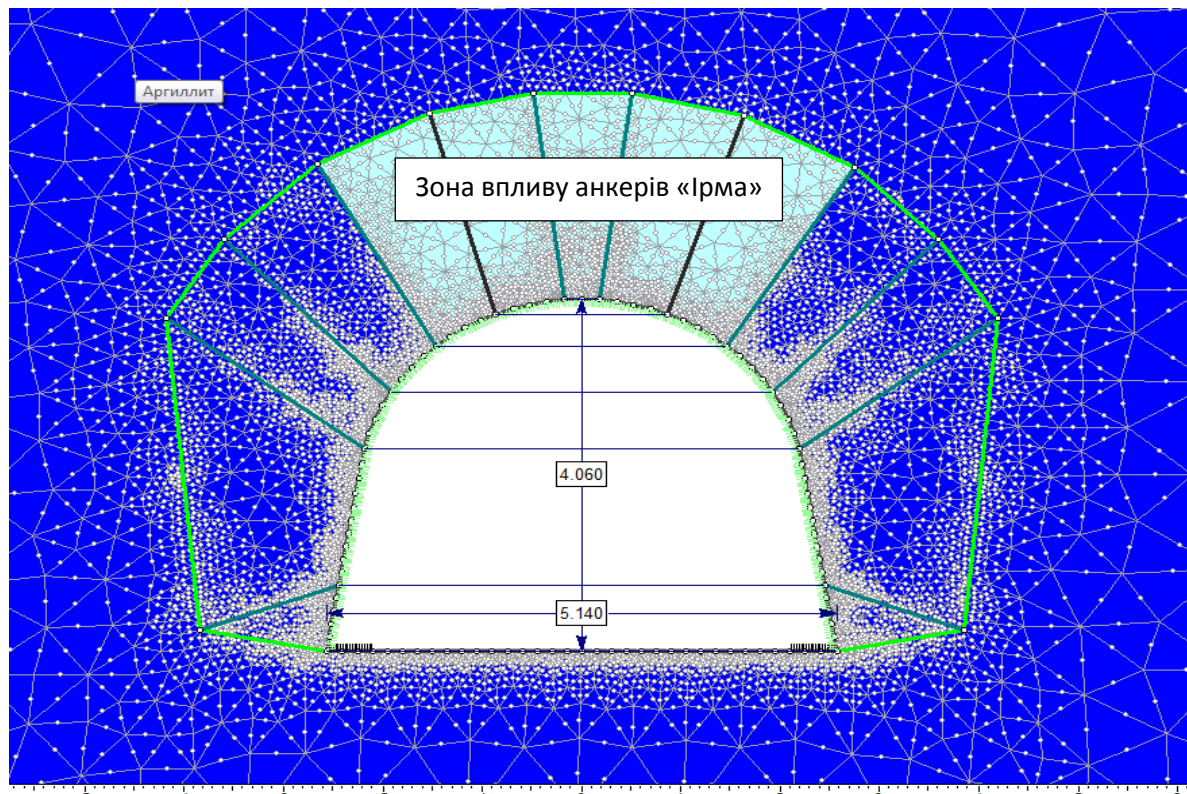


Рисунок 2.17. Розрахункова схема з моделюванням додаткового зміцнення порід анкерами «Ірма» Зона II Етап А (ПК97 - ПК100 + 3м)

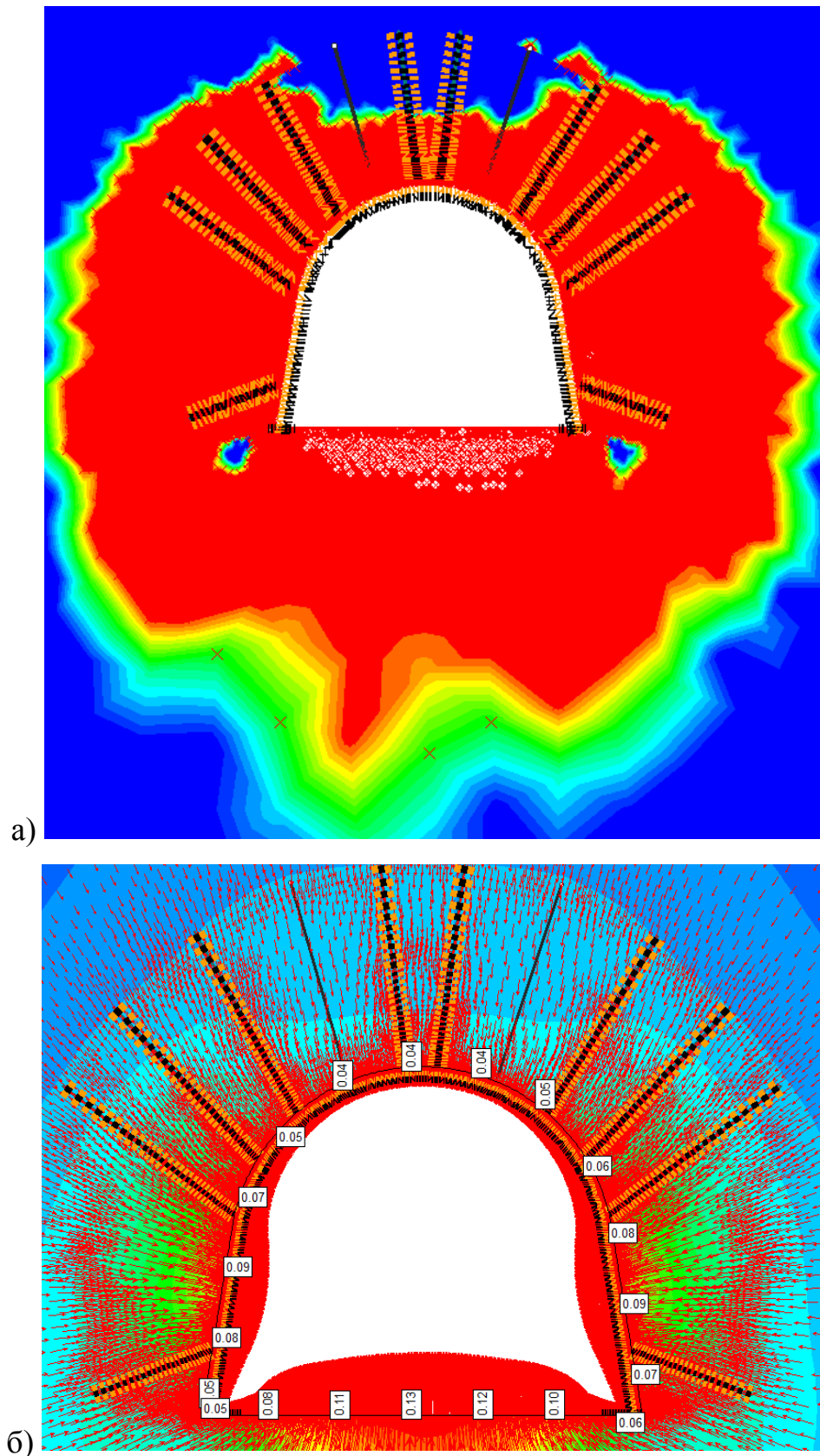
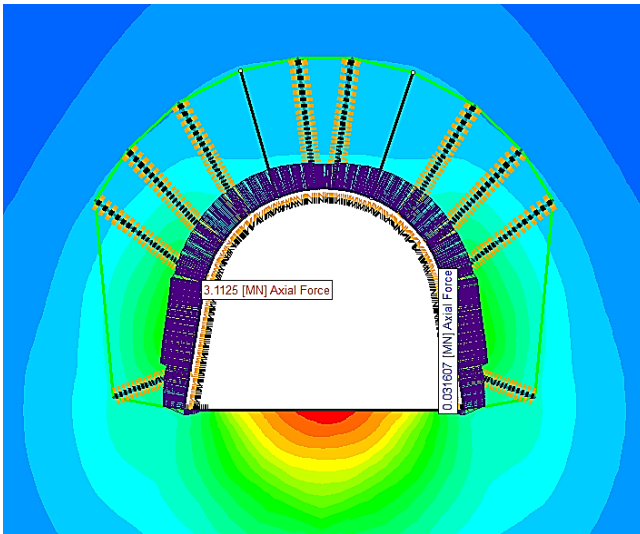


