

ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет «Гірничий»

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра «Розробки родовищ корисних копалин»

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ /Єфремов І.О./

“ _____ ” _____ 2023_року

Випускна кваліфікаційна робота

_____ магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Підвищення операційної ефективності ділянки з видобутку вугілля в умовах бл. 10 ПРАТ ш/у Покровське»

Виконав: студент 2 курсу, групи РККзм-21

напряму підготовки (спеціальності) 184 «Гірництво», спеціалізація «Розробка родовищ корисних копалин»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Петров В.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник проф. каф. РРКК, д.т.н., Сахно І.Г.

(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

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

(підпис)

Луцьк – 2023 р

ДВНЗ «Донецький Національний Технічний Університет»

Факультет Гірничий

Кафедра Розробка родовищ корисних копалин

Освітньо-кваліфікаційний рівень (освітній ступінь) магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 184 «Гірництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

/Єфремов І.О./

“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРУ

Петров Валерій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення операційної ефективності ділянки з видобутку вугілля в умовах бл. 10 ПРАТ ш/у Покровське

керівник роботи Сахно Іван Георгійович, д.т.н., проф

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом № від “ ” 2023 року

2. Строк подання студентом роботи 15 травня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи матеріали, зібрані відповідно до завдання під час проходження переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити: загальна характеристика ПРАТ ш/у Покровське, аналіз операційної ефективності підприємства, огляд літератури щодо сучасних підходів до оцінки оперативної ефективності, SWAT аналіз, розробка заходів з підвищення ефективності видобутку вугілля, прогнозна оцінка запропонованих рішень

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
схема розкриття, викопіювання з плану гірничих виробок, паспорт кріплення і управління покрівлею, графіки організації робіт в лаві, запропонована технологічна схема очисних робіт, результати розрахунків

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 26 лютого 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Відомості про гірничо-геологічні, гірничо-технічні показники ПРАТ «ш/у Покровське»	05.03.2023	
2	Аналіз технологічної схеми видобутку вугілля прийнятої в ПРАТ «ш/у Покровське»	15.03.2023	
3	Огляд сучасних поглядів на шляхи покращення операційної ефективності гірничого виробництва	25.03.2023	
4	Аналіз взаємозв'язків між можливими технологічними позаплановими простоями у лаві (на прикладі 2-ї лави південної панелі блоку 10)	01.04.2023	
5	Аналіз технологічних позапланових простоїв на виїмковій ділянці (на прикладі 2-ї лави південної панелі блоку 10)	15.04.2023	
6	Розробка заходів підвищення операційної ефективності виїмкової ділянці	20.04.2023	
7	Охорона праці	01.05.2023	
8	Оформлення роботи і підготовка до захисту	05.05.2023	

Студент

_____ Петров В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Сахно І.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Петров В.В. Підвищення операційної ефективності ділянки з видобутку вугілля в умовах бл. 10 ПРАТ ш/у Покровське / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 184 «Гірництво». – ДВНЗ ДонНТУ, Луцьк, 2023.

Магістерська робота присвячена вирішенню актуального завдання аналізу резервів підвищення операційної ефективності видобувної ділянки і розробки інжинірингових рішень з підвищення операційної ефективності ділянки з видобутку вугілля в умовах бл. 10 ПРАТ ш/у Покровське.

На основі критичного аналізу шахтної технологічної схеми видобутку вугілля було проаналізовано можливі резерви підвищення операційної ефективності. Аналіз планових і непланових зупинок в роботі виїмкової ділянки вказує на те, що основною проблемою є непланові зупинки лави. Поелементний аналіз технічного обладнання ділянки вказує, що основними проблемними ланками є кріплення, комбайн і конвеєр лави з долями непланових простоїв до планових технологічних перерв відповідно 10,43%, 8,62% і 4,96%.

Аналіз літературних джерел дозволив зробити висновок, що найбільш перспективним способом підвищення операційної ефективності в умовах, що розглядаються в магістерській роботі є підвищення рівня автоматизації. Мінімальний рівень, що має бути забезпечений на ділянці це SCADA система.

Рекомендується впровадження системи автоматизованого управління механізованим кріпленням Cat 1219/2235-2x5655-1750 з блоками керування PMC-R 2.0, PMC-D і PMC-V з людино-машинний інтерфейсом. Після розрахунку ефективності за допомогою теорії надійності встановлено, що для комбайна JOY4-LS20 вірогідність роботи в безаварійному стані підвищується на 16,1%, а для мехкріплення на 17,9%. Додатковий річний видобуток становить 28768 тон вугілля. Таким чином технічна ефективність запропонованих рішень очевидна.

Ключові слова: шахта, лава, комбайн, механізована секція, операційна ефективність.

ABSTRACT

Petrov Valerii. Increasing the operational efficiency of the coal mining area in the conditions of block 10 Pokrovske mine/ Graduation qualifying work for obtaining an educational degree «Master» specialty 184 «Mining». - SHEI DonNTU, Lutsk, 2023.

The master's thesis is devoted to solving the urgent problem of analyzing the reserves of increasing the operational efficiency of the longwall and developing engineering solutions to increase the operational efficiency of the coal mining in the conditions of block 10 Pokrovske mine.

On the basis of a critical analysis of the mine technological scheme of coal production, possible reserves for increasing operational efficiency were analyzed. The analysis of planned and unplanned stops in the work of the longwall indicates that the main problem is unplanned stoppages of the longwall equipment. An element-by-element analysis of the technical equipment indicates that the main problematic links are roof support, the coal shearer and the AFC with the shares of unplanned downtime to scheduled technological breaks of 10.43%, 8.62% and 4.96%, respectively.

The analysis of literary sources made it possible to conclude that the most promising way to increase operational efficiency in the conditions considered in the master's thesis is to increase the level of automation. The minimum level that must be provided at the site is a SCADA system.

It is recommended to implement an automated control system for a Cat 1219/2235-2x5655-1750 mechanized attachment with PMC-R 2.0, PMC-D and PMC-V control units with human-machine interface. After calculating the efficiency with the help of the reliability theory, it was established that for the JOY4-LS20 combine, the probability of working in an accident-free state increases by 16.1%, and for the mechanical attachment by 17.9%. Additional annual production is 28,768 tons of coal. Thus, the technical efficiency of the proposed solutions is obvious.

Key words: mine, longwall, coal shearer, roof support, operational efficiency.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Відомості про гірничо-геологічні, гірничо-технічні показники ПРАТ «ш/у Покровське»	9
2. Аналіз технологічної схеми видобутку вугілля прийнятої в ПРАТ «ш/у Покровське»	12
2.1. Загальні положення	12
2.2 Аналіз організаційної складової робіт у виїмковій ділянці	12
2.3 Аналіз технологічної складової робіт у виїмковій ділянці	17
3. Огляд сучасних поглядів на шляхи покращення операційної ефективності гірничого виробництва	28
3.1 Доцільність впровадження принципів операційних покращень в гірництві	28
3.2. Загальна характеристика концепції операційних покращень	31
3.3 Можливі напрямки впровадження сучасних принципів операційних покращень в гірництві	34
3.4. Огляд світового досвіду впровадження операційних покращень на гірничих підприємствах	35
3.5. Сучасний стан і перспективні напрямки підвищення операційної ефективності, що впливають з огляду літератури	39
4. Аналіз взаємозв'язків між можливими технологічними позаплановими простоями у лаві (на прикладі 2-ї лави південної панелі блоку 10)	42
5. Аналіз технологічних позапланових простоїв на виїмковій ділянці (на прикладі 2-ї лави південної панелі блоку 10)	52
6. Розробка заходів підвищення операційної ефективності виїмкової ділянці	62
6.1 Оцінка простоїв обладнання через планові і непланові зупинки в роботі	62
6.2 Оцінка простоїв обладнання через планові і непланові зупинки в роботі	63
6.3 Розрахунок ефективності запропонованих рішень	68
7. Охорона праці	76
7.1 Заходи безпеки при роботі комбайна JOY	76
7.2 Заходи безпеки при передвижці секцій	79
7.3 Заходи безпеки при роботі і ремонті конвеєра	80
7.4 Заходи безпеки при на кінцевих ділянках лави	82
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	85

ВСТУП

Енергетична криза в Європі, що викликана війною в Україні, призвела до корінного перегляду концептуальних засад створення енергетичної стабільності. Диверсифікація енергетичних джерел і потоків призвела до зміни логістичних ланок, балансу ресурсів, що продукують електричну енергію. Теплова генерація з «зелених» джерел в найближчій час не в змозі забезпечити потреби населення. Саме тому знов актуальним стає використання органічних мінеральних ресурсів, і, насамперед, вугілля. Це підтверджується зростанням рівня видобутку вугілля в світі в останній рік.

Зазначені проблеми напряду стосуються України. Однак енергетична залежність держави ще більше загострює це питання. Враховуючи наявність великої кількості власних ресурсів вугілля, і недостатні запаси нафти і газу, стратегічно лише цей ресурс може забезпечити енергетичну незалежність країни.

Шахтоуправління «Покровське», що входить до активів «Метінвест Покровськвугілля» є кращим вуглевидобуваючим підприємством країни, і забезпечую близько 30% видобутку вугілля в країні. За останній рік, не дивлячись на війну і близькість підприємства до лінії фронту, відбулося нарощування виробничої потужності ш/у Покровське. Окрім цього в 2023 введено в дію ще один очисний вибій, що протягом року дозволить відпрацювати виїмкове поле з запасами близько 1 млн. тон високоякісного вугілля.

Проектні роботи на підприємстві ведуться в руслі сучасних світових тенденцій, з використанням стратегічних рішень достатньої глибини і перспективи. В шахті використовується сучасна техніка, в тому числі від світових брендів гірничої машинобудівної індустрії. В цих напрямках «вузьких місць» підприємство не має. Однак, стратегія «безперервних покращень», яка є концептуальною засадою менеджменту на підприємствах

Групи Метінвест, вимагає постійного покращення операційної ефективності. В рамках підприємства з підземного видобутку вугілля такі покращення теоретично можуть ґрунтуватись на організаційних і інжинірингових удосконаленнях.

З точки зору технології підземної розробки родовищ корисних копалин в цій магістерській роботі розглянуто технологічну (інжинірингову) складову операційних покращень, що є актуальним для ПРАТ ш/у Покровське.

З наведеного вище витікає мета магістерської роботи: розробка інжинірингових рішень з підвищення операційної ефективності ділянки з видобутку вугілля в умовах бл. 10 ПРАТ ш/у Покровське.

Завдання:

1. Виконати критичний аналіз шахтної технологічної схеми видобутку вугілля і визначити можливі резерви підвищення операційної ефективності.
2. Провести аналіз планових і непланових зупинок в роботі виїмкової ділянки, що виникають під час виконання відповідних робіт і технологічних процесів.
3. Провести аналіз літературних джерел з операційних покращень технології підземного видобутку вугілля.
4. Запропонувати операційні удосконалення для ділянки з видобутку вугілля ПРАТ ш/у Покровське і оцінити їх ефективність.

Методи дослідження.

Під час проведення огляду літератури і інтернет-ресурсів використовувались такі методи: патентний пошук, аналіз, синтез. При критичній оцінці варіантів технологічних схем використовувались СВАТ метод, метод індукції, метод узагальнення. При проведенні розрахунків використовувались методи статистичного аналізу, інженерних розрахунків і техніко-економічних розрахунків.

Структура та обсяг роботи.

Робота складається зі вступу, сіми розділів, висновків, списку використаних джерел з 20 найменування; містить 80 сторінок основного тексту, 19 рисунків, 6 таблиць, загальний обсяг роботи складає 86 сторінки.

1. Відомості про гірничо-геологічні, гірничо-технічні показники ПРАТ «Ш/У Покровське»

ПРАТ «Ш/У Покровське», яке є об'єктом дослідження магістерської роботи, найбільше вуглевидобувне підприємство України і впевнений лідер галузі. Балансові запаси коксівного вугілля, що видобуваються на підприємстві оцінюються у 200 млн. тон. Разом з сучасною збагачувальною фабрикою Свято-Варваринська, що розташована на одному проммайданчику з шахтоуправлінням і розрахована на збагачення до 8 млн тон рядового вугілля, з 2021 року підприємство входить до компанії «Метінвест Покровськвугілля». Після отримання контролю над вказаними підприємствами Група Метінвест впровадила на них внутрішні регламенти і концепції.

Ш/У Покровське (до перейменування шахта «Красноармійська-Західна №1») почало виробничу діяльність у 1990 році, і де-факто є найновішим підприємством з видобутку вугілля вітчизняної енергетичної сфери. Запаси, що були відведенні підприємству на етапі проектування відпрацьовані 9 років тому, що на 36 років раніше, ніж було заплановано (проектний термін служби 60 років). Модернізація низки ключових вузлів підприємства дозволили підвищити фактичний річний видобуток шахти більше ніж вдвічі відносно планового, що є дуже нетипово для вугільних шахт України.

Державна комісія по запасам погодила дорізку запасів вугілля нижче технічної межі шахти, що стало поштовхом для проведення нових стволів і планування до підготовки трьох великих блоків (блок 10, блок 11, блок 12).

Особливістю підприємства з технологічної сторони є те, що з пластів з промисловими запасами економічне значення має лише d_4 , на якому і ведуться гірничі роботи. Щоб забезпечити вказане навантаження навіть лавами мільйонниками підприємства вимушено тримати в постійній роботі

7- 8очисних вибоїв. Тримання високих темпів очисної виймки ускладнюється тим, що шахта віднесена до над категорійних з метану і небезпечних з газОВО-динамічних явищ.

Відкладення нижнього карбону свити C_1^4 , що є вугленосною, представлені від вапняку D_4 до вапняку E_1 і складені пластами піщаників, що переміщаються, сланців піщаних і сланців глинистих, що уміщують вугільні пласти; переважають сланці піщані і піщаники. Вапнякових пластів у ґрунті міститься до 21, вугільних прошарків-до 27. Горизонтами, що маркують свити, служать вапняки D_1 , D_1^{2H} , D_1^{2B} , D_1^{5B} , D_2 і D_3 [1].

У тектонічному відношенні поле шахти розташоване в центральній частині геолого - промислового району між Котлинським насувом на сході і Криворізько - Павловським скидом на заході (рис. 1.1.). Площа ділянки являє собою дуже пологої антиклінальну складку, витягнуту вздовж Криворізько-Павловського скиду майже в меридіанному напрямку [1].

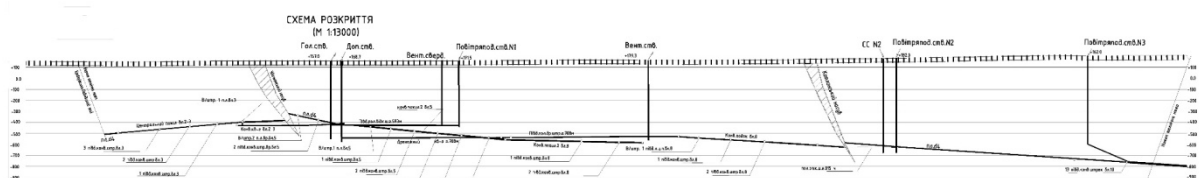


Рисунок 1.1. – Схема розкриття шахтного поля

Пласт d_4 (єдиний робочий пласт підприємства) характеризується неоднорідною складною будовою. Геологічна потужність його в діапазоні 0,75 -1,90 м, іноді фіксується локальне зростання до 2,00 [1].

На окремих незначних ділянках робочої потужності досягає вугільний пласт d_6^1 (дуже невитриманий по потужності). Потужність інших пластів, що складають породну товщу свити, не перевищує 0,40 м. Пласт d_6^1 залягає на 220 - 230 м вгору від пласта d_4 . І хоч робочої потужності d_6^1 досягає на окремих ділянках, промислового значення для підприємства він не становить [1].

Якісні характеристики пл. d_4 достатньо високі: вугілля-коксівне, марка-ГЖк (частково ОС). Вміст сірки близько 0,8 %. Зола різна по полю, загальна тенденція зростання до периферії. Відповідно і показник збагачуваності непостійний. Західна і південно – західні області шахтного поля характеризується золою в межах 16 до 29%. На цих частинах шахтного поля в пласті присутні 1-2 породні прошарки. Відповідно і вугілля має важку і дуже важку збагачуваність. В той же час центральна частина шахтного відводу має середню золу вугілля до 8%, відповідно і збагачуваність вугілля легка[1].

В блоках 10, 11, 12 пласт d_4 класифікується як небезпечний по раптовим викидам вугілля й газу.

2. Аналіз технологічної схеми видобутку вугілля прийнятої в ПРАТ «ш/у Покровське»

2.1. Загальні положення

В якості прикладу розглянемо 2 лаву південної панелі блока 10. Цей вибій може бути охарактеризований як типовий для блока 10. Через те що він проведений в типових умовах середньої потужності пласта по блоку 10 і в ньому використовується прогресивне обладнання яке може бути представлено як типове.

Окремо розглянемо організаційну складову, що буде характеризувати операційну ефективність, а окремо технологічну складову. В якості маркерів ефективної роботи вибою будемо розглядати планові і непланові простой обладнання.

2.2 Аналіз організаційної складової робіт у виїмковій ділянці

Для забезпечення нормальної роботи у виїмковій ділянці механізованого комплексу, всіх машин та механізмів щодобово у ремонтну зміну проводиться профілактичний огляд та поточний ремонт усіх машин та механізмів ділянки, ремонт гірничих виробок. У ремонтну зміну проводять роботи з ревізії та ремонту обладнання, скорочення трубопроводів, влаштування тупикової перемички, поздовжньої дощато-парусної перемички, тамбур-шлюзу, ізолюючих перемичок з БІ-кріплення по вентиляційному та конвеєрному штреках, тупикової дощато-парусної перемички, скорочення трубопроводу ізолюваного відведення метану по вентиляційному штреку, встановлення кріплення посилення по штреках, вилучення елементів металокріплення по конвеєрному штреку, роботи з доставки матеріалів та комплектуючих обладнання. Для виконання ремонтних робіт організовуються ремонтні ланки. З метою персональної відповідальності все

обладнання закріплюють за окремими робітниками [2]. У ремонтну зміну розміщення робочих наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розміщення робочих в лаві (ремонтна зміна) [2]

Місце ведення робіт, професія гірника	Кількість.
МГВМ – 6р	3
МГВМ	1
Помічник МГВМ	2
ГРОВ – 5 р	40
ЛАВА	
Ремонт та обслуговування мех. комплексу, перетягування секцій, задвижка конвеєра, зачищення кишень. Підготовка лави до виїмки	16
Петльовий: ув'язування кабельної продукції, шплінтівка траку, перевірка з'єднань водоводу, контроль "петлі" під час робіт з видобутку. У 1-у зміну - ревізія та контроль стану рейки	1
Бригада з ведення БВР, обробка зон порушень	2
Бригада з обробки забою та підготовки до руху комбайна	2
НИЖНЄ СПОЛУЧЕННЯ ЛАВИ З ШТРЕКОМ	
Кріплення нижнього сполучення: задвижка приводу, відновлення стійок металокріплення, заводка бруса на секції, заводка СВП на секції, установка дерев'яних стійок. Підготовка лави до задвижки: демонтаж стійки рамного кріплення, зачищення сполучення під задвижку.	2
Виїмка та кріплення нижньої ніші та берми, встановлення анкерів по ніші	2
Управління конвеєром лави	1
Вилучення на просування балок і труб по конв.штреку, вилучення металокріплення по конв.штреку	3
ВЕРХНЄ СПОЛУЧЕННЯ ЛАВИ З ШТРЕКОМ	

Місце ведення робіт, професія гірника	Кількість.
Кріплення верхнього сполучення по посуванню, задвижка приводу, заводка бруса, СВП на секції кріплення, установка дерев. стійок кріплення сполучення за приводом після завивки, установка органного кріплення.	2
Зведення охоронних споруд з подвиганням лави, зведення ізолюючої перемички, зведення дощато-парусної перемички, тамбур-шлюзу, скорочення трубопроводу ізолюваного відведення метану	3
Виїмка та кріплення верхньої ніші та берми	2
Вилучення на рух балок і труб по вент. штреку	2
ЛАНКА ЗА ПІДГОТОВКИ ЛАВИ ДО ВИЇМКИ	
Обтяжка ланцюга конвеєра лави	2
ЛАНКА ПО ПЕРЕТЯГУВАННЮ РП ЛАВИ	
Перетяжка РП, ревізія, обтяжка ланцюга на PZF, за змінами - обслуговування пересипу	3
ОСНОВНІ ПРОФЕСІЇ	43
ПРИВЕДЕННЯ ВИРОБКИ В ПРОЕКТНИЙ СТАН	
ГРП по РГВ	2
ПІДТРИМАННЯ КОНВЕЄРНОГО ШТРЕКУ	
Ведення робіт з підтримання виробок в експлуатаційному стані	2
ГРП	2
Обмивання та осланцювання виробок, зачистка вироблення, доставка обладнання та матеріалів	2
МПУ	3
камера ВМЦГ	1
відкачка води - к/ш 2 лави юп бл.10, в/ш 2 лави юп бл.10	2
Електрослюсарі	18
Ревізія та ремонт обладнання РП, підвіска кабелю в районі РП	2
Ревізія та обслуговування комбайна	1

Місце ведення робіт, професія гірника	Кількість.
Ревізія та обслуговування комбайна	1
Обслуговування приводів лавного конвеєра	2
Обслуговування штрекового скребкового конвеєра, дробарки	2
Обслуговування стрічкових конвеєрів по конвеєрному штреку - 4 конвеєри	8
Обслуговування підшво піддирної машини	1
Подноска масла	1
Разом	68

Ремонтні роботи проводяться в ремонтно-підготовчу зміну згідно з письмовим нарядом, виданим начальником дільниці (особою старшого нагляду) та під безпосереднім керівництвом технічного нагляду дільниці-механіка або гірничого майстра. У цю зміну проводиться профілактичний огляд та ремонт комбайна; електроапаратури, маслостанцій, ставу та приводів стрічкових та скребкових конвеєрів, телефонної та освітлювальної мереж, ремонт секцій кріплення, перевірка та доливання олії у редуктори комбайнів та конвеєрів, заміна зубків на комбайні тощо [2].