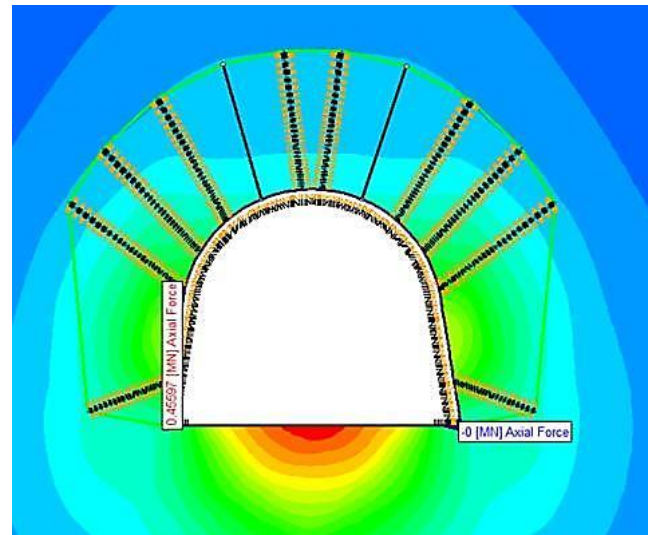
Рисунок 2.18. Области руйнування і переміщення порід при додатковій установці двох анкерів «Ірма» в покрівлі. Зона II Етап А (ПК97 - ПК100 + 3м)

а)



Осьові сили в тампонажному шарі

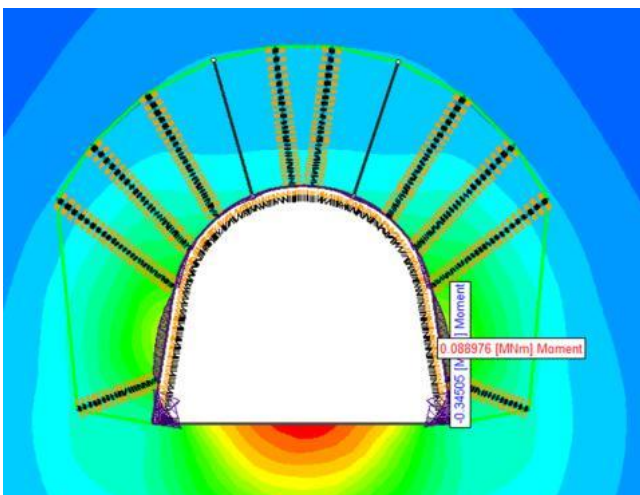
$$F=3,11 \text{ МН}$$



Осьові сили в кріпленні

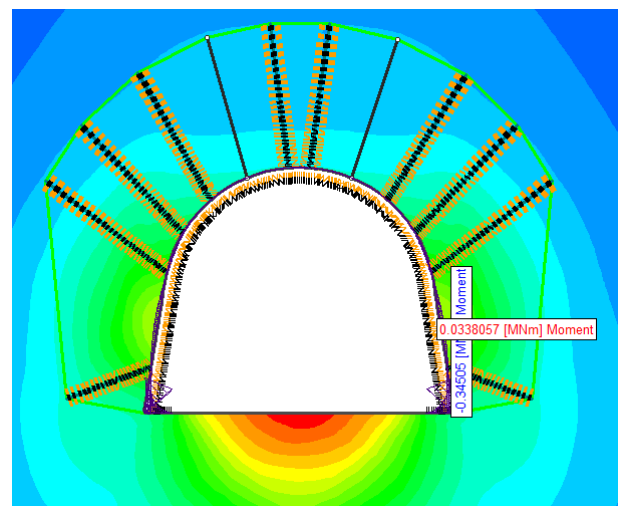
$$F=0,45 \text{ МН}$$

б)



Згинальні моменти в тампонажному

$$M=0,09 \text{ МН*м}$$



Згинальні моменти в кріпленні

$$M=0,034 \text{ МН*м}$$

Рисунок 2.19. Зусилля, що виникають в шарі тампонажу і в кріплення КШПУ-14,4 при додатковій установці 2-х анкерів «Ірма» в покрівлі а) осьові сили б) згинальні моменти. Зона II Етап А (ПК97 - ПК100 + 3м)

З рис. 2.18 видно, що зміцнення порід покрівлі зменшує область руйнування (з 2,5 до 1,1 м) в місці установки анкерів. Зменшуються і переміщення

контур виробки, складають: 4 см в покрівлі, 8-9 см в боках, 11-13 см в підшві виробки.

Слід, однак, відзначити, що зміцнення за допомогою смоли тільки частини покрівлі виробки, обумовлює перерозподіл напружень в масиві і, тим самим обумовлює перерозподіл зусиль в елементах кріплення. На цьому етапі великі значення осьових сил і моментів мають місце в шарі торкретбетону в боках виробки. Однак зусилля в елементах металевого кріплення знизилися значно (рис. 2.19): осьові сили до 0,45 МН (майже в 2 рази менше граничного значення) згинальні моменти - до 0,033 МНм (що становить $1,13M_{\text{пред}}$).

Таким чином, на **етапі А** при виконанні всіх заходів забезпечується зменшення області руйнування в покрівлі з 2,5 м (без зміцнення смолою) до 1,1 м в місці установки анкерів; зміцнення контуру виробки: 4 см в покрівлі, 8-9 см в боках, 11-13 см в почві; зусилля в елементах металевого кріплення: осьові сили 0,45 МН (що майже в 2 рази менше граничного значення) згинальні моменти - 0,033 МНм (що становить $1,13 M_{\text{пред}}$).

Виходячи з аналізу згинальних моментів, як найбільш близьких до граничних, вважаємо, що забезпечується запас міцності, який дорівнює 1,77

$$\left[1 / \left(\frac{1,13M_{\text{пред}}}{2 \text{ рамы}} \right) \right]$$

При подальшому просуванні забою квершлагоу в зоні II передбачено збільшення числа анкерів «Ірма». На етапі Б в зоні II крім двох анкерів «Ірма» в покрівлі виробки встановлюються ще два анкери в боки (рис. 2.20).

Встановлення ще двох анкерів «Ірма» знижує зону руйнування в покрівлі до 0,3-0,5м (рис. 2.21). У боках виробки також з'являються зони розвантаження. Однак має місце деяка нерівномірність навантаження кріплення, що призводить до збільшення осьових сил до 1,06 МН в тих елементах кріплення, які контактують з породами, які опинилися поза впливом ін'єкційних розчинів. Ця та частина арки, де криволінійна її частина переходить в прямолінійну. Зміцнення бічних порід в нижній частині арки позитивно позначилося на згинальних момен-

тах. Вони знизилися і в шарі торкретбетону, і в елементах металевого кріплення. Причому, в елементах кріплення згинальні моменти не досягають граничної величини.

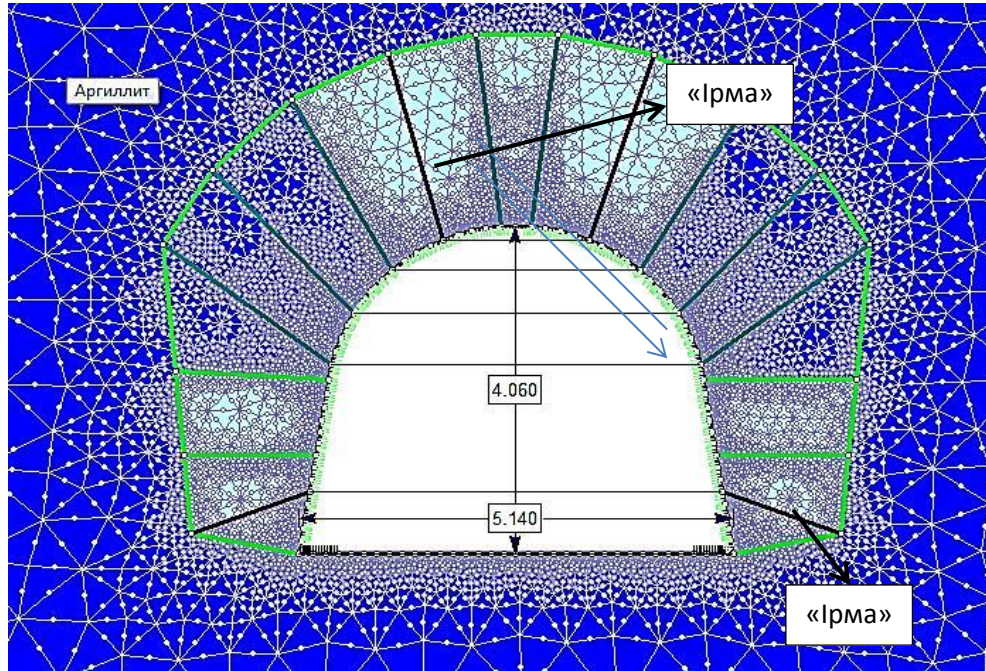


Рисунок 2.20. Моделювання додаткового зміцнення порід анкерами Ірма боків виробки. Зона II Етап Б (ПК97 - ПК100 + 9м)

Таким чином, в зоні II на етапі Б при виконанні всіх заходів забезпечується зменшення області руйнування в покрівлі до 0,4 м в місці установки анкерів; зміцнення контуру виробки: 4 см в покрівлі, 8-9 см в боках, 11-13 см в почві; зусилля в елементах металевого кріплення: осьові сили 0,45-1,06 МН, (що становить 0,5 1,1 від граничного значення $F_{\text{пред}}$), згинальні моменти - 0,021 МНм (що становить 0,75 $M_{\text{пред}}$). Виходячи з аналізу осьових сил, як найбільш близьких до граничних, вважаємо, що забезпечується запас міцності, який дорівнює 1,88

$$\left[\frac{1}{\left(\frac{1,11F_{\text{пред}}}{2 \text{ рамы}} \right)} \right]$$

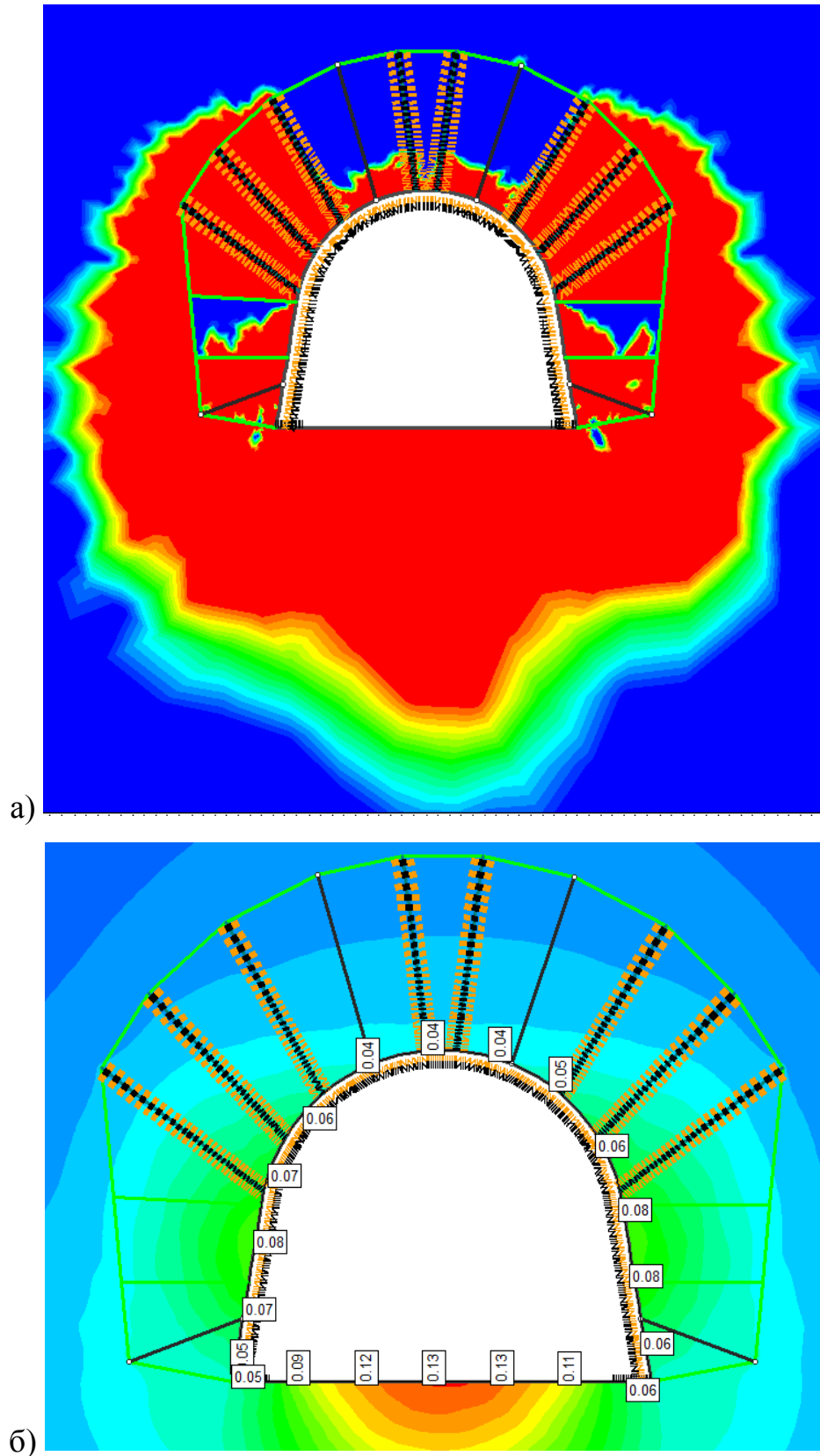
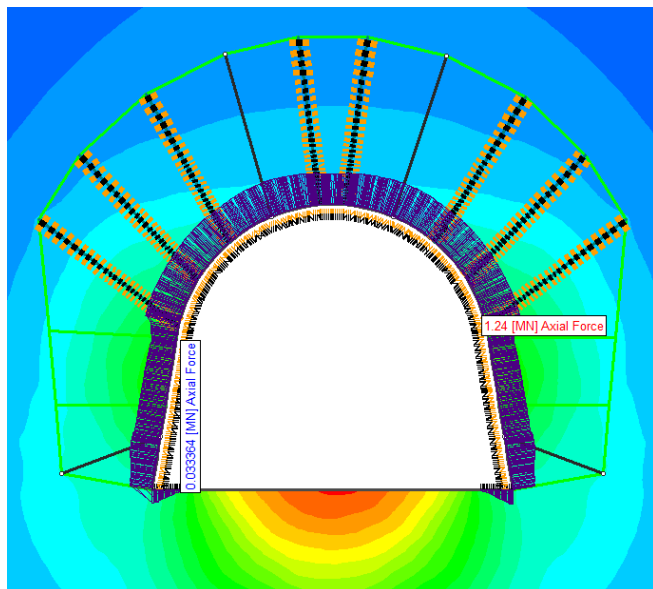


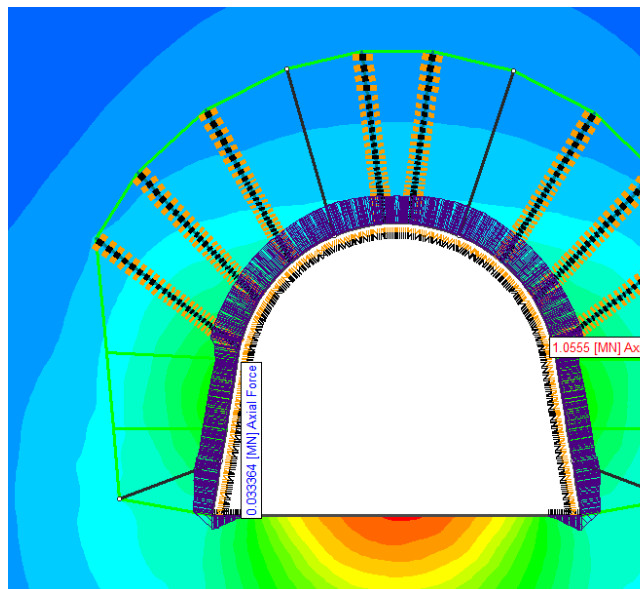
Рисунок 2.21. Области руйнування і переміщення порід при установці восьми сталеполімерних і чотирьох анкерів «ІРМА» Зона II Етап Б (ПК97-ПК100 + 9м)

a)



Осьові сили в тампонажному шарі

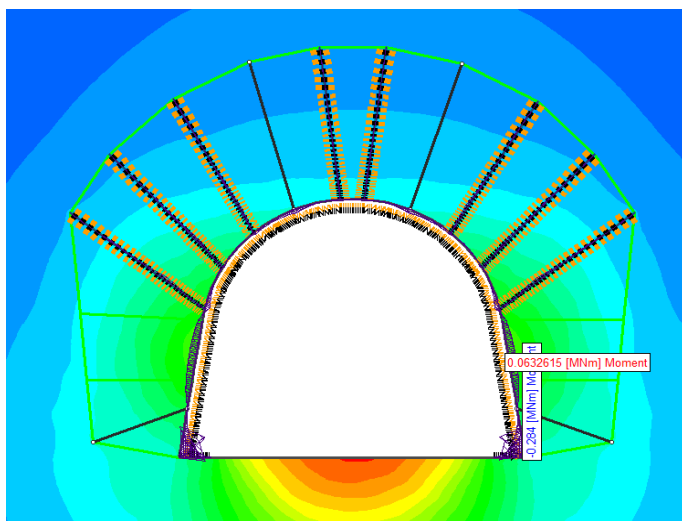
$$F=1,24 \text{ МН}$$



Осьові сили в кріпленні

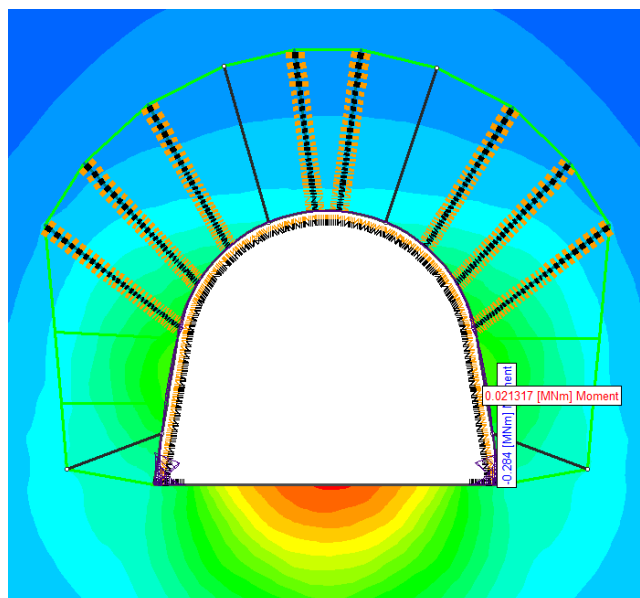
$$F=1,06 \text{ МН}$$

б)