Організацію робіт у видобувну зміну можна проаналізувати на основі аналізу організації робіт в видобувну зміну. Інформація з паспорту кріплення і управління покрівлею, щодо організації робіт у видобувну зміну, наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розміщення робочих в лаві (видобувна зміна) [2]

Місце ведення робіт, професія гірника	Кількість по змінам		
	2зм.	3зм.	4зм.
МГВМ	2	2	2
МГВМ - 6 р	1	1	1
Помічник МГВМ – 5 р	1	1	1
ГРОВ - 5 р	23	26	23
ЛАВА			

Місце ведення робіт, професія гірника	Кількість по змінам		
	2зм.	3зм.	4зм.
Ремонт та обслуговування мех. комплексу, перетягування секцій, задвижка конвеєра, зачищення кишень. Підготовка лави до виїмки	6	6	6
Петльовий: ув'язування кабельної продукції, шплінтовка траку, перевірка з'єднань водоводу, контроль "петлі" під час робіт з видобутку.	1	1	1
Контроль гірничої маси комбайна, що потрапляє на конвеєрну лінію попереду, зачистка кишень	1	1	1
Бригада з ведення БВР, обробка зон порушень	2	2	2
Контроль транспортування конвеєром лави гірської маси, зняття негабаритів, їх розбивка	1	1	1
Бригада з обробки забою та підготовки до руху комбайна	2	2	2
НИЖНЄ СПОЛУЧЕННЯ ЛАВИ З ШТРЕКОМ			
Кріплення нижнього сполучення: задвижка приводу, відновлення стійок металокріплення, заводка бруса на секції, заводка СВП на секції, установка дерев'яних стійок. Підготовка лави до задвижки: демонтаж стійки рамного кріплення, зачищення сполучення під задвижку.	2	2	2
Виїмка та кріплення нижньої ніші та берми, встановлення анкерів по ніші	2	2	2
Управління конвеєром лави	1	1	1
ВЕРХНЄ СПОЛУЧЕННЯ ЛАВИ З ШТРЕКОМ			
Кріплення верхнього сполучення по посуванню, задвижка приводу, заводка бруса, СВП на секції кріплення, установка дерев. стійок кріплення сполучення за приводом після завивки, установка органного кріплення.	2	2	2
Зведення охоронних споруд з подвиганням лави, зведення ізолюючої перемички, зведення дощато-парусної перемички, тамбур-шлюзу, скорочення трубопроводу ізольованого відведення метану		3	

Місце ведення робіт, професія гірника	Кількість по змінам		
	2зм.	3зм.	4зм.
Виїмка та кріплення верхньої ніші та берми	2	2	2
ЛАНКА ЗА ПІДГОТОВКИ ЛАВИ ДО ВИЇМКИ			
Обтяжка ланцюга конвеєра лави			
ЛАНКА ПО ПЕРЕТЯГУВАННЮ РП ЛАВИ			
Перетяжка РП, ревізія, обтяжка ланцюга на PZF, за змінами - обслуговування пересипу	1	1	1
ОСНОВНІ ПРОФЕСІЇ	25	28	25
ПРИВЕДЕННЯ ВИРОБКИ В ПРОЕКТНИЙ СТАН			
ГРП по РГВ	2	2	2
ПІДТРИМАННЯ КОНВЕЄРНОГО ШТРЕКУ			
Ведення робіт з підтримання виробок в експлуатаційному стані	2	2	2
ГРП	2	2	2
Обмивання та осланцювання виробок, зачистка вироблення, доставка обладнання та матеріалів	2	2	2
МПУ	7	7	7
камера ВМЦГ	1	1	1
Закачування емульсії - ділянка РГО			
Обслуговування пересипів	4	4	4
відкачка води - к/ш 2 лави юп бл.10, в/ш 2 лави юп бл.10	2	2	2
Електрослюсарі	2	2	2
Черговий електрослюсар	2	2	2
Разом	38	41	38

2.3 Аналіз технологічної складової робіт у виїмковій ділянці

Вилучення вугілля в лаві проводиться одним комбайном JOY 4LS20 в комплексі з механізованим кріпленням МКЮ 4У-10/20 і конвеєром SZK260/852.

Вилучення вугілля здійснюється комбайновим способом із застосуванням прогнозу викиднебезпечності вугільного пласта за параметрами техногенного акустичного сигналу із застосуванням апаратури АПСС-1. У безпечних за прогнозом зонах виїмка вугілля у лаві здійснюється за двосторонньою схемою. При цьому забороняється знаходження людей на струмені повітря, крім верхньої ніші та вентиляційного штреку, але не ближче 30 м від комбайна. Допускається знаходження у комбайна машиніста та двох його помічників [2].

У небезпечних зонах, встановлених прогнозом, застосовують противикидні заходи та контроль їхньої ефективності. Вилучення вугілля в небезпечних зонах, встановлених прогнозом, після застосування противикидних заходів та контролю їх ефективності, проводиться за односторонньою схемою з дистанційним керуванням комбайна (включення та вимкнення) з відстані не менше 15 м з боку свіжого струменя повітря за відсутності людей на вихідному струмені, передбачивши дотримання технологічних перерв між суміжними циклами виїмки вугілля щонайменше 2 годин. Управління комбайном здійснюється машиністом комбайна, контроль за потужністю пласта, що виймається, положенням шнеків, станом кабелів і шлангів зрошення здійснюється помічником машиніста комбайна [2].

Передвижка секцій кріплення і задвижка конвеєра здійснюється за проходом комбайна. Передній, по ходу руху комбайна, шнек встановлюють біля покрівлі пласта. Задній шнек налаштовують по підосві пласта для відбівання пачки вугілля, що залишилася. При підході комбайна до штреку виконуються такі операції:

- в кінці лави комбайн зупиняється;
- змінюється положення шнеків;
- у лаві задвигають лінійні рештаки конвеєра;

- включається подача комбайна у зворотний бік, тобто в напрямку від виробки, виймається міжшнековий цілик, комбайн зарубується в пласт; при виході комбайна на прямолінійну ділянку конвеєра комбайн зупиняється;

- комбайн повинен знаходитись на відстані не менше 15 м від приводної головки конвеєра;

- робиться задвижка головки конвеєра;

- змінюється напрямок подачі та відбувається виймання вугілля до кінця лави, при підході до виїмкової виробки комбайн зупиняється;

- виймається міжшнековий цілик ходом комбайна у напрямку від штрека до виходу комбайна на прямолінійну ділянку конвеєра;

- пересувається до вибою кінцева частина ставу та приводу забійного конвеєра;

- змінюється положення шнеків на зворотне;

- подача комбайна включається для руху у зворотному напрямку та виймається кінцева частина нової смуги вугілля;

- при підході до кінцевої ділянки лави вимикається подача;

- положення шнеків змінюється на протилежне;

- включається подача для руху комбайна від штреку в лаву та виїмки міжшнекового цілика;

- комбайн зупиняється, вимикаються та блокуються електродвигуни комбайна та конвеєра. У цьому положенні комбайн готовий до виконання наступного циклу виїмки вугілля [2].

При двосторонній (човниковій) схемі роботи комбайна: Комбайн JOY знаходиться біля нижнього сполучення. Управління комбайном здійснюється машиністом комбайна, контроль за потужністю пласта, що виймається, положенням шнеків, станом кабелю і шлангів зрошення здійснюється помічниками машиніста комбайна. Електрична схема управління комбайном дозволяє керувати ним у двох режимах – місцевому та дистанційному. Перемикач режиму роботи знаходиться на пульті керування. Керування комбайна здійснюється дистанційного з пульта керування. Пересування

секцій кріплення здійснюється за проходом комбайна (відповідно до СОУ-П 10.1-00185790-020:2012, п.6.2.2.3, стор.16). Пересування секцій кріплення здійснюється за проходом комбайна, відставання секцій кріплення має перевищувати 3,0м.

Зарубка комбайна JOY в масив здійснюється косим заїздом до вихода на прямолінійну ділянку конвеєра до секції №20. Після чого комбайн зупиняється кнопкою «СТОП» на дистанційному пульті управління. Задвигається головка конвеєра, змінюється положення шнеків, далі здійснюється виїмка вугілля JOY. В кінці лави комбайн зупиняється, змінюється положення шнеків, включається подача комбайна у зворотній бік. За проходом комбайна відбувається задвижка головки конвеєра та решткового ставу конвеєра за комбайном. Засувка конвеєра повинна виконуватися з відставанням від комбайна не менше 30м. На кінцевих ділянках операції повторюються [2].

При підході комбайна до ділянки лави на сполученні, кріплення якої виконано з використанням переносних брусів – комбайн зупиняється за три секції. Комбайн та конвеєр вимикаються та блокуються. ГРОВ виконують видалення стійок, встановлених під кінці брусів, біля вибою, і заведених під перекриття секцій механізованого кріплення. Виконується заводка поздовжнього бруса, перенесення поперечних брусів. Виробляються кінцеві операції. При цьому також видаляються стійки додаткового кріплення після блокування обладнання.

Виробництво робіт на кінцевих ділянках лави.

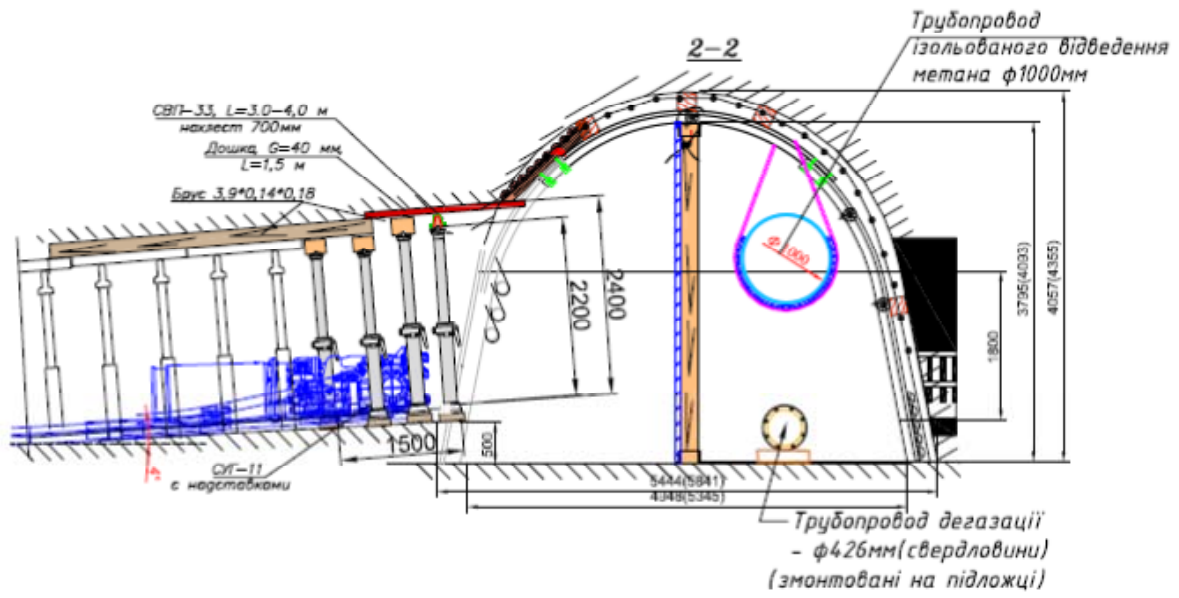
Конвеєрний штрек 2-ї лави південної панелі блоку 10 Відповідно до «СОУ-П 10.1-00185790-020:2012, приймаємо схему $(6_y^{D+M} \cdot \Gamma + D)_3 + U_2 + o.n. + з.д. + K_d^4 + x.a + O_1$

Кріплення сполучення. Весь період відпрацювання лави проводитиметься встановлення анкерів по покрівлі пласта та встановлення канатних анкерів під сполучний профіль СВП -33 згідно графічної частини паспорта. Незнижуване випередження буріння анкерів має становити

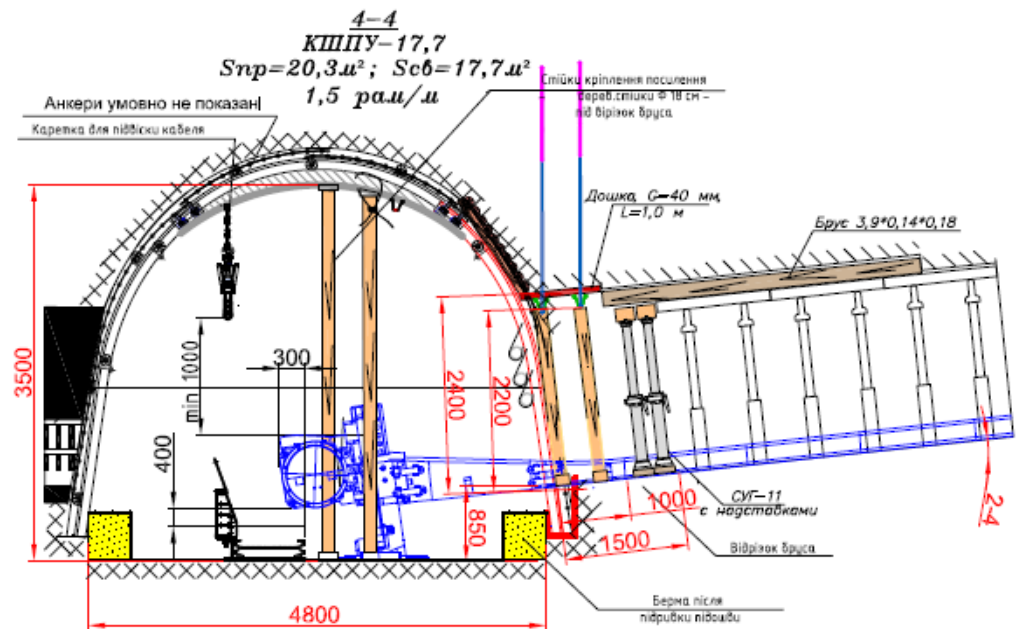
щонайменше 100 м. Оскільки кріплення виробки рамно-анкерне, то згідно з «СОУ-П 10.1-00185790-020:2012» кріплення сполучення не встановлюється. Надалі анкерне кріплення працює як кріплення сполучення. Канатні анкери виконуватимуть функцію кріплення посилення попереду лави.

Виймка та кріплення берми. На сполученні конвеєрного штреку з лавою проводиться виїмка та кріплення берми. Глибина берми – 1,0 метра. Кріплення берми проводиться відрізками СВП, з установкою анкерного кріплення. Як тимчасове кріплення берми використовується дошка, з установкою гідростійки. Гідростійки витягуються після кріплення берми СВП, дошка не витягується. Випередження берми по відношенню до лави має становити не менше 10 м. Вилучення вугілля по бермі здійснюється відбійними молотками, навантаження вугілля вручну на підлавний конвеєр. Берма виймається заходками 0,8 х 0,8 м, висотою 2,4 м з установкою під забій тимчасового кріплення: дошка довжиною 0,8 м, під неї дві гідростійки СУГ-11 з надставками. Дошка встановлюється із розрахунку дві штуки на крок рам кріплення – через 350 мм. Тимчасове кріплення (дошка) не витягується, а використовується для затягування покрівлі при встановленні постійного кріплення ніші. Постійне кріплення берми проводиться двома відрізками СВП – 27 (33) завдовжки 3,0 – 3,5 м із встановленням анкерного кріплення (рис. 2.1). Як анкерне кріплення використовуються канатні анкери довжиною 5,0 м. На кожен анкер встановлюється три ампули - одна швидкотвердіюча і дві звичайні. Відстань між відрізками СВП – 400 мм. Після того як здійснено виїмку гірничої маси і кріплення берми тимчасовим кріпленням на довжину установки СВП берму закріплюють постійним кріпленням. Двоє робочих піднімають відрізок СВП, а третій встановлює за його довжиною гідравлічні стійки СУГ-11 через 0,65м (крок установки рамного кріплення). Після того як стійки встановлені і СВП підтиснуто до покрівлі, проводять буріння та встановлення анкерів у СВП. Відстань між анкерами 1,3 м (два кроки кріплення 0,65 м). Після встановлення анкерного кріплення в СВП по всій його довжині встановлюються дерев'яні стійки

діаметром 18 см через 0,65 м, гідравлічні стійки видаляються (рис. 2.2-2.3). Перед вилученням гідравлічної стійки типу СУГ – 11 необхідно поряд провести установку дерев'яної стійки Ф 18 см. Аналогічно проводиться установка другого відрізка СВП по ніші. Анкери у сусідніх рядах СВП встановлюються у шаховому порядку [2].



а



б

Рисунок 2.1 – Поперечні перетини вентиляційного (а) і конвеєрного (б) штреків 2-ї лави південної панелі блоку 10м

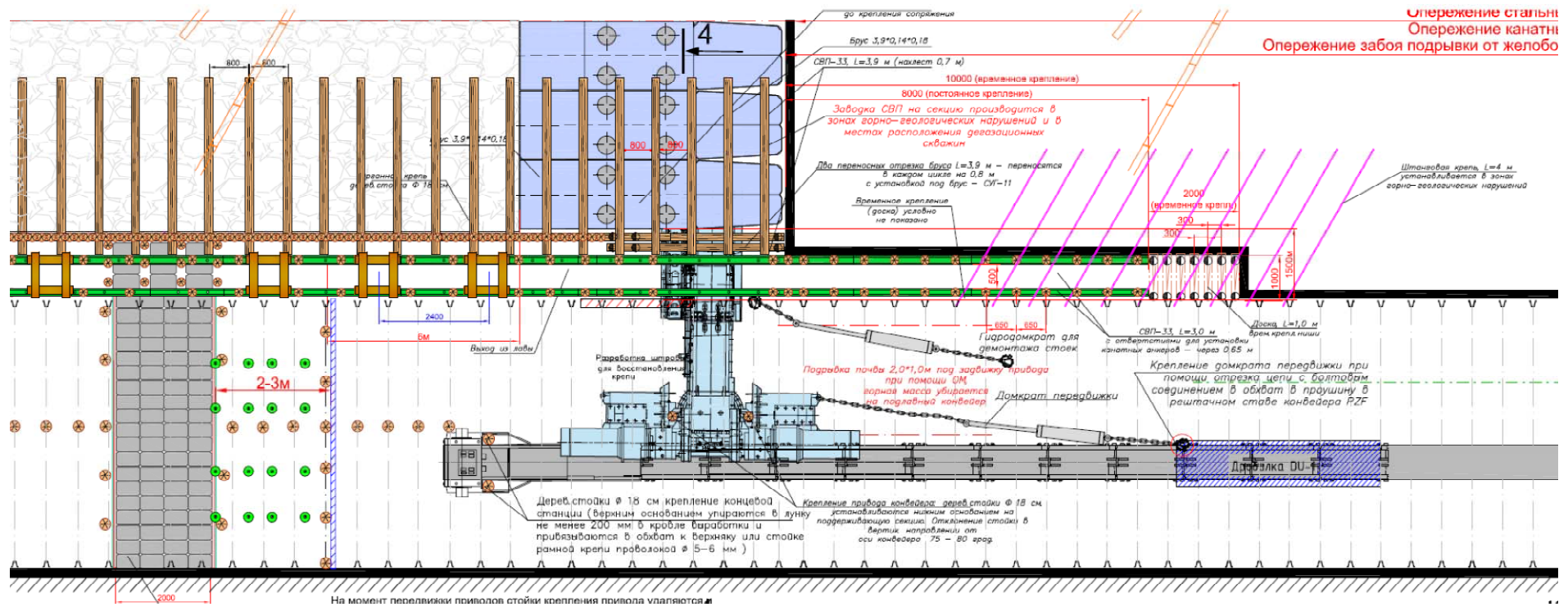


Рисунок 2.2 – План нижнего сполучения штрека з 2-ю лавою південної панелі блоку 10м

Затягування лобовини. На верхняк кріплення виробки вище замка укладається відрізок бруса одним кінцем, а іншим кінцем укладається на брус кріплення берми. Простір між кріпленням виробки і лавою затягується дерев'яною затяжкою суцільно. У разі утворення вивалів викладаються кліті [2].

Зведення органного кріплення. Один ряд органного кріплення встановлюється із боку завалу

Кріплення посилення. За конвеєрним штреком 2-ї лави південної панелі блоку 10 встановлюється один ряд кріплення посилення з дерев'яних стійок Φ 18 см. Кріплення посилення встановлюється під кожен раму кріплення штреку. Кріплення посилення встановлюється з дерев'яних стійок діаметром 18 см, довжиною, що відповідає висоті вироблення, на відрізки бруса $0,14 * 0,18 * 0,4$ м і під відрізки дошки довжиною 0,4 м товщиною 40 мм. Кріплення посилення поповнюється в міру подвигу очисного вибою, після кожної задвижки приводів конвеєра лави.

По конвеєрному штреку 2-ї лави південної панелі блоку 10 у міру посування лави проводиться демонтаж та видача трубопроводів Φ 150 мм (3шт.), Φ 100 мм – 1 шт., Φ 60 мм – 1 шт., балок дизельного шляху, елементів стрічкового конвеєра [2].

Вентиляційний штрек 2-ї лави південної панелі блоку 10.

Відповідно до «СОУ-П 10.1-00185790-020:2012» приймаємо схему $(6_y^D \cdot \Gamma + D)_3 + Y_2 + \text{о.н.} + \text{з.д.} + K_d^4 + O_1 + \text{х.а.})$

Кріплення сполучення. Весь період відпрацювання лави проводитиметься встановлення анкерів по покрівлі пласта та встановлення канатних анкерів під сполучний профіль СВП -33 (рис. 2.3). Незнижуване випередження буріння анкерів має становити щонайменше 100 м.

Оскільки кріплення виробки буде рамно-анкерним, то згідно з «СОУ-П 10.1-00185790-020:2012» кріплення сполучення не встановлюється. Анкерне кріплення виконує роль кріплення сполучення. Канатні анкери виконують функцію кріплення посилення попереду лави. Установка анкерів проводиться

при розміщенні верхнього приводу конвеєра лави на штреку та необхідності демонтажу стійок рамного кріплення. При розміщенні верхнього приводу в лаві – демонтаж стійок рамного кріплення та встановлення анкерів не виконуються.

По вентиляційному штреку 2-ї лави південної панелі блоку 10 встановлюється один ряд кріплення посилення з дерев'яних стійок Φ 18 см. Кріплення підсилення встановлюється під кожен раму кріплення штреку. Кріплення посилення встановлюється з дерев'яних стійок діаметром 18 см, довжиною, що відповідає висоті вироблення, на відрізки бруса $0,14 * 0,18 * 0,4$ м і під відрізки дошки довжиною 0,4 м товщиною 40 мм. Кріплення підсилення поповнюється в міру подвигу очисного вибою, після кожної задвижки приводів конвеєра лави [2].

Виїмка та кріплення берми. На сполученні вентиляційного штреку з лавою проводиться виїмка та кріплення берми. Глибина берми – 0,2 метри. Кріплення берми проводиться за допомогою СВП. Випередження бермового бруса по відношенню до очисного вибою не менше 4,8 м. Бермовий СВП не витягується. Виїмка гірничої маси для встановлення бермового СВП ведеться за допомогою відбійного молотка. Навантаження вугілля провадиться вручну на конвеєр лави. Перед початком ведення робіт з боку виробки розбирається затяжка, оббираються шматки породи, що відшаровуються, потім проводиться виїмка вугілля на глибину 0,2 м - для установки одного СВП, і з нахлестом не менше 700 мм до раніше встановленого СВП встановлюється новий. Під СВП попереду конвеєра лави і рівня заднього ряду стійок механізованого кріплення встановлюються гідравлічні стійки СУГ-11 з надставками, далі - дерев'яні стійки діаметром 18см (рис. 2.3). Перед вилученням за конвеєром лави гідравлічної стійки типу СУГ – 11 необхідно поряд встановлюється дерев'яна стійка Φ 18 см [2].

Виїмка та кріплення ніші. На сполученні виробки з лавою проводиться виїмка та кріплення ніші. Випередження ніші по відношенню до очисного вибою має бути не менше 4,8 м-коду. Вилучення вугілля в ніші здійснюється

відбійними молотками, навантаження вугілля вручну на конвеєр лави. Ніша виймається заходками 1,5 х 0.8м, з установкою під забій тимчасового кріплення: дошка довжиною 1,5 м (з заводкою на кріплення берми) - під неї дві гідростійки СУГ-11 з надставками. Тимчасове кріплення (дошка) не витягується, а використовується для затягування покрівлі при встановленні постійного кріплення ніші. Постійне кріплення ніші проводиться однією трійкою дерев'яних брусів параметрами 3,9 * 0,14 * 0,18 кожен, зміщеними один щодо одного на 1,3 м. Під усі бруси встановлюються гідростійки СУГ-11 з надставками та дерев'яні стійки Ф 18 см згідно рис. 2.3. Перед заміною гідростійки на дерев'яні стійки, встановлюється дерев'яна стійка [2].

3. Огляд сучасних поглядів на шляхи покращення операційної ефективності гірничого виробництва

3.1. Доцільність впровадження принципів операційних покращень в гірництві

Сучасне бізнес-середовище, стає дедалі складнішим. Підвищення продуктивності та ефективності, а також безпеки та сталого розвитку є життєво важливими для збереження конкурентоспроможності. Ще більш важливою є здатність підтримувати темпи цих удосконалень з часом, сприяючи розвитку культури операційної досконалості. Така культура є відмінною рисою провідних компаній у всьому світі, і її все частіше сприймають гравці гірничодобувної промисловості, щоб дати їм змогу досягти тих самих рівнів безперервного вдосконалення продуктивності та ефективності, які можна побачити в найефективніших компаніях в інших секторах. Прийняття принципів операційної досконалості також може сприяти значному покращенню безпеки та ефективності [3].

Протягом останніх 25 років у багатьох галузях промисловості, включаючи різні види виробництва, спостерігається постійне підвищення продуктивності та ефективності. Однак такого темпу покращення не спостерігається в гірничодобувній промисловості, де продуктивність в основному залишається стабільною (рис. 3.1).

У той час як індекс продуктивності десяти найбільших компаній у сфері виробництва та бізнес-послуг за останні 25 років зріс приблизно на 15 і 25 відсотків відповідно, десять найбільших компаній у гірничодобувній промисловості спостерігали лише незначне зростання приблизно на 1 відсоток за останні 25 років (той же період). Розвиток підходів, зосереджених на операційній досконалості, може бути ключем до допомоги гірничодобувним компаніям отримати подібні переваги у продуктивності та

ефективності, що й інші галузі, незважаючи на унікальні умови та виклики, з якими вони стикаються.

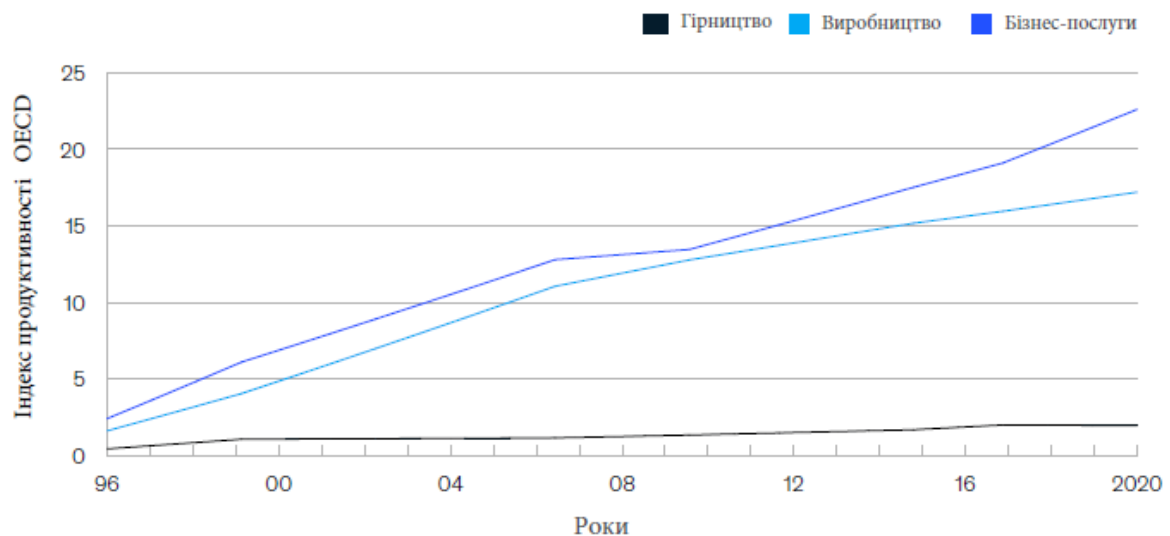


Рисунок 3.1 – Динаміка зростання продуктивності різних секторів економіки

Використання концепцій, що покладені в основу операційної досконалості також може значно підвищити безпеку та стабільність, які важливі для будь-якого бізнесу, а особливо для гірничодобувної промисловості. Незважаючи на те, що гірничодобувним компаніям часто вдається підвищити продуктивність і ефективність у короткостроковій перспективі, багато хто стикається з проблемами, пов'язаними з підтримкою цього підвищення продуктивності. Наприклад, гірничодобувна компанія, що працює в Чилі, реалізувала ініціативу трансформації, яка дала явне покращення протягом п'яти кварталів, зі збільшенням продуктивності на 12 відсотків і зниженням витрат на 12 відсотків на рік. Однак компанія не змогла продовжити цю траєкторію швидкого вдосконалення. У наступні чотири квартали виробництво зросло лише на 1 відсоток, тоді як витрати зросли на 9 відсотків на рік за цей період (рис. 3.2) [3].

Є багато можливих причин, чому компаніям важко продовжувати темпи вдосконалення в довгостроковій перспективі. Наприклад, нові

практики, запроваджені зусиллями з трансформації, можуть бути не повністю застосовані, і можуть бути відсутніми елементи, необхідні для їхньої довгострокової користі, такі як адекватне навчання чи подальші ініціативи.

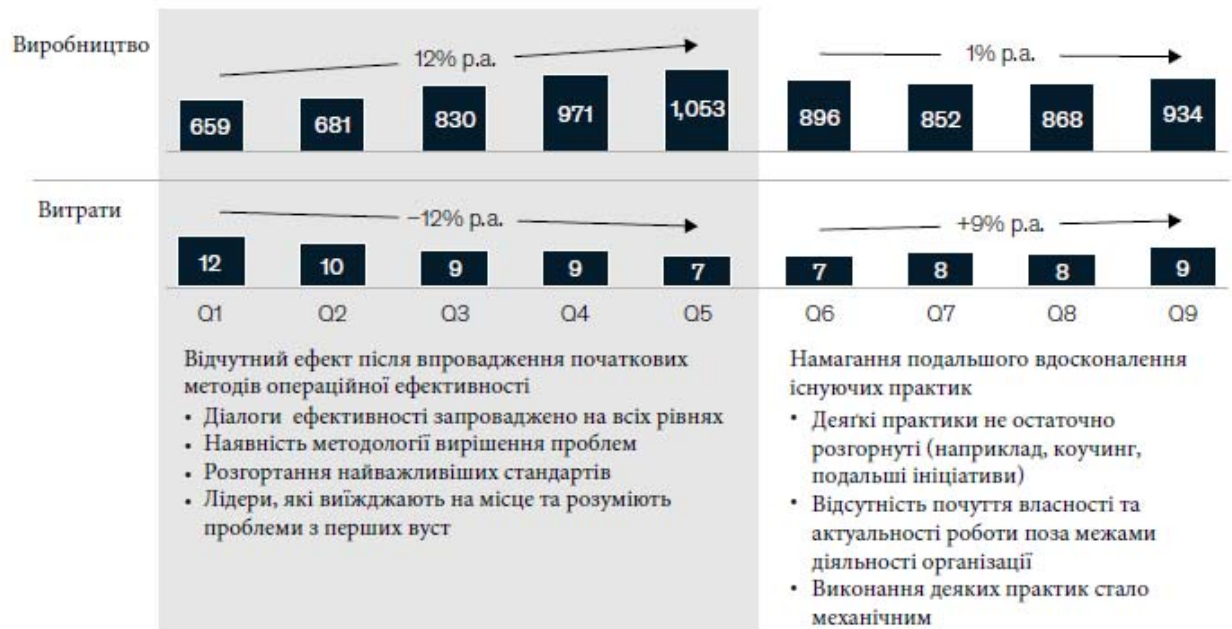


Рисунок 3.2 – Приклад втрати операційної ефективності в довгостроковій перспективі (гірничодобувна компанія Чілі) [3]

Деякі практики також можна просто додати до існуючих організаційних практик, не змінюючи їх фундаментально, створюючи часто громіздке поширення практик і процесів, які можуть фактично погіршити продуктивність. І навіть якщо нові практики успішно впроваджуються, їхнє застосування з часом може стати механічним, що призведе до ставлення «встановлення прапорців», а не до глибшого залучення. Нарешті, співробітникам може бракувати почуття власності та бути нездатними встановити зв'язок між відповідністю їхньої роботи поза межами діяльності організації. Відсутність залученості та інвестицій, які є важливими для культури постійного вдосконалення, може звести нанівець довгостроковий вплив змін.

Гірничодобувна промисловість має кілька унікальних особливостей, які можуть допомогти пояснити, чому принципи операційної досконалості

ще не були широко прийняті. Продуктивність у гірничому секторі часто обмежується фізичними факторами, такими як якість корисної копалини, гірничо-геологічні умови, що ускладнюють ведення робіт з високим темпом (небезпечні гази, водо притоки, високе запилення робочих зон, ГДЯ). Галузь в першу чергу зосереджена на технічних і технологічних аспектах, а не на організаційній культурі та процесах, тоді як її фрагментований характер створює перешкоди для обміну передовим досвідом.

Тим не менш, впровадження культури операційної досконалості може принести значні переваги гірничодобувним компаніям, сприяючи безперервному та стійкому вдосконаленню продуктивності, безпеки, стійкості та ефективності, а не тимчасовим покращенням, які були зафіксовані досі. Технологічний розвиток, звичайно, буде мати важливе значення в гірничодобувній промисловості. Проте, якщо підвищення продуктивності відбувається лише за рахунок прогресу в технології, майже напевно досягне плато, оскільки переваги будь-якого технологічного прогресу будуть повністю реалізовані. Щоб досягти наступного рубежу в підвищенні продуктивності та ефективності, а також мати можливість постійно підтримувати такі вдосконалення, гірничодобувні компанії повинні наслідувати приклад провідних компаній в інших галузях, розвиваючи принципи операційної досконалості [3].

3.2. Загальна характеристика концепції операційних покращень

Операційне покращення – впровадження ініціатив, спрямованих на досягнення максимальної ефективності в сфері виробничо-технологічної, інноваційної, енерго- і ресурсозберігаючої, природоохоронної та соціальної діяльності підприємства, що відповідає принципам [4]:

- безперервності;
- своєчасності;
- надійності;

- оптимальності;
- пріоритетності;
- послідовності;
- моніторингу [4].

В сучасних умовах операційні покращення реалізуються значним чином через концепцію ощадливого виробництва («lean manufacturing»), яка є основним сучасним трендом.

Ощадливе виробництво — це метод виробництва, спрямований головним чином на скорочення часу всередині виробничої системи, а також часу реагування постачальників і клієнтів. Ощадливе виробництво тісно пов'язане з іншою концепцією, яка називається «своєчасне виробництво» (скорочено JIT-виробництво (скорочено від just in time)). Виробництво «just in time» намагається привести виробництво у відповідність до попиту, постачаючи лише ті товари, які були замовлені, і зосереджується на ефективності, продуктивності та зменшенні «відходів». Ощадливе виробництво використовує підхід «точно вчасно» та додатково зосереджується на скороченні циклу, витрат і часу пропускнуї здатності шляхом подальшого усунення діяльності, яка не додає жодної цінності для клієнта [5].

Ощадливе виробництво особливо пов'язане з операційною моделлю, реалізованою в післявоєнних 1950-х і 1960-х роках японською автомобільною компанією Toyota під назвою «Шлях Toyota» або виробнича система Toyota (TPS) [6], [7]. Система Toyota була побудована на двох стовпах: своєчасному управлінні запасами та автоматизованому контролі якості. Сім «відходів», вперше сформульованих інженером Toyota Шигео Шінго, — це марнотратство надлишкових запасів сировини та готової продукції, марнотратство перевиробництва (виробництво більше, ніж потрібно зараз), марнотратство понад - обробка (обробка або виготовлення деталей поза стандартом, очікуваним замовником), відходи транспортування (непотрібне переміщення людей і товарів усередині системи), відходи

надлишкового руху (механізація або автоматизація перед удосконаленням методу), відходи очікування (періоди неактивної роботи через черги завдань) і відходи виробництва дефектної продукції (переробка для усунення дефектів у продуктах і процесах, яких можна уникнути) [8].

Основні принципи ощадливого виробництва, що реалізуються по всьому світу компаніями різного спрямування [8]:

Система «Впорядкування» “5S” (сортуйте, дотримуйтесь порядку, тримайте в чистоті, стандартизуйте, вдосконалюйте).

Метод Кайдзен (kaizen) — безперервне вдосконалення. Японська філософія або практика, яка фокусується на безперервному процесі вдосконалення виробництва, розробки, допоміжних бізнес-процесів та управління, а також всіх аспектів життя організації [10].

Система швидкого переналагоджування устаткування (SMED — Single Minute Exchange of Dies).

Однохвилинний обмін цифровим штампом — один із багатьох методів виробництва для скорочення відходів у виробничому процесі. Це забезпечує швидкий та ефективний спосіб перетворення виробничого процесу від запуску поточного продукту до запуску наступного продукту [10].

Техніка візуалізації оперативного управління (Visual Management, Andon).

Інструмент візуального керування, який висвітлює стан операцій у зоні з одного погляду та сигналізує про будь-які відхилення.

Карта стандартної операції (SOP — Standard Operating Procedure).

Стандартна операційна процедура — це набір покрокових інструкцій, складених організацією, щоб допомогти працівникам виконувати рутинні операції. СОП мають на меті досягти ефективності, якісного випуску та рівномірності роботи, одночасно зменшуючи невідповідність інформації та невиконання галузевих норм [10].

На сьогодні ощадливе виробництво застосовують майже 100 % японських компаній, 72 % компаній США, у Великій Британії — 56 %, у Бразилії — 55 %, у Мексиці — 42 %, у той час як в Україні ощадливим виробництвом займаються тільки одиниці компаній [11].

3.3. Можливі напрямки впровадження сучасних принципів операційних покращень в гірництві

За оцінкою експертів [3] в сфері безперервних покращень, для широкого впровадження основних принципів операційної досконалості в гірництві необхідно реалізувати наступні 5 кроків.