Згинальні моменти в тампонажному

$$M=0,063 \text{ МН*М}$$



Згинальні моменти в кріпленні

$$M=0,021 \text{ МН*М}$$

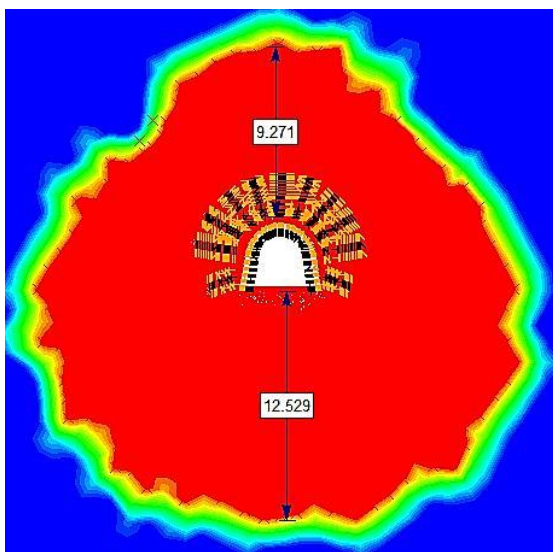
Рисунок 2.22. Згинальні моменти, що виникають в шарі тампонажу і в кріплення КШПУ-14,4 при установці восьми сталеполімерних і чотирьох анкерів «ІРМА». Зона II Етап Б (ПК97 - ПК100 + 9м)

2.2.3. Оцінка стану породного масиву і кріплення в Зоні III, ПК100 + 9м - ПК119 + 3м).

У цій зоні моделюються породи з найбільшим ступенем тріщинуватості, перем'яті і дезінтегровані. Як було зазначено вище, в розрахунковому алгоритмі це досягається присвоєнням породі найнижчого значення геологічного індексу ($GSI = 14$) і відповідним зниженням міцності і деформаційних характеристик порід.

Безпосередньо в зоні скиду установка рамно-анкерного кріплення не може стримати розвиток зони руйнувань (висотою 9,2 м, рис. 2.23, а) і переміщень приконтурних порід (величиною 13 – 61 см, рис. 3.23, б) навіть при заповненні торкретбетон закріпного простору. Тут застосування ін'єкційного закріплення порід за допомогою анкерів «Ірма» необхідно по всьому контуру виробки.

а)



б)

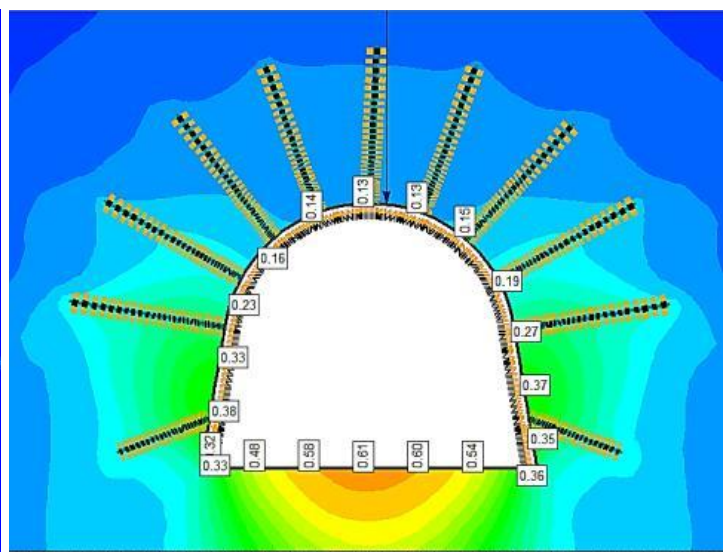


Рисунок 2.23. Области руйнування і переміщення порід при установці анкерного кріплення і заповнення торкретбетон закріпного простору без додаткового ін'єкціонування порід. Зона III (ПК100 + 9м - ПК119 + 3м)

Моделювання в зоні III виконано відповідно до 3-м пунктом табл. 2.1. У зводі виробки встановлені 4 анкера «Ірма», в боках - два анкери «Ірма» і 1 анкер «Ірма» встановлено в підшві виробки. Таким чином, навколо виробки формується область порід з меншим ступенем тріщинуватості.

Ін'єкція порід в зоні скиду дозволяє зменшити область зруйнованих порід до 2,5 м в покрівлі квершлягу і стабілізувати зміщення контуру на рівні 5 – 16 см (рис. 2.25).

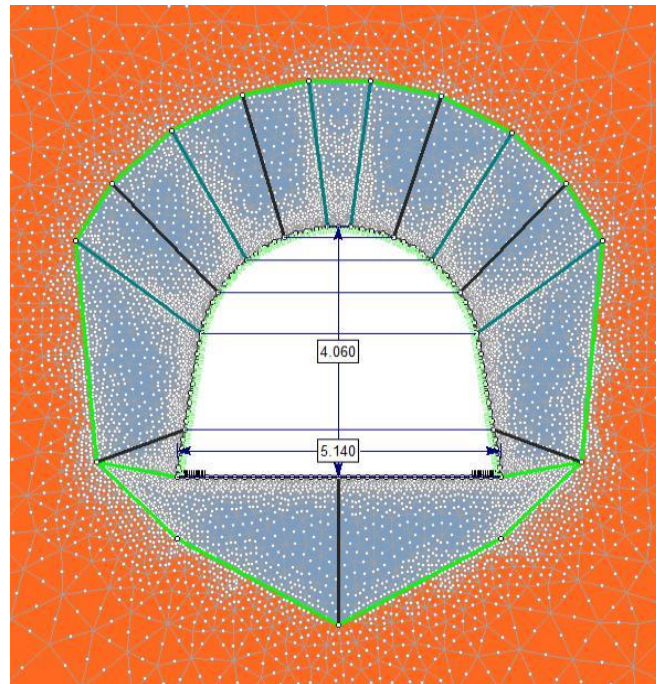


Рисунок 2.24. Розрахункова схема до моделювання повного паспорту кріплення в зоні III: металеве кріплення з торкетбетоном, 6 сталеполімерних анкерів, 6 анкерів «Ірма». Зона III (ПК100 + 9м - ПК119 + 3м)

а)

б)