Першим кроком є впровадження чіткої мети та чітко визначених систем для підтримки факторів, постійного вдосконалення та узгодження підприємства. Гірничодобувні компанії можуть розглянути наступні дії в п'яти основних сферах як спосіб забезпечити стійке, довгострокове підвищення продуктивності, ефективності, стійкості та безпеки.

Вплив на клієнта: зосередження на постачанні клієнту якісного продукту, навіть якщо немає конкуренції за частині ринку, прагнення задовольнити та перевершити очікування клієнта може створити додаткову цінність. Цей фокус дозволить зменшити кількість претензій щодо невідповідності (які висуваються, коли якість не відповідає очікуванням клієнтів).

Вплив на співробітників: Створення середовища, в якому працівники можуть процвітати, заохочуючи професійний ріст і розвиток співробітників, благополуччя, справедливості, різноманітності і залученості, а також безпеку може створити робочі місця, де більше довіряють і співпрацюють. Інклюзивні команди є безпечнішими та продуктивнішими, оскільки учасники відчують себе достатньо впевнено, щоб ділитися своїми ідеями та проблемами, роблячи вирішення проблем і прийняття рішень більш ефективними та ефективними. Реалізація «gemba walk» (піти та побачити

проблему на місці). Це дозволяє операційній групі самостійно виявляти та вирішувати проблеми, а не покладатися на підхід зверху вниз.

Фінансовий і операційний вплив: гарантія того, що співробітники наділені повноваженнями, згуртовані та емоційно інвестовані в спільну мету, може стимулювати постійні вдосконалення для досягнення бажаних цілей [3].

Незважаючи на те, що багато гірничодобувних компаній отримали значну користь від технологічних удосконалень і застосування Industry 4.0, зосередження на постійних вдосконаленнях може виявитися наступним рубежем у покращенні продуктивності, ефективності, стійкості та безпеки, що дозволить їм підтримувати темпи змін і підтримувати їхні здобутки в майбутньому [3].

Соціальний і екологічний вплив: встановлення зв'язку з громадами та навколишнім середовищем може покращити здоров'я організації. Цього можна досягти через значущу соціальну та екологічну мету. Збільшення кількості перероблених відходів і зменшення споживання енергії, наприклад шляхом відстеження споживання енергії в реальному часі, візуалізації відхилень від запланованого споживання на сукупному рівні, впровадження інструменту машинного навчання для мінімізації споживання та коригування основних стандартних операційних процедур (наприклад, стандартизація часу роботи).

Вплив здібностей: лідери мають сприяти навчанню для розвитку людей в організації. Принцип безперервного навчання на всіх рівнях організації дозволяє підвищити ефективність працівників [3].

3.4. Огляд світового досвіду впровадження операційних покращень на гірничих підприємствах

Основними викликами, пов'язаними з операційним менеджментом шахт, згідно з дослідженнями Дітера Гертнера та ін. [12] є в першу чергу

необхідність гнучкого і швидкого реагування на зміни і ефективного управління простоями. Німецькі вчені провели дослідження на основі підприємства з видобутку бурого вугілля. Розробка та експлуатація вуглевидобувного підприємства визначається як «зовнішніми» факторами, такими як електростанції, заводи, навколишнє середовище, сусідство, політики та суспільство, так і «внутрішніми» факторами, такими як геологія, технологія робіт, планування гірничих робіт і управління бункерами і складами. Деякі з цих факторів стають все більш впливовими, серед іншого, через трансформацію енергетичних систем. Для вирішення цих проблем необхідно оптимізувати процеси видобутку корисних копалин і стати більш гнучкими, а також мати потенціал для подальшого скорочення витрат. Нижче наведено декілька прикладів зростаючих проблем визначених для рейнських родовищ вугілля за дослідженнями Гертнера та ін. [12].

Збільшення гнучкості. Через непостійне виробництво енергії з відновлюваних джерел попит на вугілля піддається дедалі більшим коливанням, оскільки електростанції, що працюють на вугіллі, скорочують обсяги виробництва енергії коли живлення від сонячних і вітрових електростанцій є високим і навпаки. Для управління операціями потреба в більшій гнучкості означає: короткий час відгуку, оцінка дії реагування з огляду на її вплив на інші поточні і планові процеси та планування простоїв.

Коливання якості. Видобуток вугілля все частіше стикається з падінням виробництва внаслідок підвищення зольності вугілля, зустрічі вибоями геологічних порушень і ін. Лише обмежена кількість цих нестабільних умов може бути спрогнозована, що призводить до простоїв і вузьких місць в процесі видобутку і унеможлиблює роботу напряму з електростанціям без системи накопичувальних бункерів і складів (як це передбачено в концепції безперервних покращень).

Звільнення досвідчених працівників. Згідно з прогнозами Гертнера та ін. [12] у найближчі роки операції будуть все більш вимушеними обійтися без досвідчених співробітників (в тому числі за віковою ознакою), при цьому

зростають вимоги до персоналу. На основі запрограмованих операційних залежностей і правил системи управління операціями можуть взяти на себе допоміжну роль у цьому контексті. Проблема, з якою стикаються при розробці такого типу системи, полягає в тому, щоб зберегти зручність роботи, незважаючи на значні складнощі у фоновому режимі.

Стратегія операційних покращень в гірництві згідно з пропозиціями [12] наступна. Розробка систем операційного управління в гірничій справі озирається на довгу історію. Залежно від експлуатаційних вимог і можливостей, пов'язаних з ІТ, системи ІТ і PDP вже були реалізовані. У той час як у минулому системи підтримували окремі процеси, сьогодні у центрі уваги основні ланцюги процесів.

Кожен технологічний гірничий процес має три рівні. Перший рівень передбачає планування процесів аж до планування розміщення обладнання. Другий рівень стосується планування, тобто короткострокового використання ресурсів. Третій рівень стосується фактичного виконання, тобто реального процесу з його функціями управління, контролю та автоматизації. На цьому рівні фактична ситуація відображається у вигляді цифрової моделі, що служить основою для оновлення планування та графіків. Для досягнення оптимальної загальної роботи шахт з точки зору економіки, безпеки та технічної точки зору, важлива взаємодія окремих процесів. Іншими словами: інформаційні системи мають бути вертикально та горизонтально інтегровані, при цьому окремі рівні процесу мають змогу обмінюватися інформацією та розвиватися відповідно до визначених кількостей, якості, часу та витрат, водночас реагуючи на відхилення шляхом способу процесу зворотного зв'язку.

Автори статті [13] описують два основні рішення, що реалізуються в зазначених вище напрямках на Рейнських родовищах вугілля:

- відстеження транспортних потоків. Пакет MAFLU (транспортна модель), яка відстежує транспорт через усі стрічкові конвеєри передає маршрути до приймачів у високій роздільній здатності. Швидкість

конвеєрної стрічки, час навантаження в точках перевантаження, а також проміжні вимірювання фіксуються і виводяться на монітори. Загальна точність в основному визначається точністю вимірювання окремих датчиків. Порівнюючи рух матеріалу з поточним споживанням, MAFLU встановлює коефіцієнт тертя і, отже, енергоефективність окремих стрічкових конвеєрів. Це може забезпечити ознаки, наприклад, погано вирівняних стрічкових конвеєрів. Відображення мінливих різновидів матеріалу на конвеєрі маршрутів має вирішальне значення для управління операціями, оскільки це може допомогти серед інші речі, щоб уникнути подачі неправильних матеріалів до вугільного бункера.

Системи керування виїмковими машинами на базі GPS (за допомогою управління роботою комбайна) і конвеєром (управління роботою AFC) і потоками вугілля.

В рамках підготовки стрічкового графіка операції на основі поточної цифрової моделі та специфікацій середньострокового планування кар'єру розробляються конкретні просторові умови для розміщення вибоїв із відповідним розрахунком вантажопотоків. Вже багато років ІТ-система LAVA пропонує відповідні програми спеціального призначення різного дизайну (інтерактивні системи CAD, пакетно-орієнтовані алгоритми розрахунку, розподіл оцінки). Щоб виконати вимоги, яким мають відповідати інтегровані операції систем управління, щоб скоротити витрати на технічне обслуговування різномірний програмний ландшафт і сприяти швидшому технологічній операції, були модернізовані модулі планування програмного забезпечення для планування обладнання із застосуванням сучасних можливостей і стандартів ІТ. Планується використовувати цю технологію також в інших областях планування та моделюванні родовищ.

Simon Michaux [14, 15] розглядає в своїх працях підвищення операційної ефективності в ключі розвитку геометалургії, як порівняно нової дисципліни в гірничій справі, яка передбачає фундаментальну інтеграцію багатьох традиційних технічних галузей промисловості, результатом якої є

нова методологія. Геометалургія — це оцінка прогнозування поведінки гірських порід, що залежить від інженерних результатів; це в контексті інженерних процесів. Simon Michaux пропонує стратегічні геометалургійні цілі, як вони можуть бути використані, а також описує покрокову процедуру експериментального планування. Обговорюються різні методи характеристики руди в різних масштабах. Різні види методів визначення характеристик руди обговорюються в контексті звичайних випробувань і порівняльних випробувань меншого масштабу для подрібнення, флотації та вилуговування. Наведені думки є достатньо прогресивними і цікавими, але нажаль не можуть бути використані в вугільній галузі.

3.5. Сучасний стан і перспективні напрямки підвищення операційної ефективності, що впливають з огляду літератури

Хоч система ощадливого виробництва дуже обмежено використовується в гірничій галузі України, рішення, які є віддзеркаленням її складових елементів, достатньо широко використовуються. Нижче наведено відповідні приклади.

Just-in-Time - система синхронізації передачі продукту з однієї виробничої стадії. Комплектуючі повинні передаватися на наступну стадію тільки тоді, коли це потрібно, і ні на хвилину раніше. Використовується для зменшення товарно-матеріальних втрат, втрат часу очікування. Ця концепція менеджменту прагне до вдосконалення систем за рахунок зменшення в процесі виробництва простоїв, вартості зберігання продукції тощо [5].

На вугільних шахтах рішення, що можуть бути ідентифіковані як ЛІТ-система: повна конвеєризація вугілля в шахті, система організації ремонту обладнання «шахтний склад, дільничний склад, підземний склад, резерв»

Jidoka — правило зупинки процесу за неякісної роботи. Jidoka є одним із найважливіших методів Lean для забезпечення вбудованої якості.

Впроваджуючи концепцію Jidoka, будь-хто може зупинити робочий процес, як тільки помітить проблему, яка шкодить якості продукту [5, 6].

Рішення, що можуть бути ідентифіковані як Jidoka - автоматична зупинка роботи обладнання в лаві з кнопок селектору, що може бути здійснена будь яким гірником очисного вибою, зупинка конвеєра кабель-тросовим вимикачем.

«Рока-yoke» («захист від дурня») — метод запобігання помилок — спеціальний пристрій або метод, завдяки якому дефекти просто не можуть з'явитися. Захист техніки та/або програмного забезпечення від неправильних дій людей, як при користуванні, так і при технічному обслуговуванні або виготовленні [16].

Рішення, що можуть бути ідентифіковані як Рока-yoke – автоматичне відключення напруги з обладнання, розташованого на ділянці при перевищенні вмісту метану концентрацій регламентованих Правилами безпеки, обмеження подачі комбайну при перевищенні навантаження на двигун/редуктор.

Цей аналіз вказує, що при підземній розробці родовищ корисних копалин багато принципів ощадливого виробництва, спрямованих на підвищення операційної ефективності і зниження нещасних випадків і травматизму гірників вже використовуються. Хоча система lean, в розумінні поширеному в світовому контексті не використовується.

Аналіз наведених в цьому розділі магістерської роботи рішень і концептуальних напрямків операційних покращень, дозволяють визначити перспективні напрямки підвищення операційної ефективності. При цьому виокремлено лише організаційно-технологічна складова, без врахування управлінських і менеджерсько-організаційних рішень, що зумовлено інженерним спрямуванням магістерської роботи. Нижче запропоновані ці напрямки:

- скорочення планових втрат часу (простоїв) очисного обладнання;

- скорочення непланових втрат часу (аварійних простоїв) очисного обладнання;
- оптимізація споживання електричної енергії на виїмковій ділянці і зниження зносу обладнання.

4. Аналіз взаємозв'язків між можливими технологічними позаплановими простоями у лаві (на прикладі 2-ї лави південної панелі блоку 10)

Вихідною інформацією для виконання розділу є паспорт кріплення і управління покрівлею 2-ї лави південної панелі блоку 10, книги гірничих диспетчерів. Плогограми робіт в лаві для односторонньої і човникової схем наведені на рис. 4.1 і 4.2.

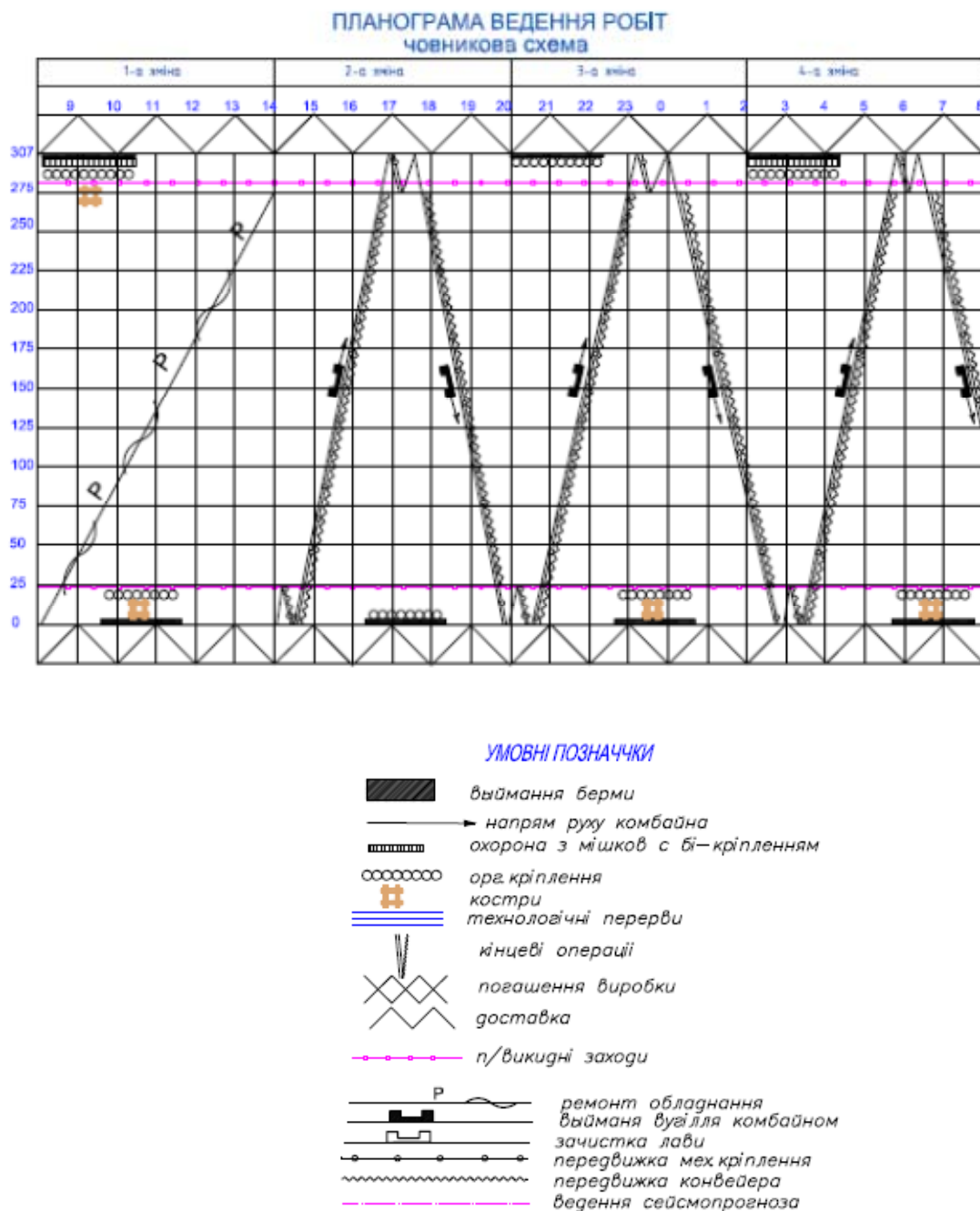


Рисунок 4.1 – Плогограма робіт при човниковій схемі [2]

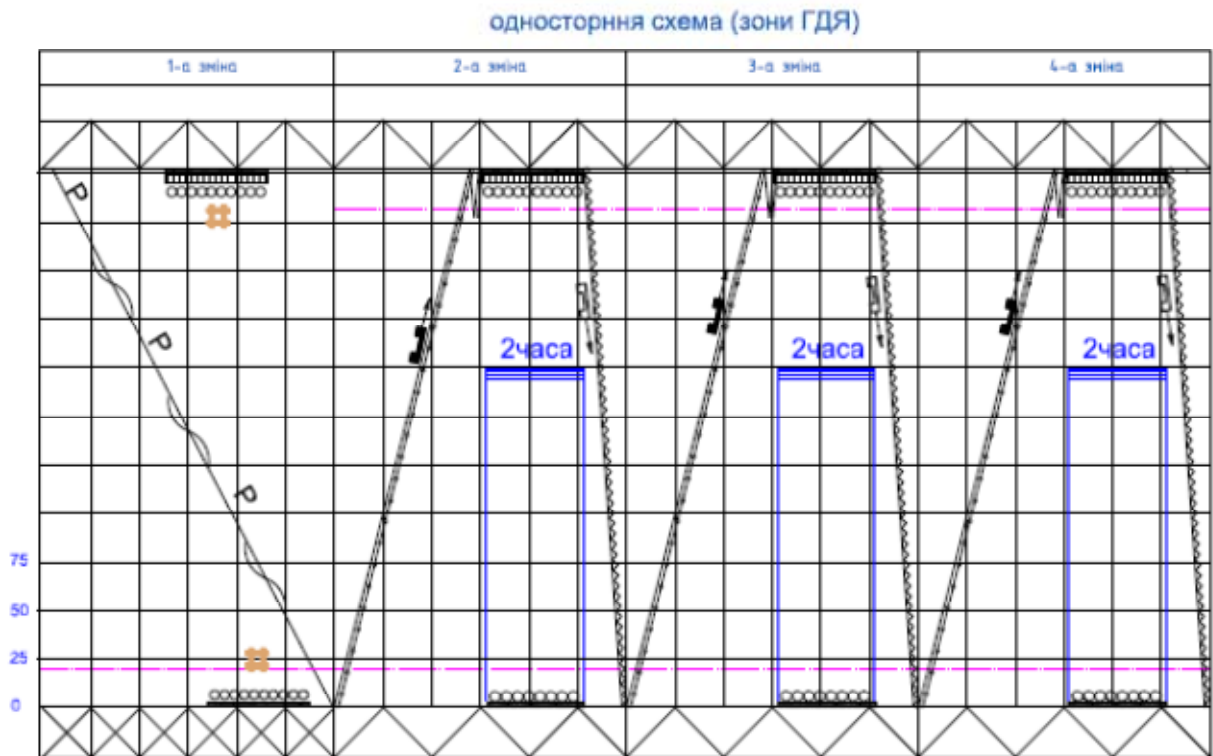


Рисунок 4.2 – Планограма робіт при односторонній схемі роботи комбайна [2]

Для узагальнення процесів, що виконуються на видобувній дільниці і зручного аналізу простоїв перетворимо планограми на блочно-стрічкову схему.

Човникова схема. Видобувні зміни.

Середня частина лави.

Блок «Виймання комбайном + транспортування вугілля».

Виймання вугілля здійснюється комбайном JOY 4LS, який, згідно з планограмою робіт, на початок доби знаходиться на нижньому сполучення.

Середня швидкість руху комбайна при виїмці складає:

$$V_{\text{ср}} = \frac{l_{\text{л}}}{t_{\text{в}}}, \text{ м/хв};$$

$l_{\text{л}}$ – довжина лави, 307 м;

$t_{\text{в}}$ – час виймання 153 хв.

$$V_{cp} = \frac{307}{153} = 2 \text{ м/хв}$$

Будь-яка аварія/зупинка на комбайні призводить до зупинки/затримки інших робіт у середній частині лави (кріплення, задвижка конвеєра, кінц. операції), а також до операцій на сполученнях, що виконуються за лавою: установці органного кріплення (немає посування секцій на кінцевій ділянці, нікуди пробивати органку), викладення кострів, викладення охоронної споруди з бі-кріплення).

Транспортування гірничої маси ведеться послідовно системою конвеєрів: лавний конвеєр СЗК 260/852, скребковий перевантажувач PZF, стрічковий конвеєр 2ЛТ-1000. Зупинка будь-якого з конвеєрів призводить до зупинки робіт з виїмки вугілля, а також до операцій на сполученнях, що виконуються за лавою: в установці органного кріплення (немає подвигання секцій на кінцевій ділянці, нікуди пробивати органку), викладення кострів, викладення охоронної споруди з бі-кріплення).

Роботу комбайна забезпечують МГВМ (машиніст гірничовиймкових машин) та Помічник МГВМ, які займаються безпосередньо виїмкою вугілля. А також 1 ГРОЗ (гірник очисного вибою) «петльовий», до його обов'язків входить ув'язування кабельної продукції, шплінтовка траку, перевірка з'єднань водоводу, контроль «петлі» під час робіт з видобутку. Обслуговування конвеєрів (вірніше пересипів із конвеєра на конвеєр) здійснюють МПУ (машиніст підземних установок). Кількість МПУ дорівнює кількості конвеєрів. На ділянці, що аналізується, – 4 чол. Пересип з конвеєра лави на перевантажувач обслуговує ГРОЗ, до його обов'язків входить також контроль транспортування конвеєром лави гірської маси, зняття негабаритів, їх розбивка.

Блок «задвижка мехкріплення».

Механізоване кріплення МКЮ4У-10/20, шириною 1,5м. Засувається після проходу комбайна з відставанням до 3,0 м. Пересування секцій кріплення здійснюється слідом за проходом комбайна (згідно з СОУ-П 10.1-

00185790-020:2012, п.6.2.2.3, стор.16). Задвижку здійснюють ГРОЗ. Будь-яка аварія/зупинка при перетяжці секції призводить до зупинки/затримки інших робіт у середній частині лави (виїмка, задвижка конвеєра, кінц. операції), а також до операцій на сполученнях, що виконуються за лавою. Час затримки при зупинці задвижки мехкріплення $t_{\text{зад.кр}}$ складає:

$$t_{\text{зад.кр}} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ хв.}$$

Після чого вилучення вугілля комбайном зупиняється (тут чисто теоретично, за фактом секцію можна залишити не пересунутою і працювати далі). Обслуговуванням механізованого кріпленням, перетяжкою секцій, зачищенням «кишень», виведення секцій займаються ГРОЗ. На ділянці, що аналізується, – 6 чол.

Блок «задвижка конвеєра лави».

Лавний конвеєр СЗК 260/852 заживається з відставанням не менше ніж 30м від комбайна. Задвижка конвеєра здійснюється домкратами пересування (штовхачами) секцій механізованого кріплення. Засувку здійснюють ГРОЗ. Будь-яка аварія/зупинка при задвижці конвеєра призводить до зупинки/затримки інших робіт у середній частині лави (виїмка, кріплення, кінц. операції), а також до операцій на сполученнях, що виконуються за лавою. Максимальне відставання не регламентоване паспортом, час затримки не можна розрахувати. Засувкою конвеєра лави займаються МРОЗ у складі вище описаних 6 чол.

Блок «кінцеві операції».

Включає роботи з підготовки до виїмки наступної смуги вугілля: самозарубку комбайна, задвижку приводу конвеєра лави, кріплення над приводом конвеєра. Будь-яка аварія/зупинка при виконанні кінцевих операцій призводить до зупинки/затримки інших робіт у середній частині лави (виїмка, кріплення, засувка конвеєра лави), а також до операцій на сполученнях, що виконуються за лавою. Кінцеві операції виконуються МГВМ та МРОЗ. Перші під час роботи комбайна, другі – секції кріплення та

конвеєр.

Нижнє сполучення.

Блок «виїмка нижньої ніші».

Виймання ніші/берми ведуть відбійними молотками одночасно з цим, виконуючи її кріплення. У паспорті кріплення і управління покрівлею в лаві передбачена довжина ніші/берми 1,0 м, випередження бермою лінії лави - 8 м. Затримка у виїмці берми може викликати затримку у виїмці тільки в тому випадку, коли не буде необхідного випередження, а воно за паспортом повинно мати 10-кратний запас при ширині захвату 0,8 м.

$$(10(t_b + t_{ko})) = 10 \cdot 193 = 1930 \text{ хв}$$

Роботи виконують ГРОЗ. До їх обов'язків входить:

- кріплення нижнього сполучення: задвижка приводу, відновлення стійок металокріплення, заводка бруса на секції, заводка СВП на секції, установка стійок;
- підготовка лави до задвижки: демонтаж стійки рамного кріплення, зачищення пару під засувку - 2 чол.
- виїмка та кріплення нижньої ніші та берми, встановлення анкерів по ніші – 2 чол.

Блок «установка органного кріплення».

Виконується після задвижки секцій мехкріпи на кінцевій ділянці лави. Роботи виконують ГРОЗ. Відставання паспортом не регламентовано, виходячи з планограми, допустиме відставання 1 цикл 193 хв ($t_b + t_{ko}$).

Затримка в установці органного кріплення призводить до зупинки/затримки інших робіт у середній частині лави (виїмка, кріплення, засувка конвеєра лави), а також до операцій на сполученнях, що виконуються за лавою. Роботи виконують ГРОЗ нижнього сполучення у складі вище описаних 4 чол.

Блок «костри».

Виконується після задвижки секцій мехкріплення на кінцевій ділянці з

кроком 2,4 м, тобто з відставанням $2,4/0,8=3$ цикли, де 0,8 – ширина захвату комбайна. $(3(t_B+t_{ко}))=3 * 193 = 579$ хв.

Затримка у викладанні кострів призводить до зупинки/затримки інших робіт у середній частині лави (виїмка, кріплення, задвижка конвеєра лави), а також до операцій на сполученнях, що виконуються за лавою. Роботи виконують ГРОЗ нижнього сполучення у складі вище описаних 4 чол.

*Блок «зведення перемички» на планограмі для нижнього сполучення не вказано, але у паспорті передбачено. Перемичка складається з двох елементів – дощато-парусної перемички та тіла перемички з бі-кріплення. Відставання дощато-парусної перемички 6 м. $6/0,8=7,5$ циклів, приймаємо найближче менше, оскільки цикл кратний 0,8м. $7 * 193 = 1351$ хв.

Відставання тіла перемички (крок між перемичками з бі-кріплення) – 12 м. $12/0,8=15$ циклів. $15 * 193 = 2895$ хв. Роботи виконують ГРОЗ.

Верхнє сполучення.

Блок «виїмка верхньої ніші».

Вилучення ніші/берми ведуть відбійними молотками одночасно з цим, виконуючи її кріплення. У аналізованому паспорті довжина ніші/берми 1,5 м-коду, випередження бермою лінії лави – 4,8 м-коду. Затримка у виїмці берми може викликати затримку у виїмці тільки в тому випадку, коли не буде необхідного випередження. $4,8/0,8=6$ циклів, де 0,8 – ширина захвату комбайна.

$$(6(t_B+t_{ко}))=6*193=1158 \text{ хв.}$$

Роботи виконують ГРОЗ. До їх обов'язків входить:

- кріплення верхнього сполучення по посуванню,
- задвижка приводу,
- заводка бруса, СВП на секції кріплення,
- встановлення дерев. стійок кріплення сполучення за приводом після задвижки,
- встановлення органного кріплення – 2 чол.
- виїмка та кріплення верхньої ніші та берми – 2 чол.

Блок «установка органного кріплення».

Виконується після задвижки секцій мехкріплення на кінцевій ділянці лави. Роботи виконують ГРОЗ. Відставання паспортом не регламентовано, виходячи з планограми, допустиме відставання 1 цикл $(t_g + t_{ко})$ 193 хв.

Затримка в установці органного кріплення призводить до зупинки/затримки інших робіт у середній частині лави (виїмка, кріплення, засувка конвеєра лави), а також до операцій на сполученнях, що виконуються за лавою. Роботи виконують ГРОЗ верхнього сполучення з вище описаних 4 чол.

Блок «костри».

Виконується після задвижки секцій мехкріплення на кінцевій ділянці з кроком 2,4 м, тобто з відставанням $2,4/0,8=3$ цикли, де 0,8 – ширина захвату комбайна. $(3(t_g + t_{ко}))=3 * 193 = 579$ хв.

Затримка у викладанні кострів призводить до зупинки/затримки інших робіт у середній частині лави (виїмка, кріплення, задвижка конвеєра лави), а також до операцій на сполученнях, що виконуються за лавою. Роботи виконують ГРОЗ нижнього сполучення у складі вище описаних 4 чол.

Блок «охоронна споруда».

Зводиться з мішків з бі-кріпленням ГРОЗ верхнього сполучення. Довжина охоронної споруди 5 м, по 2,5 м обидві сторони від куца свердловин. Пов'язано організаційно із дегазаційними свердловинами. Роботи виконують ГРОЗ: зведення охоронних споруд із подвигу лави, зведення ізолюючої перемички, зведення дощато-парусної перемички, тамбур-шлюзу, скорочення трубопроводу ізолюваного відведення метану – 3 особи на добу.

* Блок «зведення перемички» на планограмі не вказано, але у паспорті передбачено. Перемичка складається з двох елементів – дощато-парусної перемички та тіла перемички з бі-кріплення. Відставання дощато-парусної перемички 6 м. Відставання за часом $6/0,8=7,5$ циклів, приймаємо найближче менше, оскільки цикл кратний 0,8м. $7 * 193 = 1351$ хв.

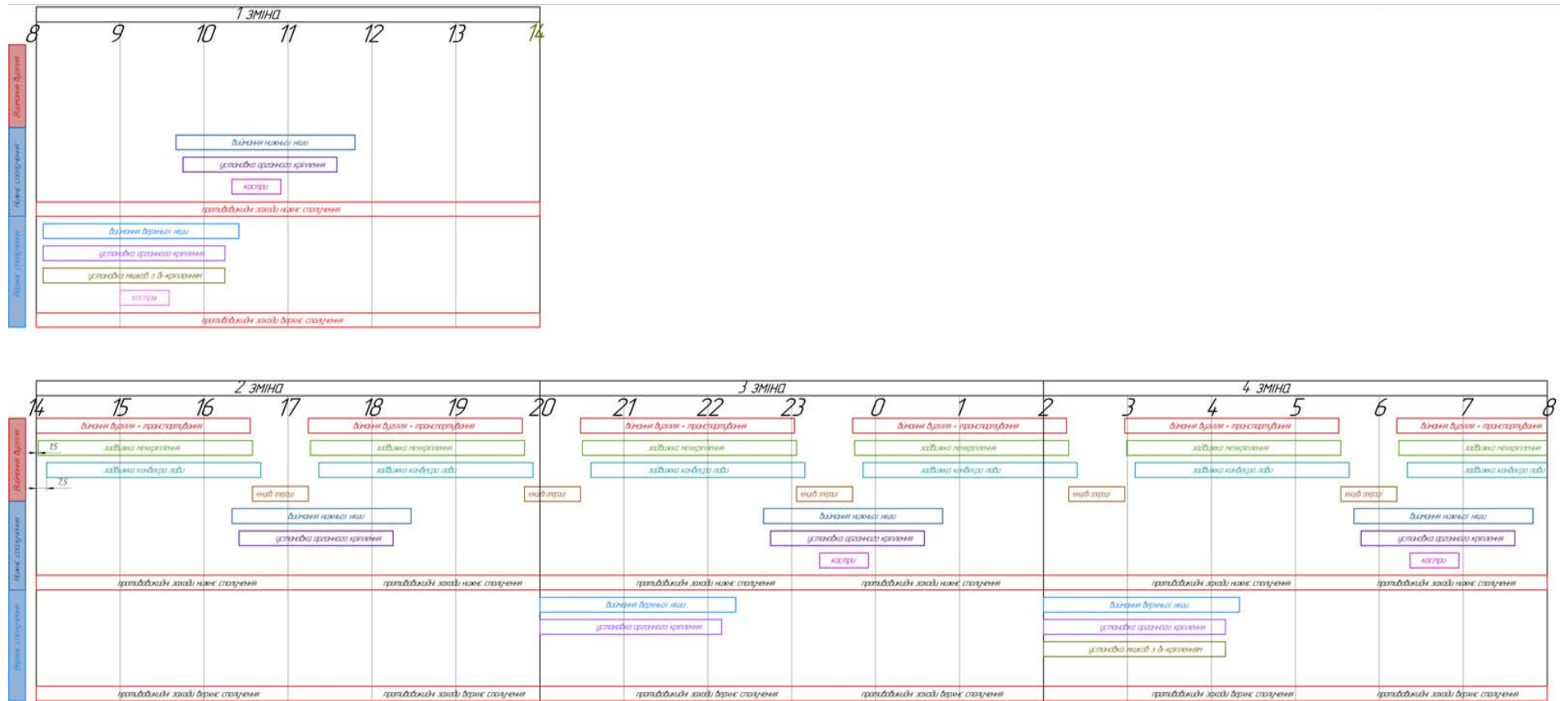


Рисунок 4.3 - Блочно-стрічкова схема для човникової схеми роботи комбайна

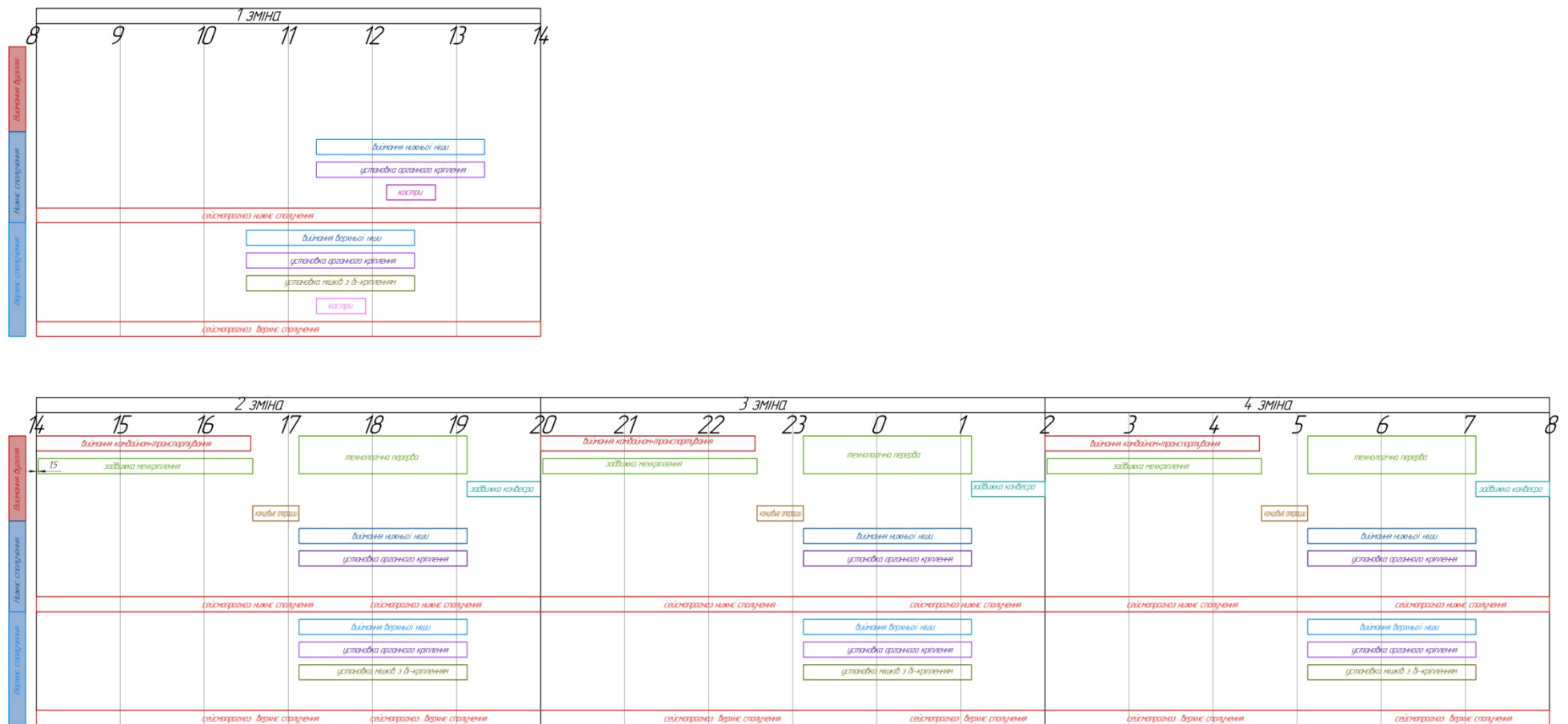


Рисунок 4.4 - Блочно-стрічкова схема для односторонньої схеми роботи комбайна

Відставання тіла перемички (крок між перемичками з бі-кріплення) – 12 м. $12/0,8=15$ циклів. $15 * 193 = 2895$ хв.

Блочно-стрічкові схеми відповідно до наведених вище блоків представлені на рис. 4.3 і 4.4 для човникової і односторонньої схеми роботи комбайна відповідно.

5. Аналіз технологічних позапланових простоїв на виїмковій ділянці (на прикладі 2-ї лави південної панелі блоку 10)

Вихідною інформацією для виконання розділу є паспорт кріплення і управління покрівлею 2-ї лави південної панелі блоку 10, книги гірничих диспетчерів.

Беручи за основу логіку, що була використана при аналізі можливих взаємозв'язків в лаві, що наведено в попередньому розділі, побудуємо структурну схему взаємозв'язку між технічними одиницями виїмкової ділянки. Для 2-ї лави південної панелі блоку 10 така схема наведена на рис.5.1.

Таким чином ланцюгова схема транспортування стрічковими конвеєрами додає до наведеного в попередньому розділі ланцюга можливих зупинок, додаткові ризики непланових зупинок обладнання штрека. Відомо, що вирогідності відмов, (що враховуються в розрахунках коефіцієнтом надійності обладнання) перемножуються. Таким чином вирогідність порушення ритмічної роботи буде обумовлюватись надійністю кожного елемента обладнання системи і кількістю цих елементів.

В наведеному прикладі на штреці встановлено 4 стрічкових конвеєра і один підливний перевантажувач (5 елементів). В лаві встановлено конвеєр, комбайн і секції кріплення (3 структурні елементи, а враховуючі кількість секцій – 180, в лаві 182 технічні одиниці).

На рис. 5.1 наведено механічна складова технологічного обладнання лави з зазначенням рівня автоматизації. Як правило використовується ручне управління роботою обладнання з додаванням базових автоматичних захистів обладнання. Але окрім механічної частини додаються ще системи електроживлення і спрацювання систем захисту, наприклад сенсорів метану.