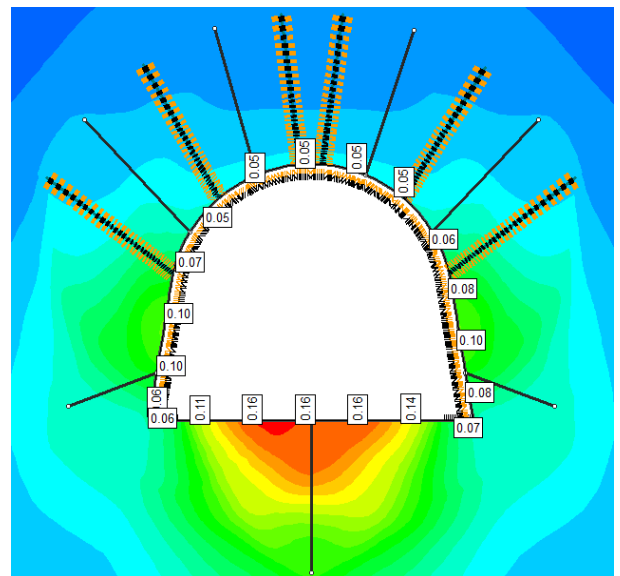
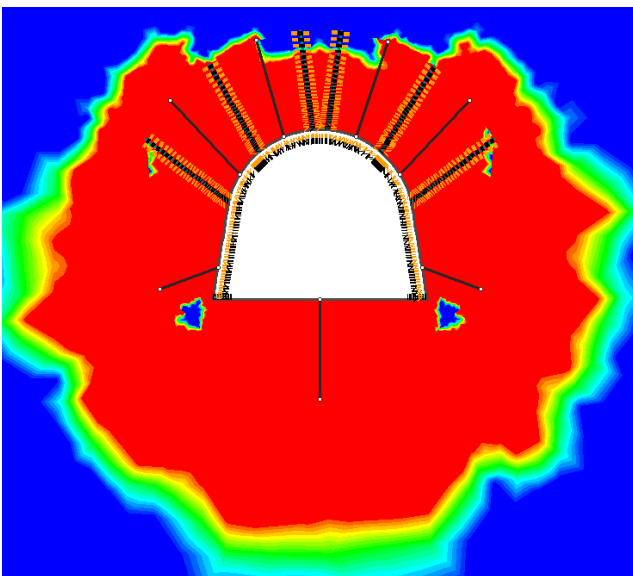
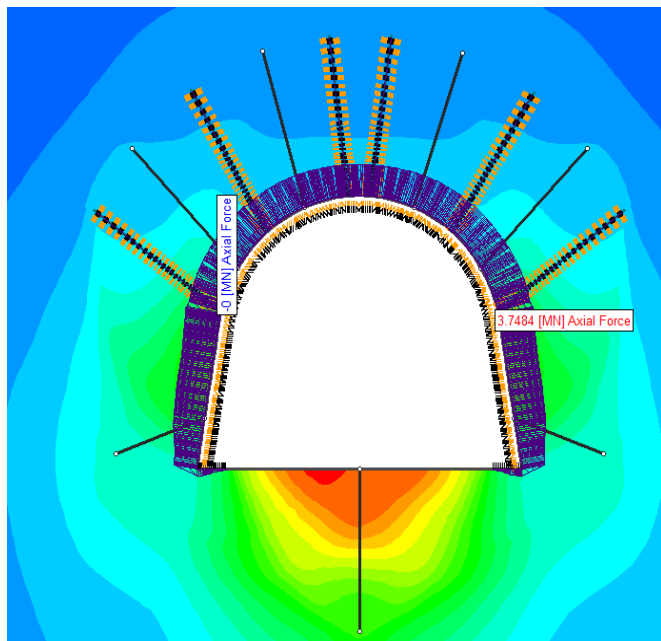


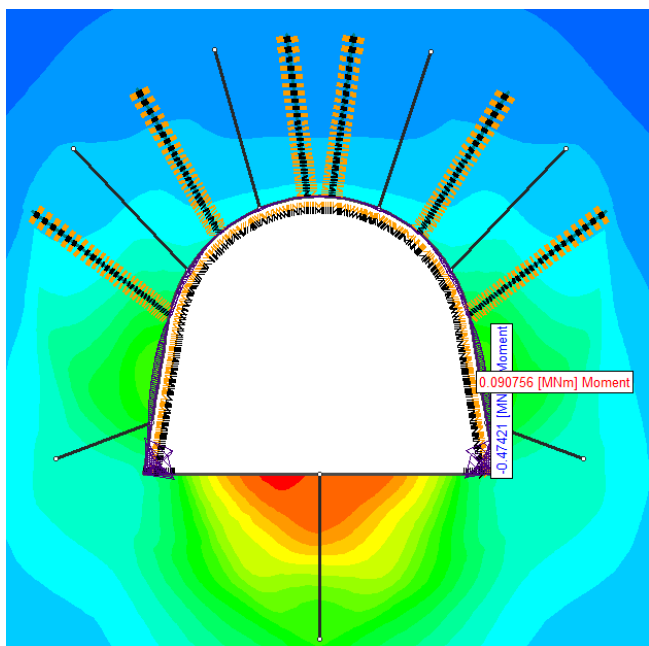
Рисунок 2.25. Области руйнування (а) і переміщення (б) порід при установці шести сталеполімерних і семи анкерів ІРМА. Зона III (ПК100 + 9м - ПК119 + 3м)



а) Осьові сили в тампонажному шарі

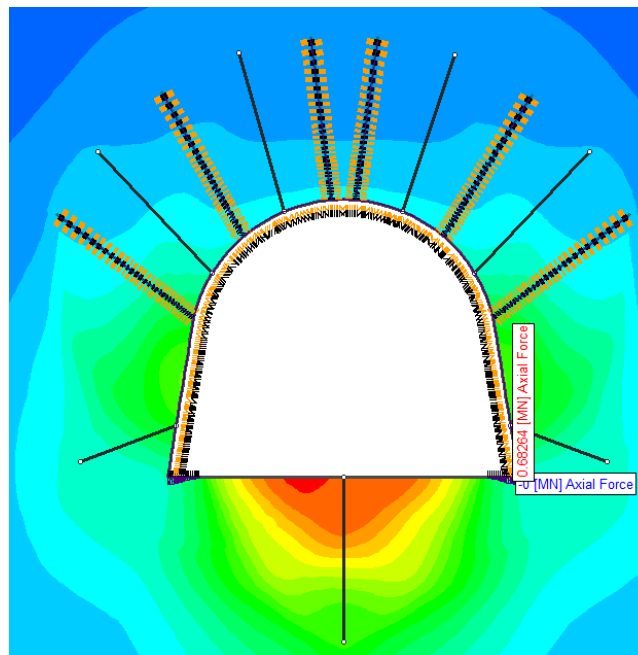
$$F=3,75 \text{ МН}$$

б)



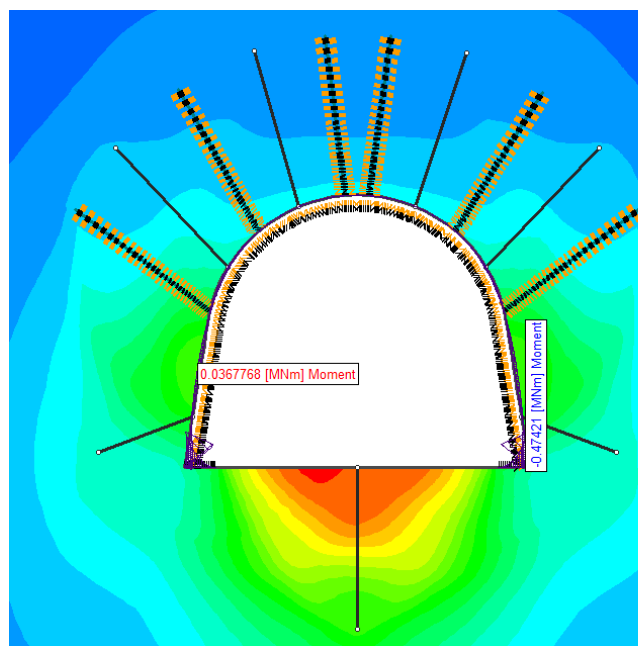
Згинальні моменти в тампонажному

$$M=0,091 \text{ МН*м}$$



Осьові сили в кріпленні

$$F=0,68 \text{ МН}$$



Згинальні моменти в кріпленні

$$M=0,037 \text{ МН*м}$$

Рисунок 2.26. Згинальні моменти, що виникають в шарі тампонажу і в кріплення КШПУ-14,4 при установці 6-ти сталеполімерних анкерів і 6-ти анкерів. Зона III в зоні скиду (ПК100 + 9м - ПК119 + 3м)

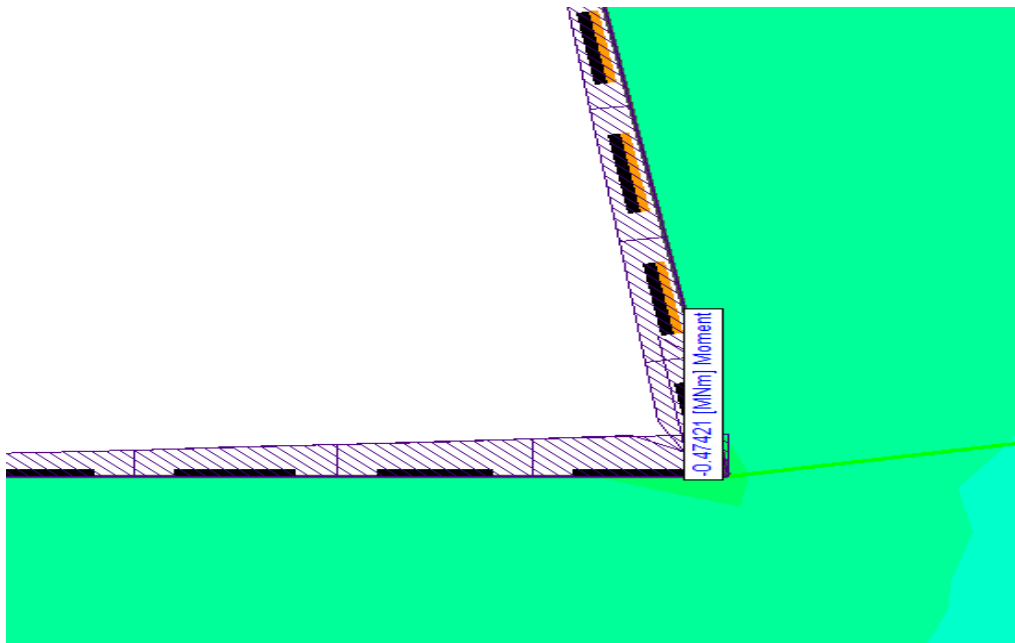


Рисунок 2.27. Згинальні моменти в «чобітку»

При оцінці максимальних значень осьових сил і згинальних моментів слід врахувати, що вони можуть виникнути в місці сполучення ніжки аркового кріплення з підсилює елементом в ґрунті, так званим «чобітком». Очевидно, що ці зусилля не слід розглядати з точки зору стійкості виробки

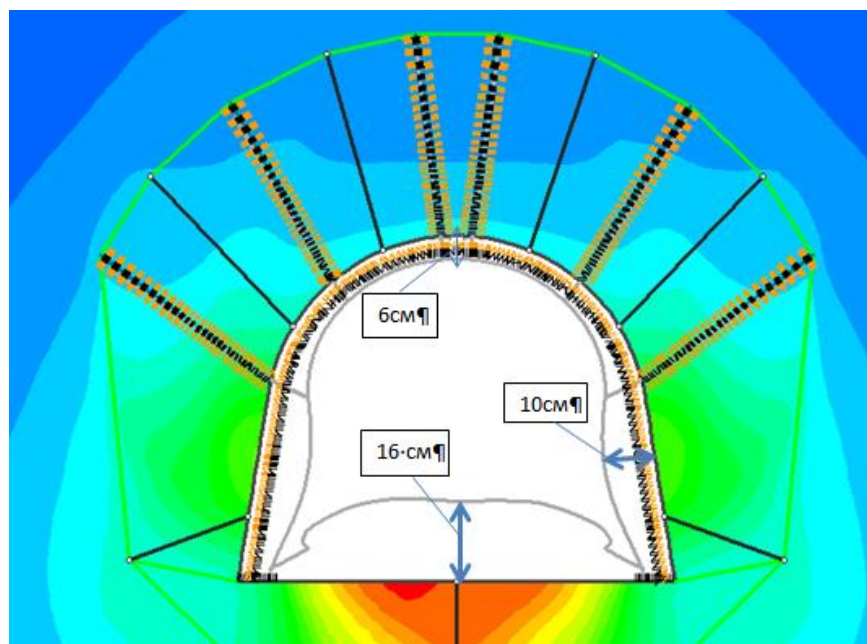


Рисунок 2.28. Зменшення перетину квершлагу при роботі в зоні скиду

Таким чином, виконання всіх заходів по зведенню комбінованої рамно-анкерного кріплення з використанням торкретбетону для заповнення закріпного простору і зміцненням порід полімерною смолою дозволить зберегти виробку в стійкому стані при роботі в зоні скиду. Очікуване зменшення перерізу виробки складе: в покрівлі 5 – 6 см, в боках -10 см, в почві - 14- 16 см (рис. 2.28).

2.2.4. У зонах IV і V на виході з області впливу скиду з небезпечної зони геомеханічна ситуація і паспорт кріплення будуть аналогічні розглянутим вище зонам II і I.

Узагальнення рекомендацій закріпленню виробки на різних ділянок проведення дренажного квершлага наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3

Паспорт кріплення дренажного квершлага на різних ділянках

П'ять умовних зон дренажного квершлага в межах зони Богданівського скиду			
I зона	ПК94- ПК97	30 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м., в склепінні встановлюється 9 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 сталеполімерних анкера.
	3 ПК96+5		До заходів попередньої зони додається буріння двох випереджувальних свердловин: по нормалі до площини зміщувача довжиною 50 м та горизонтально на довжину 45 м
II зона	ПК97- ПК100+3	33 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м. з підкладанням під стійки «Чобітків», в склепінні встановлюється 2 анкери «ІРМА» і 8 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 сталеполімерних анкера. Виконується торкретування закріпного простору з відставанням не більше ніж на 1 м від площини вибою.

Продовження таблиці 2.3

II зона	ПК100 +3- ПК100+9	6 м	До заходів попереднього пункту додаються 2 анкери «ІРМА» в борти виробки замість сталеполімерних.
II I зо- на	ПК100 +9- ПК119+3	184 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м. з підкладанням під стійки «Чобітків», в склепінні встановлюється 4 анкери «ІРМА» і 6 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 анкери «ІРМА», і один анкер «ІРМА» в підшву. Виконується торкретування закріпного простору з відставанням не більше ніж на 1 м від площини вибою.
I V зона	ПК119 +3- ПК119+9	6 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м. з підкладанням під стійки «Чобітків», в склепінні встановлюється 2 анкери «ІРМА» і 8 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 анкери «ІРМА». Виконується торкретування закріпного простору з відставанням не більше ніж на 1 м від площини вибою.
	ПК119 +9- ПК123+2	33 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м. з підкладанням під стійки «Чобітків», в склепінні встановлюється 2 анкери «ІРМА» і 8 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 сталеполімерних анкера. Виконується торкретування закріпного простору з відставанням не більше ніж на 1 м від площини вибою.
V зона	ПК123 +2- ПК126+2	30 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м., в склепінні встановлюється 9 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 сталеполімерних анкера.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Чисельне моделювання послідовного просування забою дренажного квершлягу пласта C_{10}^B до зони впливу тектонічного порушення «Богдановського скиду» показало наступне:

1. Виконано моделювання спільної роботи тріщинуватості породного масиву з рамно-анкерним кріпленням (сталеполімерних анкерів і кріплення КШПУ 14,4) з урахуванням шару тампонажу, а також ін'єкційних анкерів «ІР-МА».

2. При підході до кордону зони безпечного ведення робіт на ділянці ПК94-ПК97 (зона I) стійкий стан дренажного квершлягу забезпечується установкою рамно-анкерного кріплення див. таб. 2.3. При зазначеній щільності кріплення забезпечується запас міцності, який дорівнює 2,0.

3. При вході забою в зону небезпечного ведення робіт (зона II) в зв'язку зі збільшенням тріщинуватості порід і зменшенням їх міцності властивостей значно збільшується навантаження на кріплення, що викликає триразове збільшення зусиль в елементах металевого кріплення. На цьому етапі необхідний щільний контакт металевого кріплення з навколишнім масивом, що забезпечується торкретуванням закріпного простору сухими сумішами типу «ТЕКХАРД-Т». Створення двошарової конструкції дозволяє зменшити осьові сили в елементах металокріплення в 2,2 рази, а згинальні моменти - в 1,7 раз. Для повної компенсації навантаження з боку тріщинуватого дуже міцного масиву необхідно анкерування порід з додатковим ін'єкція полімерною смолою за допомогою анкерів «Ірма». У небезпечній зоні в міру наближення безпосередньо до зони скиду рекомендується поступово посилювати кріплення додатковим ін'єкція, розбивши роботи на два етапи:

- **етап А:** установка кріплення КШПУ-14,4 з кроком 0,5 м при обов'язковому торкретуванні закріпного простору див. таб. 2.3. При виконанні всіх заходів забезпечується зменшення області руйнування в покрівлі з 2,5 м (без зміцнення смолою) до 1,1 м в місці установки анкерів «Ірма»; зміцнення кон-