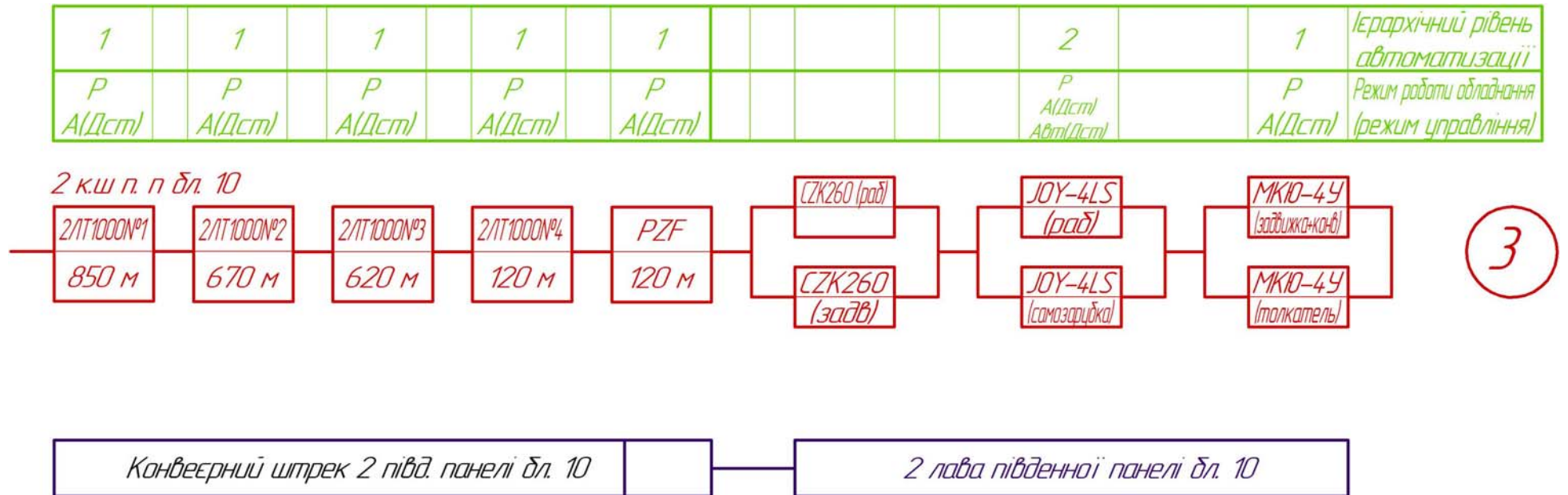


Рисунок 5.1 – Структурна схема взаємозв'язку між технічними одиницями для 2-ї лави південної панелі блоку 10

Системи автоматизації розглядаються на підприємстві в першу чергу як елемент автоматичного захисту. Проте в широкому розумінні, що покладене в основу концепції безперервних операційних покращень роль автоматизації значно ширше, в першу чергу в участі цих систем в керування технологічними процесами, передбаченні і прогнозі аварійних позаштатних станів і т.ін. Саме в цьому напрямку йде розвиток операційних покращень в світовому контексті.

Для аналізу причин і часу відмов обладнання виїмкової ділянки розглянемо зафіксовані простої обладнання, внесені до книги диспетчерів. Результати аналізу наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Результати аналізу планових і непланових зупинок роботи 2-ї лави південної панелі блоку 10

Обладнання	Час аналіза, годин	Плановий час простоїв годин	Позаплановий час простоїв, годин
Комбайн	13140	1877,925	162,00
Механічні пошкодження	13140	1877,925	86,83
Система зрошення, система охолодження	13140	1877,925	7,00
Гідросистема	13140	1877,925	0,00
Система смазки	13140	1877,925	4,33
Електросистема	13140	1877,925	40,83
Електро-привод	13140	1877,925	13,00
Система керування і сигналізації	13140	1877,925	8,00
Інше	13140	1877,925	2,00

Конвеєр лави	13140	1877,925	93,33
Механічні пошкодження	13140	1877,925	34,00
Система зрошення, система охолодження	13140	1877,925	0,00
Гідросистема	13140	1877,925	0,00
Система смазки	13140	1877,925	0,00
Електросистема	13140	1877,925	3,33
Електро-привод	13140	1877,925	0,00
Система керування і сигналізації	13140	1877,925	0,00
Інше	13140	1877,925	56,00
Перевантажувач- PZF	13140	1877,925	0,00
Механічні пошкодження	13140	1877,925	0,00
Система зрошення, система охолодження	13140	1877,925	0,00
Гідросистема	13140	1877,925	0,00
Система смазки	13140	1877,925	0,00
Електросистема	13140	1877,925	0,00
Електро-привод	13140	1877,925	0,00
Система керування і сигналізації	13140	1877,925	0,00
Стрічковий конвеєр - 2ЛТ-1000	13140	1877,925	0,00
Механічні пошкодження	13140	1877,925	0,00
Система зрошення,	13140	1877,925	0,00

система охолодження			
Гідросистема	13140	1877,925	0,00
Система смазки	13140	1877,925	0,00
Електросистема	13140	1877,925	0,00
Електро-привод	13140	1877,925	0,00
Система керування і сигналізації	13140	1877,925	0,00

Для визначення долі непланових простоїв проведено аналіз, результати якого представлені на рис. 5.2.

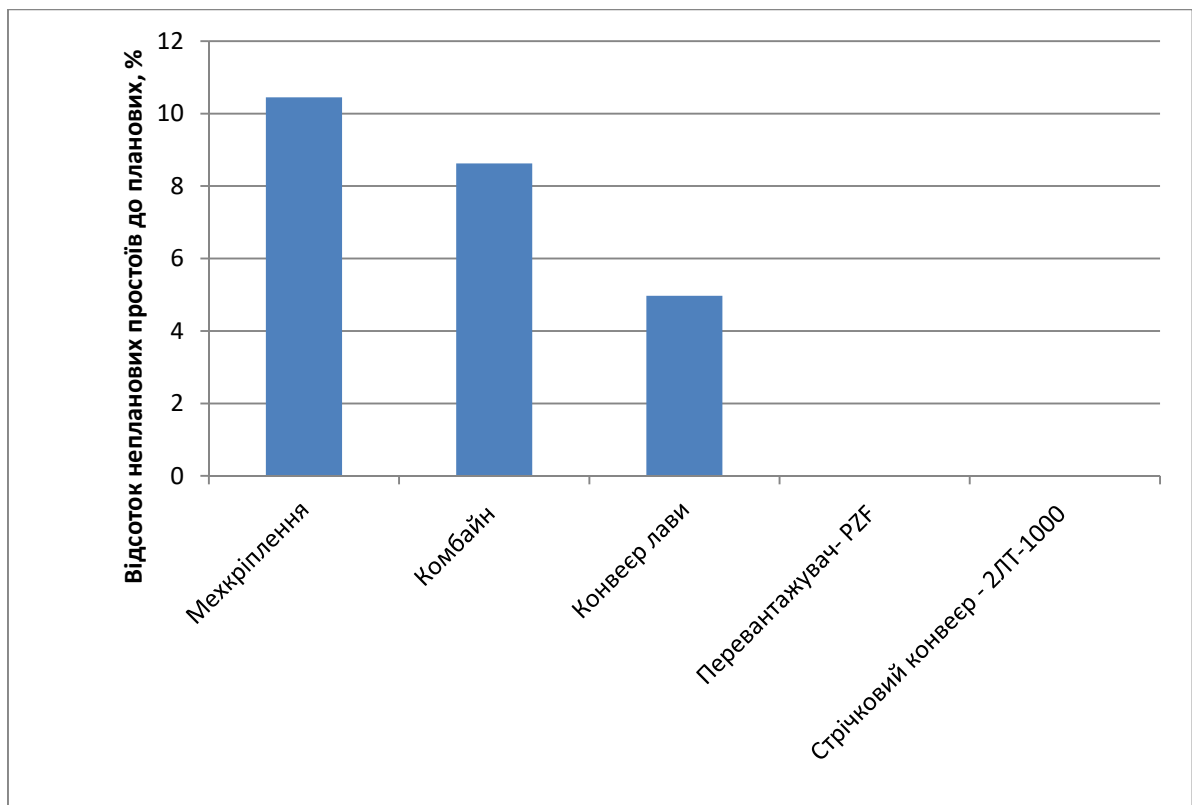


Рисунок 5.2 – Відношення причин непланових простоїв обладнання виїмкової ділянки до планових зупинок і перерв

З рисунка 5.2 видно, що більше всього незапланових зупинок в лаві пов'язано з роботою механізованого кріплення. Ці зупинки становлять 10,43% від планових перерв. Таким чином ступінь невизначеності

технологічних операцій передвижки кріплення є максимальною з всього обладнання. Простої, викликані незапланованими зупинками комбайну становлять 8,62% від планових перерв. Порушення ритмічної роботи конвеєра викликають 4,96% простоїв лави від планових. Таким чином найбільшу увагу слід приділяти удосконаленню роботи саме перших трьох складових системи (відповідні блоки наведені на рис. 5.1 і в розділі 4 магістерської роботи).

Аналіз причин незапланованих простоїв вказує на те, що основними причинами:

- для мехкріплення є порушення роботи гідравлічної системи і механічні порушення (закушування секцій, необхідність виважування, підтягування секції в лінію);
- для комбайну – механічні пошкодження (53%) і електросистема (26%);
- для конвеєра лави – механічні пошкодження (36%) і інші причини, як правило організаційного характеру (60%).

Планові зупинки проаналізовані в розділі 4 цієї магістерської роботи, критичних відхилень від планограми робіт диспетчерською службою не фіксується. Тому основну увагу в роботі доцільно приділити саме неплановим простоям і зупинкам.

Світові тенденція зменшення простоїв і підвищення операційної ефективності, як було зазначено вище [3-10], полягають в розвитку систем автоматизації. Щоб визначити вузькі місця і можливі напрямки покращення проаналізуємо поточний рівень автоматизації ланцюга, що розглядається на прикладі 2-ї лави південної панелі блоку 10. Серед блоків, що входять до обладнання виїмкової ділянки проаналізуємо тільки обладнання лави, оскільки з рисунку 5.2 випливає, що стрічкові конвеєри і перевантажувач підлавний не викликають значних непланових простоїв, значить їх покращення не потрібні.

Таблиця 5.2 Автоматизація обладнання 2-ї лави південної панелі блоку 10

Обладнання	Комбайн JOY4LS
Режим керування	
	Ручний (в т.ч. дистанційний)
	Автоматизований (в т.ч. дистанційний)
	Автоматичний (в т.ч. дистанційний)
Апаратура автоматизації	
	Система управління JNA (центр управління комбайном)
Функції	
	Управління соленоїдами гідросистеми забезпечення послідовності та черговості дій управління інверторним модулем (забезпечення необхідної швидкості подачі). Регулювання та контроль величини споживаного струму в приводах гідронасосу, ріжучого органу та механізму подачі для забезпечення зворотного зв'язку від ріжучого органу. Контроль температури приводів ріжучого органу, насоса та подачі, температури шинного модуля, температури інвертора частотно-регульованого приводу IN1 та трансформатора приводу подачі. За допомогою даних від RTD (резистивних датчиків температури). Функціональний контроль пультів дистанційного керування для забезпечення безперервності передачі даних керування гідравлікою, даних управління, подачею сигналів екстреної зупинки.

	Контроль перемикача пультів керування для блокування несправного або вибраного помилково пульта керування. Забезпечення захисту приводів гідронасосу, ріжучого органу та механізму подачі від теплових навантажень від перевантажень під час заклинювання. Регулювання параметрів комбайна Забезпечення виведення даних діагностики на екран дисплея JNA. Ведення журналу реєстрації даних для аналізу режиму експлуатації комбайна: інформація про стан та несправності, виявлені системою JNA; у журналі, може зберігатися 3000 подій, у хронологічному порядку про помилки, перевантаження та зміни стану; кожен рядок журналу відображає дату та час події, компонент, який він торкнувся, та вид події.
Датчики	
	Термостати: - управління, - гідронасос, - лівого та правого тягових приводів, - лівого та правого ріжучих агрегатів. Датчик RTD (резистивний датчик температури). Датчик струму приводів. Передпусковий датчик подачі води. Передпусковий датчик тиску води.
Параметри, що	

контролюються	
	Температура приводів ріжучого органу; Температура оточуючого повітря; Температура повітря усередині ЧРП; Струми приводів ріжучого органу; Швидкість комбайна, задана машиністом, м/хв; Фактична швидкість комбайна; Струм, напруга, частота лівого та правого двигуна подачі; Лінійна напруга змінного струму на комбайн; Напруга постійного струму, яке блок шини приводу ЧРП перетворює лінійну напругу змінного струму, Чинники, що впливають на швидкість переміщення комбайна: - температура приводів різального органу (CtrTemp), - Струм приводів ріжучого органу (CtrAmps), - максимальна частота тягового струму (HMaxFrq), - граничний струм тягових приводів (HCurLmt), - Задана машиністом швидкість (HDesSpd). Струм та напруга двигуна насоса гідроприводу; Рівень робочої рідини у гідравлічному баку та її температура; Індикація напрацювання мотогодин (в годинах) блоку JNA та вузлів комбайна.
Обладнання	Мехкріплення МКЮ-4У
Режими роботи обладнання	
	Ручний
Обладнання	Конвеєр лави CZK-260
Датчики	

	Датчик магнітоіндукційний для контролю руху скребкового ланцюга; Пристрій контролю швидкості УКС.
Параметри, що контролюються	
	Витрата води, що охолоджує привод; Температура води; Температура обмотки двигуна; Статичний тиск на вході електродвигуна; Статичний тиск на вході планетарного редуктора; Натяг ланцюга.

Наведена в таблиці 5.2 інформація дозволяє зробити висновок, що комбайн JOY має високий рівень автоматизації, систем захисту і безпеки. Окрім цього цей комбайн належить до ряду найкращих вуглевидобувних машин світу. Тому заміна комбайну не зможе істотно вплинути на рівень видобутку і змінити простої в лаві. Найнижчий рівень автоматизації і керування мають механізовані секції кріплення. Якщо врахувати, що простої з причин зупинок через роботу механізованого кріплення займають найбільшу долу непланових простоїв, найбільший резерв у зменшенні простоїв полягає саме в удосконаленні системи механізованого кріплення лави. Щодо конвеєра, то можна зробити, що необхідний мінімум контролю показників і захисту від механічних і теплових полів це обладнання має. Необхідність заміни конвеєра і ефективність такої заміни можна встановити після відповідних розрахунків.

6. Розробка заходів підвищення операційної ефективності виїмкової ділянки

6.1 Оцінка простоїв обладнання через планові і непланові зупинки в роботі

Існують різні підходи до оцінки використання часу, пов'язані з організаційно-технологічними аспектами:

Ступінь використання часу (Time utilization degree η_T (TUD)) (т.з. коефіцієнт машинного часу)

$$\eta_T = \frac{t_{EE} + t_{PL}}{t_{DT} + t_{EE} + t_{PL}} = \frac{t_{RT}}{t_{OT}} \quad (6.1)$$

Організаційний ступінь використання (Procedural utilization degree η_P (PUD))

$$\eta_P = \frac{t_{EE}}{t_{EE} + t_{PL}} \quad (6.2)$$

де: t_{EE} – ефективний час видобутку вугілля, хв/д;

t_{DT} – перерви, простої (непланові), хв/д;

t_{PL} – витрати часу визначені організацією робіт (планові простої), хв/д.

Це час, що відноситься до однієї зміни або, в більшості випадків, до робочого дня. Теоретично це час, коли вибій був в експлуатації.

t_{RT} – загальний добовий час роботи виймальної машини, хв/д;

t_{OT} – щоденний робочий час, хв/д.

З аналізу формул 6.1 і 6.2 очевидно, що збільшення ефективного часу видобутку вугілля є основним способом підвищення обох показників ступеня використання робочого часу, що напряму впливає на об'єми видобутку вугілля.

Якщо розписати ці показники через технологічні процеси, то в спрощеному вигляді можна отримати наступну формулу [17]:

$$A_{\text{л}}^{\text{м}} = \frac{(T_{\text{зм}} - t_{\text{пз}})n_{\text{зм}}\lambda_{\text{л}}\text{rмгс}}{T_{\text{ц}}} \quad (6.3)$$

$T_{\text{ц}}$ — тривалість (хв) циклу з виймання вугілля;

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{в}} + yt_{\text{з}} + t_{\text{к}} \quad (6.4)$$

$t_{\text{в}}$ — тривалість виймання вугілля комбайном протягом циклу, хв;

y — змінна, що приймає значення 1 при односторонній схемі роботи комбайна і значення 0 при човниковій схемі роботи комбайна;

$t_{\text{з}}$ — тривалість зачистки вугілля комбайном на цикл, хв;

$t_{\text{к}}$ — тривалість кінцевих операцій, хв. [17].

Як видно з формул 6.3 і 6.4 організаційні покращення дозволяють скоротити час на виконання кінцевих операцій (фактично це зменшення планових простоїв), проте не можуть вплинути на непланові простой, виявлені в попередньому розділі. Для цього необхідно впроваджувати зміни у рівні автоматизації.

6.2 Оцінка простоїв обладнання через планові і непланові зупинки в роботі

Враховуючи існуючий рівень автоматизації (проаналізований в попередньому розділі магістерської роботи), для скорочення часу виконання робіт та відповідних простоїв у процесі вуглевидобутку, а також зниження чисельності персоналу, рекомендується впровадження системи автоматизованого управління механізованим кріпленням. Оскільки задвижка секцій механізованого кріплення займає значну частину часу технологічного процесу видобутку і згідно з наведеною вище статистикою є фактором, що

стримує (за часом) рух комбайна, слід передбачити можливість виконання операцій із засувки механізованого кріплення в автоматичному режимі.

Рекомендовані компоненти системи автоматизованого керування механізованим кріпленням:

- електрогідравлічні блоки керування з можливістю роботи в автоматизованому/ручному режимах;
- апаратура моніторингу геометрії секції (нахили, положення мехкріпи);
- датчики контролю тиску в гідромагістралях.

Використання секцій кріплення з високим контролем покрівлі і підосви в будь-яких умовах (слабкі покрівлі та важкообвалюванні пісковики, м'які підосви та геологічні розломи). Це не тільки усуває простої в результаті контролю порід, що оточують вугільний пласт; але також полегшує автоматизацію систем підтримки даху навіть у дуже складних геологічних умовах.

Використання секцій з електронною системою керування для найдосконалішої автоматизації і моніторингу обладнання. Електрогідравлічна система керування забоєм - передова технологія автоматизації забою, що забезпечує повну автоматизацію, моніторинг і дистанційну діагностику для всього обладнання забою. Уся інформація може бути передана на поверхню в режимі реального часу, щоб забезпечити максимальну продуктивність лави.

Прикладом таких секцій є кріплення Cat [18]. Для умов лави, що розглядається, як і для більшості вибоїв шахти, підходить 2-Leg Roof Support Cat 1219/2235-2x5655-1750 (рис. 6.1). Це кріплення відповідає по рівню комбайну JOY, що використовується в лаві.

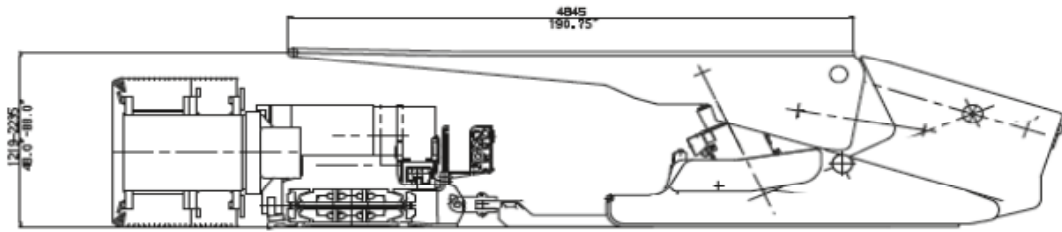


Рисунок 6.1 – Поперечний перетин механізованого кріплення Cat 1219/2235-2x5655-1750

Секції Cat мають найкращий рівень автоматизації у світі, який забезпечується наступними складовими.

Іскробезпечні блоки керування РМС-R 2.0 (рис. 6.2а) розроблені, щоб забезпечити високий рівень автоматизації лав. Кожна секція оснащена одним блоком керування РМС-R 2.0 і електромагнітним драйвером для керування гідравлічними функціями в секції, а також додатковими елементами, такими як датчики тиску в стійках і домкратах передвижки, нахилу щита та визначення близькості персоналу. Блок РМС-R 2.0 контролює та відображає всі функції опори даху та служить інтерфейсом між оператором і машиною (НМІ) [18].

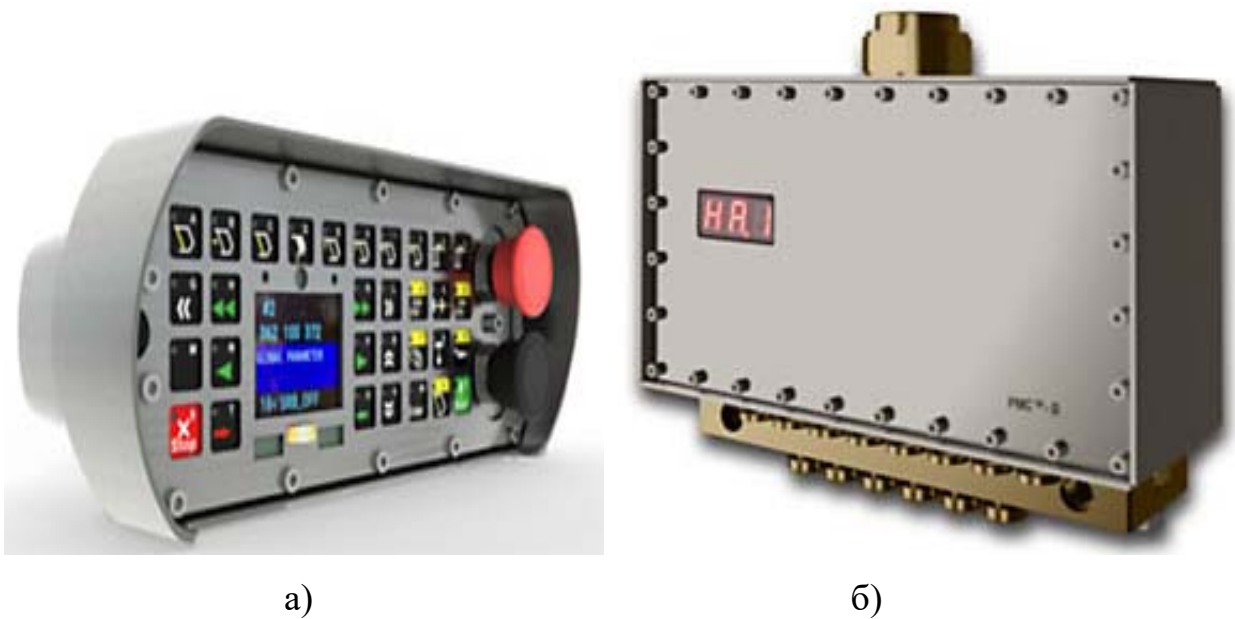


Рисунок 6.2 – Блоки керування РМС-R 2.0 (а), РМС-D (б)

Іскробезпечні блоки керування РМС-D (рис. 62 б) використовуються для забезпечення високого рівня роботи конвеєра AFC і автоматизації комбайна. Кожен блок приводу оснащений одним блоком керування РМС-D та еквівалентним входом/виходом для керування приводами [18].

У такій системі РМС-V забезпечує людино-машинний інтерфейс (НМІ) для взаємодії з елементами керування РМС-D для роботи в ручному режимі, візуалізації та зміни параметрів. У системі РМС-D однаково працюють мінімум один і зазвичай до 3 РМС-V. Система РМС-D може чутливо контролювати швидкість і крутний момент приводу конвеєра. Використовуючи мережу Profibus, усі РМС-D та РМС-V у системі можуть обмінюватися даними процесу на великі відстані з високою частотою.

При впровадженні кріплення з сучасною автоматизацією доцільно використовувати також головний блок керування MCU2 (рис. 6.3), який використовується для апаратного та програмного забезпечення для підземного видобутку корисних копалин, для комплексного збору даних, безпечного та захищеного обміну даними з поверхнею, комп'ютерної візуалізації поточних даних лави або централізованого керування та обслуговування машин.

Використовується для:

- візуалізації всіх даних лави
- зміни та контролю параметрів сполучення
- аналізу роботи та ситуації системи лав
- передачі даних в диспетчерську шахти [18].

Таким чином електрогідравлічна система управління мехкріпленням дозволяє скоротити час на пересування секції та засувку лавного конвеєра, проводити засувку кріплення без втрати контакту з покрівлею (з підпором), проводити розпір (дораспор) секцій відповідно до заданих параметрів, скоротити кількість ГРОЗ на задвижці мехкріплення.

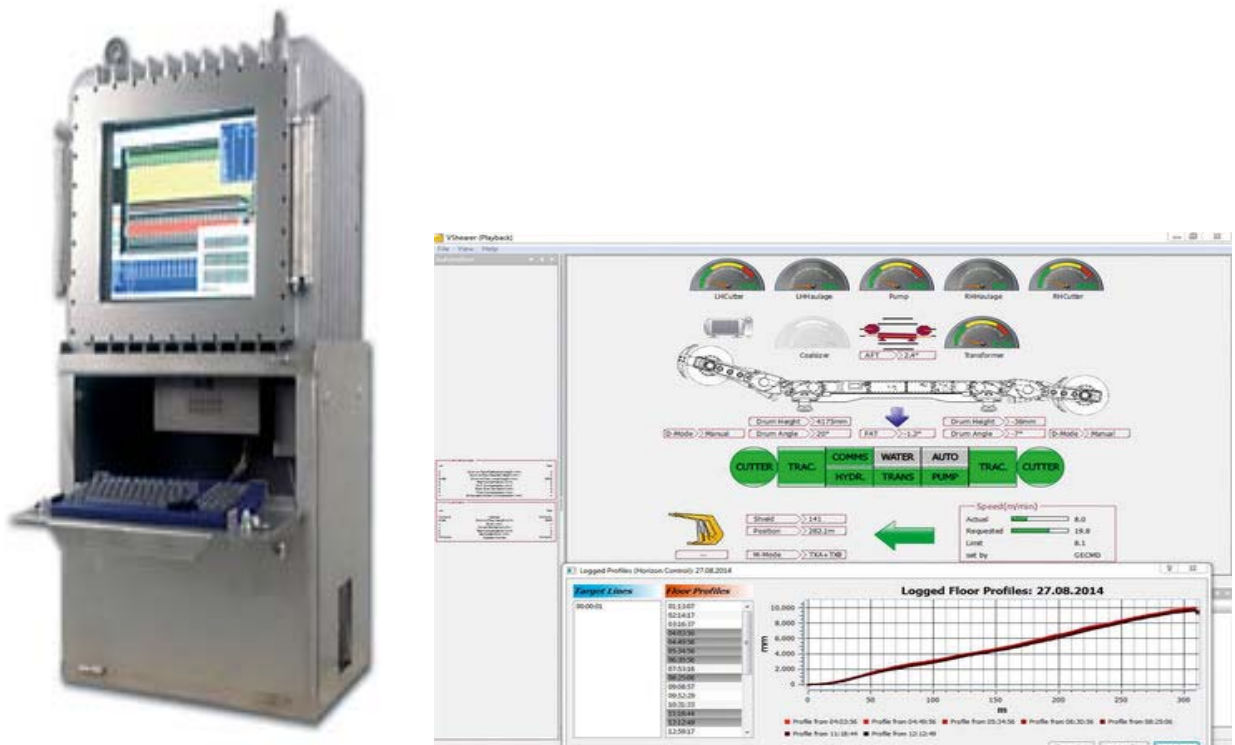


Рисунок 6.3 – Блок керування MCU2

Для автоматизації роботи конвеєра лави пропонується використання частотно-регульованого приводу керування двигунами забійних конвеєрів у лавах, який забезпечує саме ту потужність, яка необхідна в поточний момент навантаження конвеєра.

Частотно-регульований привод (рис. 6.4) складається з ЧРП з повітряним охолодженням, ЧРП з рідинним охолодженням і зовнішньої охолоджувальної станції.

Керування: загальний крутний момент на нульовій швидкості, максимальний крутний момент при запуску, ідеально збалансований крутний момент на двигунах для розподілу навантаження, двигуни, що гальмують конвеєр або виймальну машину, або негайно зупиняють їх у разі виникнення ситуацій перевантаження [18].

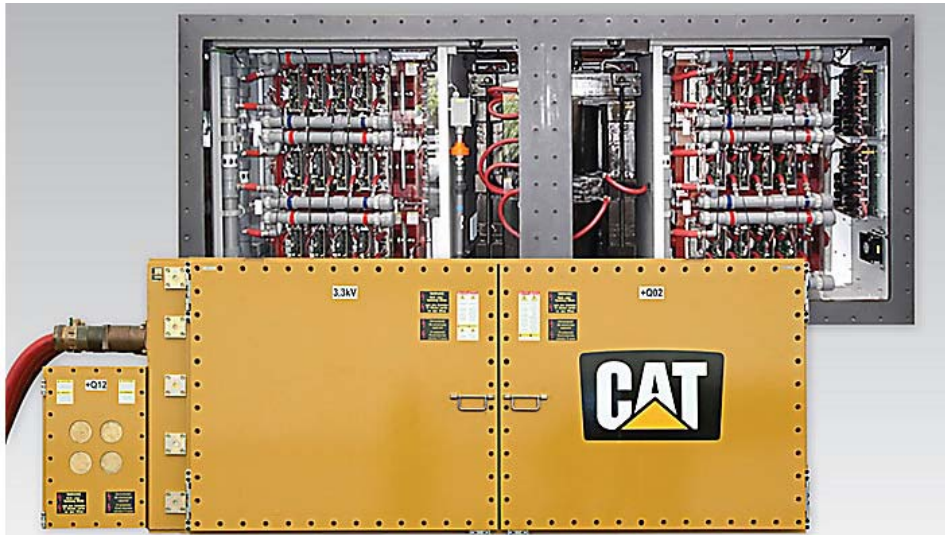


Рисунок 6.4 – Частотно-регульований привод конвеєром лави

При застосуванні системи автоматизованого контролю механізованого кріплення і частотно-регульованого приводу конвеєром лави необхідна їх інтеграція в єдину систему Scada з застосовуваною на ш/у Покровське. Задля забезпечення можливості автоматизованого управління очисним комбайном, зокрема дистанційного, що передбачено його конструкцією, але не реалізовано на шахті через відсутність системи керування (подібної до MCU2), необхідне впровадження системи позиціонування комбайна. Це дозволить максимально підвищити рівень апаратної автоматизації.

6.3 Розрахунок ефективності запропонованих рішень

Для розрахунку ефективності запропонованих рішень використовуємо елементи теорії надійності систем. Оцінювати ефективність пропонується моделлю вірогідності нестійких станів. В диференційному вигляді вона може бути записана як:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda \cdot P_0(t) + \mu \cdot P_1(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda \cdot P_0(t) - \mu \cdot P_1(t). \end{cases} \quad (6.5)$$

де λ і μ – щільності ймовірностей переходів з працездатного $P_1(t)$ до непрацездатного $P_0(t)$ станів та назад, по циклу.

Вирогідності відказів будемо розраховувати через відношення рівней автоматизацій при шахтному і запропонованому варіанті по кожному елементу обладнання, що використовується в лаві з врахування часу роботи відповідного елемента оснащення лави. Значення втрат часу взяті з таблиці 5.1 наведеної в попередньому розділі магістерської роботи.

Таблиця 6.1 містить результати розрахунку коефіцієнтів автоматизації. Комбайн - JOY4-LS20 виконує 3 операції: руйнування вугілля шнеками, переміщення по лаві, виконання кінцевих операцій. Всі три операції виконуються в базовому варіанті в ручному режимі. Ручний режим керування для комбайну JOY4-LS20 має код 111, що відповідає значенню 7 в десятирічному коді, керуванням комбайна займаються 2 МГВМ, таким чином для шахтного варіанта автоматизація роботи комбайна становить $7/2=3,5$. Для запропонованого варіанта впроваджено дистанційний режим керування, таким чином в середній частині лави операції будуть автоматизовані (дві з трьох), а кінцеві операції будуть виконуватись вручному режимі керування, таким чином код 011001 відповідає значенню 57, $57/2=28,5$.

Для конвеєра лави рівень автоматизації не зміниться, оскільки одна операція транспортування вугілля виконується в автоматизованому режимі при шахтному і запропонованому варіантах, кількість робітників на управлінні 1.

Для механізованого кріплення в шахтному варіанті 2 операції – передвижка секцій і задвижка конвеєра лави виконуються в ручному режимі, а після впровадження електрогідравлічної системи керування обидві ці операції переводяться в автоматизований режим. При цьому скорочується кількість ГРОЗ на передвижку секцій на 2.

Такий підхід дозволяє математично врахувати скорочення простоїв через зміну існуючого (шахтного) на удосконалений (рекомендований) рівні

автоматизації на підставі інформації про кількість та режими виконання технологічних операцій, а також чисельність персоналу.

Таблиця 6.1 – Автоматизація операцій в лаві

Обладнання	$n_{\text{авт}}$	Кількість гірників		Операції в автоматизованому режимі				Операції в ручному режимі		
Комбайн - JOY4-LS20	3,50	2	0	0	0	0	3	1	1	1
	28,50	2	2	0	1	1	1	0	0	1
Конвеєр лави - SZK-260/852	8	1	1	0	0	1	0	0	0	0
	8	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Мехкріплення МКЮ/Cat	0,42	7		0	0	0	2	0	1	1
	9,6	5	2	0	1	1	0	0	0	0

Таблиця 6.2 – Вірогідність безаварійної роботи

Обладнання	$n_{\text{авт}}$	Час планових простоїв, год	Час поза-планових простоїв, год	λ	μ	Вірогідність роботи без аварій (поза-планових зупинок) $P_1(t)$
Комбайн - JOY4-LS20	28,5	1877	19,89	7,75819 E-05	0,00399	0,980943
	3,5	1877	162	9,0082 E-05	0,00049	0,844404
Конвеєр лави - SZK-260/852	8	1877	93,33	8,95282 E-05	0,00051	0,84971
	8	1877	93,33	8,95282 E-05	0,00051	0,84971
Мехкріплення Cat /МКЮ	9,6	1877	8,45	7,66317 E-05	0,01104	0,993107
	0,42	1877	193,33	9,03369 E-05	0,00048	0,84198

Результати розрахунку вірогідностей роботи обладнання лави без непланових зупинок після і до впровадження операційних покращень рівня автоматизації наведені в таблиці 6.2. З таблиці видно, що для комбайна JOY4-LS20 вірогідність роботи в безаварійному стані при реалізації автоматизації збільшується з 0,844 до 0,980, тобто на 16,1%, а для блока мехкріплення, заміна МКЮ на Cat призводить до підвищення вірогідності безаварійної роботи з 0,841 до 0,993, тобто на 17,9%. Таким чином технічна ефективність запропонованих рішень в довгостроковій перспективі очевидна.

Однак аналіз проведений для всього періоду доремонтного експлуатування обладнання не дає повної картини, оскільки збільшення часу спостереження (аналізу) призводить до зростання вірогідності, що є відомим фактом. Проведемо аналіз впливу часу роботи обладнання на зміну вірогідності безаварійної роботи комбайна і кріплення, починаючи з часу 1 міс (рис. 6.5).

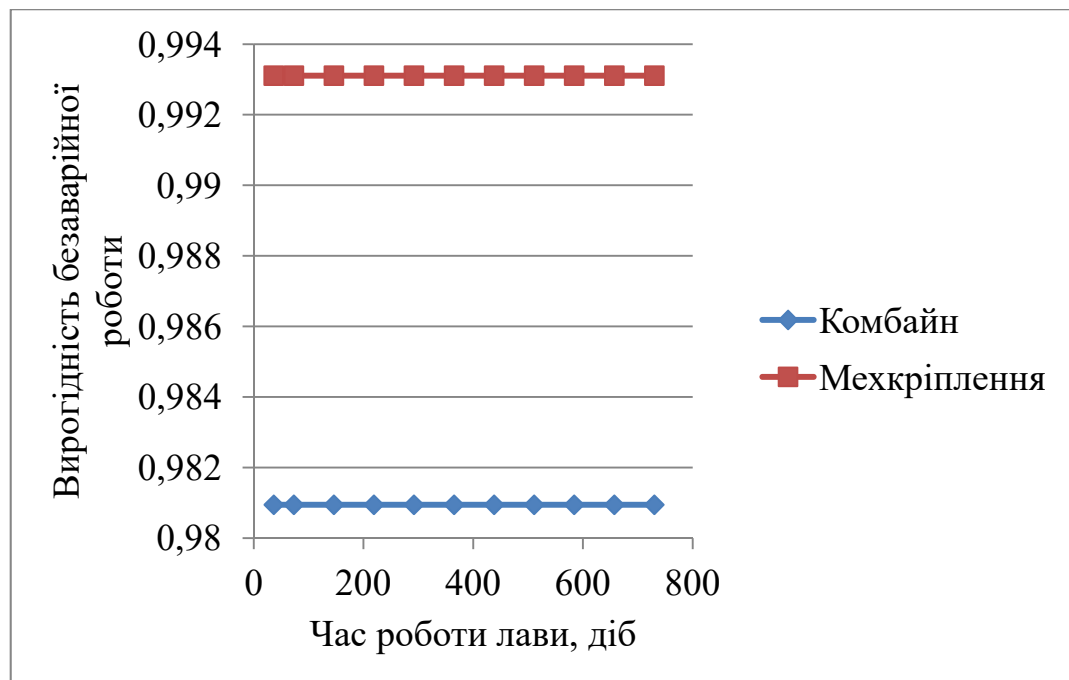
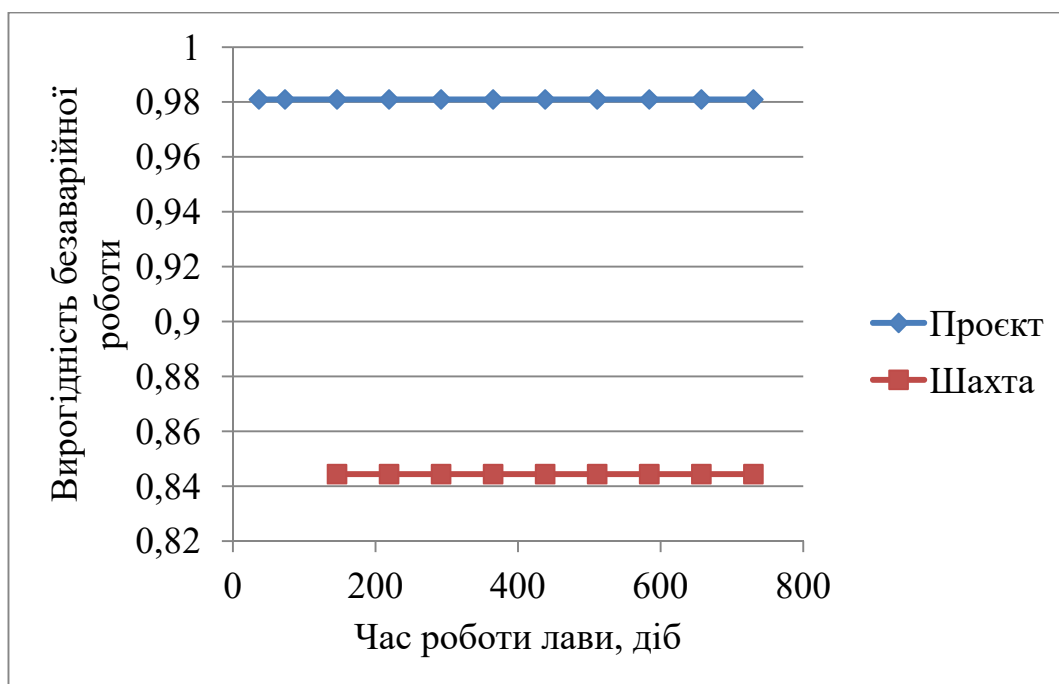


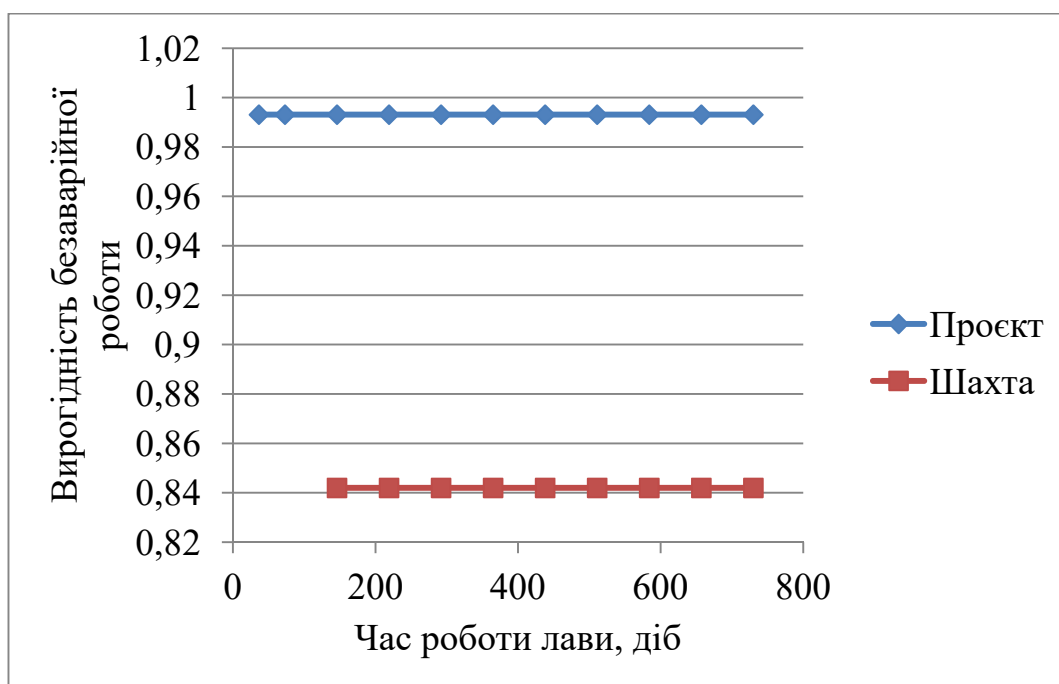
Рисунок 6.5 – Зміна вірогідності безаварійної роботи обладнання лави

з часом

Щоб відстежити ефективність авоматизації в короткостроковому періоді проаналізуємо зміну вірогідності безаварійної роботи до і після операційних покращень (рис. 6.6).