туру виробки: 4 см в покрівлі, 8-9 см в боках, 11-13 см в ґрунті; зусилля в елементах металевого кріплення: осьові сили 0,45МН (що майже в 2 рази менше граничного значення) згинальні моменти - 0,033МНм (що становить 1,13М перед). Таким чином, виходячи з аналізу згинальних моментів, як найбільш близьких до граничних, вважаємо, що забезпечується запас міцності, який дорівнює 1,77

$$\left[1 / \left(\frac{1,13M_{\text{перед}}}{2 \text{ рамы}} \right) \right]$$

- **етап Б:** установка кріплення див. таб. 2.3. При виконанні всіх заходів забезпечується зменшення області руйнування в покрівлі до 0,4 м в місці установки анкерів; зміщення контуру виробки: 4 см в покрівлі, 8-9 см в боках, 11-13 см в почві; зусилля в елементах металевого кріплення: осьові сили 0,45-1,06 МН, (що становить 0,5 1,1 від граничного значення $F_{\text{перед}}$), згинальні моменти - 0,021МНм (що становить 0,75 $M_{\text{перед}}$). Таким чином, виходячи з аналізу осьових сил, як найбільш близьких до граничних, вважаємо, що забезпечується запас міцності, який дорівнює 1,88

$$\left[1 / \left(\frac{1,11F_{\text{перед}}}{2 \text{ рамы}} \right) \right]$$

4. При вході забою безпосередньо в зону скидання (зона III) необхідно забезпечити скріплення порід полімерними смолами по всьому контуру виробки див. таб. 2.3. Таким чином, навколо виробки формується область порід з меншим ступенем тріщинуватості. Крім того в комбінованому анкерному ряду встановлюються сталеполімерні анкера довжиною 2.4м. Комбіновані анкерні ряди чергуються з рядами сталеполімерних анкерів Аналогічно попередньому етапу. Ін'єкція порід в зоні скиду в сукупності з торкретуванням закріпного простору дозволяє стримати розвиток області зруйнованих порід на рівні 2,5 м в покрівлі квершлягу і стабілізувати зміщення контуру на рівні 5 – 16 см, а саме: в покрівлі 5 см, в боках 10 см, в ґрунті 16 см. Завдяки зміцненню приконту-

рних порід, а також рівномірному торкретування закріпного простору осьова сила в елементах металевго кріплення не перевищує гранично допустиму, складаючи $0,76 F_{\text{пред}}$. Максимальний згинальний момент становить $1,2 M_{\text{пред}}$. З урахуванням установки 2-х рам на 1 м виробки кріплення здійснюється майже з запасом міцності, рівним 1,67

$$\left[1 / \left(\frac{1,2 M_{\text{пред}}}{2 \text{ рамы}} \right) \right]$$

РОЗДІЛ 3

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1. Кошторисна документація проекту і технічні параметри об'єкту будівництва

Проектом передбачається будівництво дренажного квершлягу, для визначення вартісних параметрів спорудження якого сформовано локальний кошторис, договірна ціна і відомість ресурсів.

Розрахунок виконано з використанням програмного комплексу «Будівельні технології – КОШТОРИС».

Квершлаг за довжиною поділений на ділянки з посиленням кріпленням, що відображено в локальному кошторисі: роботи на кожній ділянці винесені в свій окремий розділ. Ділянки посилення дозволяють забезпечити тривалу стійкість квершлягу в особливо складних умовах порід і структур Богданівського скидання (див. рис 3.1, табл. 3.2).

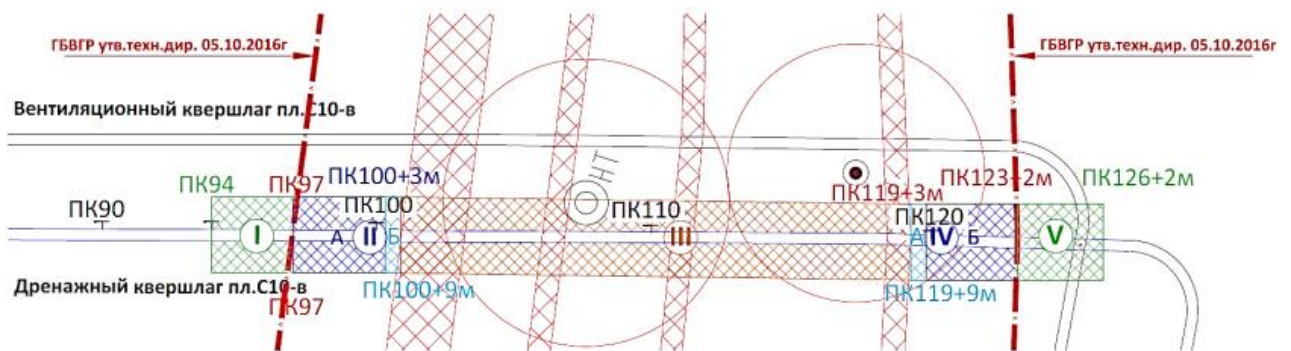


Рисунок 3.1 – Схема розташування ділянок з різними рівнями стійкості виробки за довжиною квершлягу в зоні Богданівського скидання.

Обсяги робіт розраховані на підставі наступних вихідних даних:

- площа перерізу виробки в проходці – 16 м²;
- маса рами кріплення – 0,369 т.;
- маса рами кріплення з елементами посилення – 0,389 т.;
- об'єм залізобетонної затяжки в покрівлі – 0,32 м³/м.п.;

- об'єм залізобетонної з'язки в боках – 0,15 м³/м.п.;
- площа сітчастої з'язки в покрівлі (для ділянки поза скиданням) – 6,4 м²/п.м.;
- площа сітчастої з'язки в боках (для ділянки поза скиданням) – 3,0 м²/п.м.;

Таблиця 3.1.

П'ять умовних зон дренажного квершлягу в межах зони Богданівського скиду

I зона	ПК94- ПК97	30 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м., в склепінні встановлюється 9 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 сталеполімерних анкера.
	3 ПК96+5		До заходів попередньої зони додається буріння двох випереджувальних свердловин: по нормалі до площини зміщувача довжиною 50 м та горизонтально на довжину 45 м
II зона	ПК97- ПК100+3	33 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м. з підкладанням під стійки «Чобітків», в склепінні встановлюється 2 анкери «ІРМА» і 8 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 сталеполімерних анкера. Виконується торкретування закріпного простору з відставанням не більше ніж на 1 м від площини вибою.
	ПК100+3- ПК100+9	6 м	До заходів попереднього пункту додаються 2 анкери «ІРМА» в борти виробки замість сталеподімерних.
III зона	ПК100+9- ПК119+3	184 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м. з підкладанням під стійки «Чобітків», в склепінні встановлюється 4 анкери «ІРМА» і 6 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 анкери «ІРМА», і один анкер «ІРМА» в підшву. Виконується торкретування закріпного простору з відставанням не більше ніж на 1 м від площини вибою.
IV зона	ПК119+3- ПК119+9	6 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м. з підкладанням під стійки «Чобітків», в склепінні встановлюється 2 анкери «ІРМА» і 8 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 анкери «ІРМА». Виконується торкретування закріпного простору з відставанням не більше ніж на 1 м від площини вибою.
	ПК119+9- ПК123+2	33 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м. з підкладанням під стійки «Чобітків», в склепінні встановлюється 2 анкери «ІРМА» і 8 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 сталеполімерних анкера. Виконується торкретування закріпного простору з відставанням не більше ніж на 1 м від площини вибою.
V зона	ПК123+2- ПК126+2	30 м	Щільність встановлення рам КШПУ 14,4 – 2 р/п.м., в склепінні встановлюється 9 сталеполімерних анкерів, в боки – 2 сталеполімерних анкера.

Таблиця 3.2.

Основні показники кошторисного розрахунку

№ п/п	Назва показника	Кількість
1.	Кошторисна вартість проходки виробки, тис. грн.	37 700,6
2.	Прямі витрати на проходку виробки, тис. грн.	34 596,7
3.	Кошторисна трудомісткість проходки виробок, тис. люд-год.:	105,9
4.	Договірна ціна, млн. грн.	46,7
5.	Договірна ціна проходки погонного метра, грн.	37 001

Окремо слід розрахувати вартість погонного метра спорудження ділянки виробки, що дозволить зробити порівняльний аналіз витрат на кожному з них (див. табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Розрахувати вартість погонного метра спорудження ділянки виробки

№ п/п	Ділянка	Довжина ділянки, м	Прямі витрати, грн. грн./п.м.	Трудомісткість, люд.-год люд.-год./п.м.
1.	ПК0...94	940	<u>21 219 667</u> 22 574,1	<u>53 004</u> 56,4
2.	ПК94...97, ПК123+2...126+2	30	<u>826 947</u> 28 564,9	<u>1 946,6</u> 64,9
3.	ПК97...100+3, ПК119+9...123+2	33	<u>974 316</u> 29 524,7	<u>2 355,3</u> 71,37
4.	ПК100+3...100+9, ПК119+3...119+9	6	<u>258 445</u> 33 074,2	<u>431,6</u> 71,93
5.	ПК100+9...119+3	184	<u>9 227 843</u> 40 151,3	<u>13 434,5</u> 73,01

Дані таблиці свідчать про зростання витрат праці і коштів в міру ускладнення системи охорони виробки, що в цілому є очевидним. Однак конкретні цифри дозволяють оцінити сумарну питому величину перевищення вартості погонного метра виробки на ділянці з посиленням над такою ж величиною на звичайній ділянці. Найбільша різниця на ділянці ПК100+9...119+3 и складає $\delta=40\ 151,3-22\ 574,1=17577,2$ грн.

Посилення кріплення дозволить, як передбачається, зберегти стійкість виробки. Без таких заходів виробка, ймовірно, перейде в нестійкий стан і потребуватиме ремонту, а в гіршому випадку – проходки нової виробки, вартість будівництва погонного метра якої відповідає вартості на ділянці ПК0...940, а саме 22 574,1 грн./п.м. Таким чином економія коштів для ділянки ПК100+9...119+3 в найгіршому випадку складе:

$$e_{100+9\dots119+3} = (22574,1 - 17577,2) \cdot 184 = 919\ 429,6 \text{ грн.}$$

Для інших ділянок:

$$e_{97\dots100+3,123+2\dots126+2} = (22\ 574,1 - (29\ 524,7 - 22\ 574,1)) \cdot 60 = 937\ 410 \text{ грн.}$$

$$e_{94\dots97,119+9\dots123+2} = (22\ 574,1 - (28\ 564,9 - 22\ 574,1)) \cdot 66 = 1\ 094\ 497,8 \text{ грн.}$$

$$e_{100+3\dots100+9,119+3\dots119+9} = (22\ 574,1 - (33\ 074,2 - 22\ 574,1)) \cdot 12 = 144\ 888,0 \text{ грн.}$$

Сумарний економічний ефект складе:

$$E = 919\ 429,6 + 937\ 410,0 + 1\ 094\ 497,8 + 144\ 888,0 = 3\ 096\ 225,4 \text{ грн. за прямими витратами.}$$

3.2.Визначення тривалості проходки виробок. Зведений графік організації робіт

Тривалість проходки кожної виробки визначається за формулою:

$$T_i = \frac{Q_i}{N \cdot n \cdot t \cdot n_{\text{оп}} \cdot \kappa_n \cdot \kappa};$$

де Q_i – кошторисна трудомісткість проведення виробки;

N – кількість робочих днів в місяці, днів;

n – кількість прохідницьких змін на добу, зм.;

t – тривалість прохідницької зміни, год.;

$n_{бр}$ – чисельний склад прохідницької бригади, люд.;

κ_n – коефіцієнт перевиконання норм виробітку, $\kappa_n = 1,1$;

κ – коефіцієнт, що враховує частку трудомісткості робіт, що не відносяться безпосередньо до прохідницьких процесів (доставка матеріалів і обладнання, роботи на поверхні, монтаж-демонтаж обладнання, пуск-налагоджувальні роботи), $\kappa = 1,5 \dots 1,6$.

1. Тривалість проходки квершлягу на ділянці ПК0...94:

$$T_1 = \frac{53004}{30 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot 1,5} = 8,9 \text{ міс}, \text{ при швидкості } 105,6 \text{ м/міс}, 3,5 \text{ м/добу}.$$

2. Тривалість проходки квершлягу на ділянках ПК94...97, ПК97...100,3:

$$T_2 = \frac{1946,6}{30 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot 1,5} = 0,33 \text{ міс}, \text{ при } 91 \text{ м/міс}, 3 \text{ м/добу}.$$

3. Тривалість проходки квершлягу на ділянках ПК97...100+3, ПК119+9...123+2:

$$T_3 = \frac{2355,3}{30 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot 1,5} = 0,4 \text{ міс}, \text{ при } 83,2 \text{ м/міс}, 2,77 \text{ м/добу}.$$

4. Тривалість проходки квершлягу на ділянках ПК100+3...100+9, ПК119+3...119+9:

$$T_3 = \frac{431,6}{30 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot 1,5} = 0,07 \text{ міс}, \text{ при } 82,5 \text{ м/міс}, 2,75 \text{ м/добу}.$$

5. Тривалість проходки квершлягу на ділянках ПК100+9...119+3:

$$T_3 = \frac{13434,5}{30 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 1,1 \cdot 1,5} = 2,26 \text{ міс}, \text{ при } 81,4 \text{ м/міс}, 2,71 \text{ м/добу}.$$

Сумарна тривалість будівництва:

$$T^1 = 8,9 + 0,33 \cdot 2 + 0,4 \cdot 2 + 0,07 \cdot 2 + 2,26 = 12,76 \text{ міс}.$$

Тривалість будівництва з урахуванням підготовчого і заключного періодів будівництва:

$$T = 12,76 \cdot 0,1 + 12,76 + 12,76 \cdot 0,05 = 1,28 + 12,76 + 0,64 = 14,68 \text{ міс}.$$

Таблиця 3.4.

Основні технічні показники за результатами кошторисного розрахунку:

№ п/п	Назва	Кількість
1.	Тривалість будівництва, міс.	14,68
2.	Середня швидкість проходки, м/міс	98,9
3.	Можливий економічний ефект, тис. грн.	3 096,2

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз вихідних даних про гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов проведення дренажного квершлягу пласту C_{10}^B шахти «Самарська» в небезпечній зоні Богданівського скиду.

2. Визначено геологічні фактори, що впливають на умови переходу гірничими роботами Богданівського скиду. Визначено, що при переході Богданівського скиду необхідно звернути увагу на будову поверхні вугільного пласта. У зоні дзеркала ковзання тріщинуваті ділянки алевроліту і пісковика можуть бути зонами скупчення метану. На цих ділянках метаноносності вугілля може збільшуватися до 24-30 м³/т.

3. Виконано моделювання спільної роботи тріщинуватості породного масиву з рамно-анкерним кріпленням (сталеполімерних анкерів і кріплення КШПУ 14,4) з урахуванням шару тампонажу, а також ін'єкційних анкерів «ІР-МА».

4. При строгому дотриманні паспорта кріплення і постійному моніторингу ситуації буде забезпечено безпечне проведення дренажного о квершлягів пласта C_{10}^B в небезпечній зоні геологічного порушення «Богданівського скиду».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нагорный Ю.Н. О времени и механизме образования сбросовых дислокаций Южного и Западного Донбасса / Ю.Н. Нагорный, В.Н. Нагорный // Бюлл. Московского общества испытателей природы (отдел геологический), 1973. – № 3. – С. 60-69.
2. Забигаило В.Е. Проблемы геологии газов угольных месторождений / В.Е. Забигаило, А.З. Широков. – К.: Наук. думка, 1972. – 172 с.
3. Ярошевский В. Тектоника разрывов и складок / В. Ярошевский. – М.: Недра, 1981. – 245 с.
4. Халимендик Ю.М. Обоснование технологии перехода геологических нарушений механизированными комплексами в условиях Западного Донбасса: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Ю.М. Халимендик.– Днепропетровск, 1983. – 23 с.
5. Лукинов В.В. Тектоника метанугольных месторождений Донбасса / В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко. – Киев: Наукова думка. – 2008. – 350с.
6. Дьяченко Н.В. Тектоническое строение Западного Донбасса в контексте сдвигообразования / Н.В. Дьяченко, В.А. Привалов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – Донецьк: УкрНДМІ НАНУ, 2010. - №6 – 26-49
7. Hoek E. Practical Rock Engineering, 2000 Edition (Электрон. Ресурс) / Способ доступа <http://www.rocscience.com/hoek/Practical Rock Engineering>. – Загол. с экрана.
8. О научно-исследовательской работе специальный проект проведения откаточного квершлага пл. С₁₀ в ш-ты «САМАРСКАЯ» в опасной зоне Богдановского сброса, авторский надзор и мониторинг осложняющих факторов при проведении откаточного квершлага.: отчет о НИР (промежуточный.): 050382 / Нац. горн. ун-т; науч. рук. А.Н. Шашенко; исполн: Е.А. Сдвижкова, И.А. Садовенко, Ю.М. Халимендик, С.Н. Гапеев [и др.].– Д., 2015.– 234 с.
9. О.О. Sdvyzhkova, D.V. Babets, K.V. Kravchenko, A.V. Smirnov Determining the displacements of rock mass nearby the dismantling chamber under

effect of plow longwall // Науковий вісник НГУ. – Д.: Національний гірничий університет, 2016, №2 - С.34-42.

10. О научно-исследовательской работе специальный проект проведения откаточного квершлага пл. С₁₀ в ш-ты «САМАРСКАЯ» в опасной зоне Богдановского сброса, авторский надзор и мониторинг осложняющих факторов при проведении откаточного квершлага. Теме 050402. Днепропетровск. 2015.

11. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони: СОУ 10.1.00185790.011:2007. – К.: Мінвуглепром України, 2007. – 116 с. (Галузевий стандарт України).

12. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу: ДБН В.2.6-163:2010.– К.: Мінрегіон України, 2010. – 296 с. (Державні будівельні норми).

ДОДАТКИ