а)



б)

Рисунок 6.6 – Зміна вірогідності безаварійної роботи комбайна (а) і механізованого кріплення в лаві (б) з часом

В короткостроковій перспективі ефективність автоматизації аналогічна, що видно з рисунку 6.6.

Калібрування моделі проведено для умов 2-ї лави південної панелі блоку 10 на момент видобутку вугілля 4400т/добу.

Термін відпрацювання умовної лави, аналогічній експериментальній ділянці приймемо 365 днів, це є середній показник для умов шахтоуправління Покровське. За таких умов порахуємо приріст часу ефективної роботи лави через переведення позапланових простоїв в робочий час, відповідно до формул 6.1,6,2 (рис. 6.7).

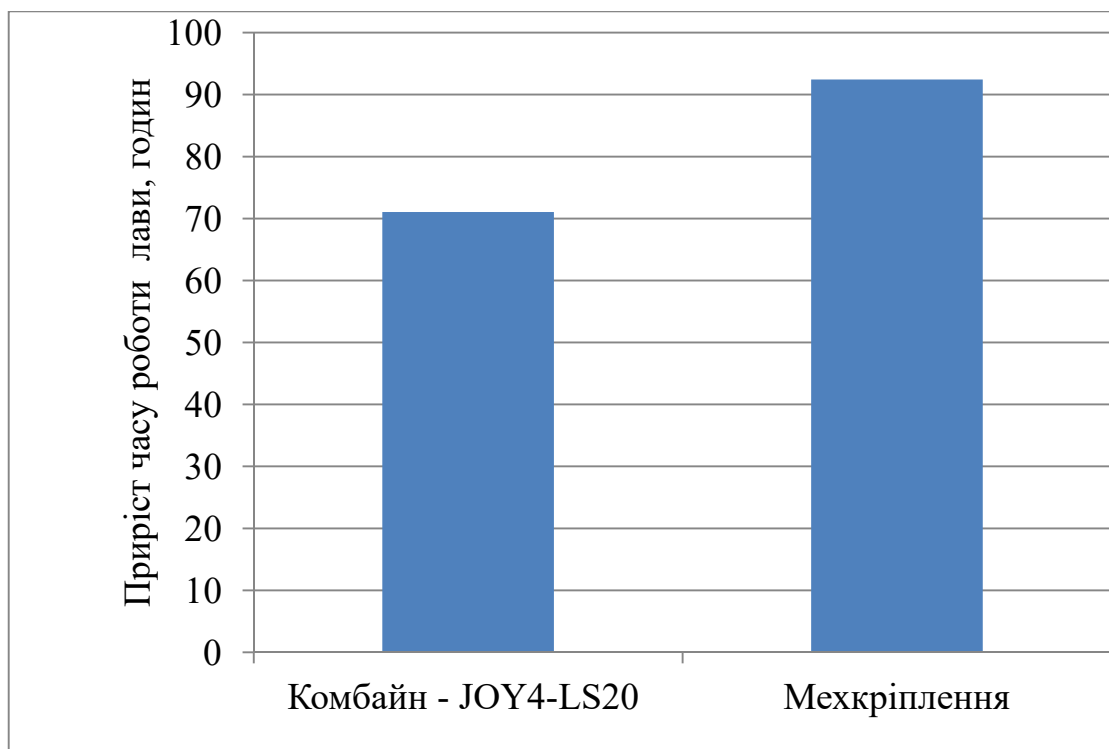


Рисунок 6.7 – Приріст часу роботи лави протягом року через скорочення позапланових зупинок

Аналіз рисунка 6.7 дозволяє зробити висновки про пряму операційну ефективність від підвищення рівня автоматизації в лаві. Якщо перевести отримані часові результати в абсолютні показники часу роботи комбайна, то при середній швидкості руху комбайна по лаві 2м/хв., що встановлено в розділі 4 магістерської роботи, комбайн додатково може проїхати

$92*60*2=11040$ метрів лави, тобто $11040/307=35,96$ смуг. З однієї смуги в лаві видобувається 800т вугілля, тобто додатковий річний видобуток буде складати $800*35,96=28768$ тон вугілля.

На основі виконаного кількісного аналізу пропонується об'єднати використовувані системи SCADA в єдиний програмний комплекс з розширенням його функцій для рахунку реалізації управління технологічним процесом видобутку вугілля в лаві в автоматизованому режимі шляхом використання блока MCU2.

Проведений аналіз дозволяє зробити наступні висновки. Підвищення операційної ефективності роботи лави може бути досягнуто в першу чергу шляхом зменшення простоїв очисного обладнання. Простої - вимушені призупинення роботи очисного обладнання, яке може бути як плановим, так і позаплановим. Очевидно, що втрати робочого часу (машинного часу обладнання) не завжди пов'язані з призупиненням всього виробничого циклу. Наприклад простої є невід'ємною частиною процесу видобутку вугілля, коли виробничий цикл не переривається. Будь-які види затримок знижують загальну ефективність виробництва (що можна побачити проаналізувавши формули 6.1 і 6.2), тому основний шлях покращення операційної ефективності – скорочення часу простоїв обладнання до можливого мінімуму та робота без зупинок, що не передбачені циклом робіт з виймання вугілля.

Простої можуть виникати з таких причин:

Плановий ремонт або планове технічне обслуговування обладнання очисного вибою.

Незапланований вихід із ладу окремих блоків обладнання.

Недостатня кваліфікація персоналу, безвідповідальне ставлення до обов'язків та порушення трудової дисципліни.

Несвоєчасна доставка матеріалів і запчастин, відсутність необхідних запасів на ділянці, помилки в управлінні матеріальними потоками всередині підприємства, а також вузькі місця у виробничому ланцюжку.

Організаційні причини на ш/у Покровське не зафіксовані в книзі диспетчерів, тому операційні покращення через удосконалення організації робіт не передбачаються (все і так бобре організовано). В той же час перші дві причини простоїв напряду пов'язані з режимами експлуатації обладнання і можуть бути удосконалені шляхом підвищення рівня автоматизації робіт.

7. Охорона праці

7.1 Заходи безпеки при роботі комбайна JOY

Під час підготовки та проведення робіт з комбайном JOY повинні бути дотримані вимоги чинних "Правил безпеки у вугільних шахтах", "Правил технічної експлуатації у вугільних шахтах", "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачем", "Посібники з безпечного виконання робіт у підземних електроустановки", "Посібники з ревізії, налагодження та випробування підземних електроустановок шахт", типових інструкцій з охорони праці за професіями, експлуатаційних документів та інших нормативних документів з безпеки праці, що діють у вугільній промисловості [19].

Внесення змін до конструкції обладнання без погодження із заводом - виробником забороняється [19].

Забороняється проводити комбайном виїмку пласта, де понад 20 % заміщується породою [19].

Під час роботи комбайна забороняється перебувати навпроти шнека і попереду комбайна по ходу його руху [19].

При наближенні до комбайна шматків гірської маси великих габаритів, які не проходять у вантажне вікно під комбайном, комбайн зупинити та розбити негабаритний вантаж [19].

Робоче місце машиніста комбайна переміщається разом із комбайном по всій довжині лави. Тому, перед початком робіт з виїмки вугілля, машиніст комбайна повинен:

- переконатися у відсутності чи наявності порушень залягання пласта;
- перевірити стан покрівлі та консолей механізованого кріплення;
- усунути можливі перешкоди для переміщення комбайна чи машиніста комбайна;

- оцінити характер порушення залягання пласта, покрівлі та ґрунту та виробити методи усунення або подолання того чи іншого порушення;
- уважно перевіряти відсутність людей поруч із виконавчими органами комбайна;
- постійно контролювати концентрацію метану у місці виконання робіт;
- стежити за станом кріплення цівкових та зубчастих коліс системи подачі комбайна;
- надійно закріплювати комбайнові кабелі та вибійний водопровід на вході в корпус комбайна;
- мати на комбайні необхідний справний інструмент для провертання шнеків вручну та для регулювання подачі води в систему охолодження та пилоподавлення [19].

При виїмці вугілля комбайном забороняється знаходження людей на вихідному струмені повітря, крім нижньої ніші, але не ближче ніж 30 м від комбайна. Допускається знаходження біля комбайна машиніста та двох його помічників [19].

Перед кожним включенням комбайнових електродвигунів машиніст комбайна зобов'язаний переконатися, що у небезпечних зонах людей немає (біля виконавчого органу, попереду комбайна, під вибоєм).

Не допускати відставання кріплення від комбайна на відстань понад 3 м [19].

Вмикання комбайна в роботу дозволяється лише після попереджувального сигналу тривалістю 6 сек. Пересування та керування секцією кріплення проводити з-під перекриття сусідньої секції кріплення. Забороняється зливати більше однієї секції механізованого кріплення. Відп. виконавець робіт [19].

При веденні робіт з ремонту гідравлічної системи секцій кріплення або заміні вузлів секції механізованого кріплення секції, що вимагають

примусового зливу секцій кріплення, провести установку дерев'яної стійки Ф 18 см заввишки не менше 2 м під верхнє перекриття секції кріплення та під консоль. При зливі секції робітник повинен перебувати під прикриттям сусідньої секції розтиснутої [19].

При пересуванні приводів конвеєра комбайн повинен знаходитись на відстані не менше 15 м [19].

При виявленні в вибої ознак, що передують раптовому викиду вугілля, породи і газу, машиніст зобов'язаний зупинити всі забійні машини і механізми, попередити про це людей, що знаходяться поблизу, і разом з ними вийти з вибою на свіжий струмінь повітря, вимкнути рукоятки роз'єднувачів пускачів машин і механізмів та повідомити гірничого диспетчера про небезпеку викидів [20].

При заїзді комбайна до ніші машиніст повинен стежити за тим, щоб у ніші ніхто з робітників не знаходився [19].

Під час роботи комбайна машиніст зобов'язаний стежити за тим, щоб комбайн нормально переміщався у місцях стиків рами конвеєра та вживати заходів до того, щоб комбайн не упирався у місцях стиків та не забурювався [19].

Під час роботи комбайна машиніст комбайна зобов'язаний стежити за станом покрівлі біля вибою, а також щоб частини робочого органу (особливо зубки) комбайна не торкалися консолей кріплення. Рух комбайна під опущеними консолями або куполами і порожнечами, що утворилися в покрівлі, забороняється [19]

Забороняється пуск у роботу конвеєра при:

- відсутність запобіжних щитків та кожухів,
- неукріплених приводних і натяжних головок конвеєра,
- несправної сигналізації;
- при порушенні цілісності останкового ставу та приводів, не затягнутих болтах, відсутності необхідної кількості скребків[19].

Забороняється виймати вугілля комбайном без зрошення. При виконанні кінцевих операцій, кріплення сполучень контролюватиме цілісність кабельної продукції. Кабелі, що йдуть у лаву, повинні бути укладені в жолоб з б/в стрічки і підвішені до елементів кріплення штреку та сполучення [19].

Забороняється

- перехід людей через працюючий конвеєр і переміщення людей працюючим конвеєром;
- знаходження людей проти розвантажувального приводу, а також між вибоєм та конвеєром під час його роботи;
- робота із незакріпленими приводами;
- кріплення приводів у місцях непередбачених конструкцією конвеєра;
- установка приводів, з'єднаних з перехідними секціями, з вигином більше 3° по відношенню до решткового ставу, як у вертикальній, так і горизонтальній площинах;
- пересування приводів з випередженням або відставанням від залишкового ставу (вигин понад 3° горизонтальній площині).
- скупчення олії біля приводів;
- натяг скребкового ланцюга стійками, що розклинаються між покрівлею (перекриттям кріплення та скребкового ланцюга);
- робота зі скребковим ланцюгом з перекрученими відрізками ланцюга деформованими скребками, а також незатягнутими болтовими з'єднаннями;
- провисання скребкового ланцюга, при згинанні із зірочки, що перевищує 100 мм;
- робота з незатягнутими болтовими з'єднаннями навісного обладнання (насамперед бортів);
- використання тягового органу конвеєра для підняття комбайна, транспортування складових частин, пересування конвеєрного ставу [19, 20];

7.2 Заходи безпеки при передвижці секцій

Роботи з пересування секції кріплення повинні виконуватися з конкретно виданого наряду. Пересування секцій кріплення має здійснюватися у суворій відповідності до паспорта кріплення та управління покрівлею лави. Забороняється включення комбайна в роботу у разі відступів від паспорта кріплення та управління покрівлею або неприпустимого відставання від комбайна в пересуванні секцій кріплення [29].

Управління секцією слід здійснювати, перебуваючи під сусідньою секцією кріплення. Перед зняттям розпору перевірити покрівлю, обібрати її, і в разі потреби встановити контрольні стійки. Припинити пересування у разі входу до зони пересування сторонніх осіб [2].

Уникати відриву перекриття секції кріплення від покрівлі понад 100мм. У разі просипання породи покрівлі над секцією пустоту, що утворюється, закласти дерев'яними кострами з тим, щоб забезпечити розпір між перекриттям секції і покрівлі. Викладання кострів здійснюється з-під прикриття сусідньої секції [2, 20].

Заборонено проведення робіт у зонах обвалення, до приведення їх у безпечний стан, виконання робіт із закладення вивалів. Заборонено знаходження людей у місцях незакладених куполів у покрівлі [2, 20].

За наявності відстані між секціями, покрівля між ними має бути затягнута деревом. Вилучення затиснутих та відновлення перекинутих секцій кріплення провадиться у присутності особи старшого нагляду ділянки. Перед вилученням затиснутих секцій у місці робіт слід встановити додаткове кріплення у кількості, визначеній особою старшого нагляду ділянки [2, 20].

7.3 Заходи безпеки при роботі і ремонті конвеєра

Під час засувки конвеєра робітник повинен перебувати під секцією кріплення та стежити за рівномірністю засувки [2].

Перед пересуванням конвеєра до вибою необхідно переконатися в тому, що секції кріплення, домкратами яких має здійснюватися пересування конвеєра, надійно розпértі між підшоною та покрівлею, дорога для конвеєра вільна, люди під вибою в місці пересування відсутні [2]

Пересування рештаків проводити під захистом кріплення, стежити, щоб не пошкодити кабелі, шланги зрошення. Роботи з пересування головок конвеєра повинні виконуватись під безпосереднім керівництвом особи технічного нагляду. Пуск конвеєра в роботу повинен виконуватись після подачі попереджувального сигналу короткочасними включеннями електродвигуна [2].

Ведення ремонтних робіт на конвеєрі слід проводити при вимкнених та заблокованих комбайні та конвеєрі лави.

При ліквідації поривів ланцюга вмикати обладнання в роботу допускається тільки за погодженням з робітниками, які піднімають лінію. Усі дії робітників мають бути узгоджені між собою. Ланцюг в обхват заводити тільки повністю на всю ширину секції. Заборонено заводити ланцюг лише на ширину однієї консолі. 6. Для з'єднання ланцюга використовувати лише спеціальні з'єднувальні ланки. заборонено використання розрізних кілець, на півкілець [2].

Заборонено проведення ремонтних робіт у зонах обвалення, до приведення їх у безпечний стан, виконання робіт із закладення вивалів. Заборонено знаходження людей у місцях незакладених куполів у покрівлі. За наявності відстані між секціями, покрівля між ними має бути затягнута деревом [2].

Управління секцією проводити тільки з-під сусідньої секції кріплення. заборонено перебувати під секцією кріплення, що пересувається, зливається (розтискається). Забороняється зливати більше однієї секції механізованого кріплення одночасно [2].

7.4 Заходи безпеки при на кінцевих ділянках лави

Перед початком роботи зміни під керівництвом гірничого майстра слід перевірити відповідність кріплення сполучення лави з виробками затвердженого паспорту, стан покрівлі та вибою у лаві. До усунення виявлених несправностей та порушень ведення робіт забороняється [2, 20].

Усі роботи повинні вестись під прикриттям надійного кріплення [2, 20].

Усі роботи повинні вестись за командою старшого робітника. Кріпильний матеріал необхідно складувати так, щоб залишався вільний прохід для пересування робітників. Ведення робіт на сполученні виробок з очисним вибоєм проводити лише під керівництвом особи нагляду [19].

При заміні стійок типу ЗВГ на дерев'яні стійки дерев'яна стійка пробивається поруч із раніше встановленою гідравлічною і тільки після установки дерев'яної гідравлічна стійка. Перед зведенням органного кріплення, зведенням клітей ретельно оглядають та перевіряють стан привибійного кріплення та покрівлі, очищають місце встановлення від вугілля та гірничої маси. При зведенні органного кріплення використовують стійки раніше встановленого кріплення, доповнюючи їх до необхідної щільності необхідним числом встановлених стійок. Стійки кріплення підсилення повинні встановлюватися на розчищену від вугільного штиба та породи підосви. Кріплення посилення виробки встановлюється тільки з робочого полку [2, 20].

Зачищення привибійного простору повинно виконуватися при постійному та тимчасовому кріпленні при нестійкій покрівлі. Обов'язково проводити щозмінний контроль кріплення підсилення та проводити своєчасну заміну деформованих елементів кріплення підсилення. Перед вилученням стійки навколо неї обстукують покрівлю і стінки виробки, прибирають шматки породи і вугілля, що відшаровуються. Усі роботи на висоті понад 1,8 м виконуються з робочого полку [2, 20].

ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи вирішено актуальне завдання аналізу резервів підвищення операційної ефективності видобувної ділянки і розробки інжинірингових рішень з підвищення операційної ефективності ділянки з видобутку вугілля в умовах бл. 10 ПРАТ ш/у Покровське.

Велика кількості власних ресурсів вугілля, і недостатні запаси нафти і газу, обумовлюють те, що лише цей ресурс може забезпечити енергетичну незалежність країни в довготривалій перспективі. Шахтоуправління «Покровське», що входить до активів «Метінвест Покровськвугілля» є кращим вуглевидобуваючим підприємством країни, і забезпечую близько 30% видобутку вугілля в країні. Проєктні роботи на підприємстві ведуться в руслі сучасних світових тенденцій. В рамках ш/у Покровське операційні покращення теоретично можуть ґрунтуватись на організаційних і інжинірингових удосконаленнях. В магістерській роботі розглянуто інжинірингову складову операційних покращень на видобувній ділянці, що є актуальним для ПРАТ ш/у Покровське.

На основі критичного аналізу шахтної технологічної схеми видобутку вугілля було проаналізовано можливі резерви підвищення операційної ефективності. Результати аналізу свідчать, що організаційна складова технології видобутку і транспортування вугілля на ділянці є сучасною і не потребує удосконалення. Технічний рівень обладнання також відповідає сучасному стану в гірничій галузі.

Аналіз планових і непланових зупинок в роботі виїмкової ділянки при виконанні технологічних процесів вказує на те, що основною проблемою є непланові зупинки лави. Поелементний аналіз технічного обладнання ділянки вказує, що основними проблемними ланками є кріплення, комбайн і конвеєр лави з долями непланових простоїв до планових технологічних перерв відповідно 10,43%, 8,62% і 4,96%. Стрічкові конвеєри працюють в

штатно-запланованому режимі з наплановими простоями, що знаходяться в межах статистичної похибки.

Аналіз літературних джерел і досвіду консалтингових компаній, що займаються операційними покращеннями в гірництві, дозволив зробити висновок, що найбільш перспективним способом підвищення операційної ефективності в умовах, що розглядаються в магістерській роботі є підвищення рівня автоматизації. Мінімальний рівень, що має бути забезпечений на дільниці це SCADA система, в яку поєднані всі елементи блочної схеми (що була розроблена в роботі) виїмкової дільниці.

Враховуючі наведене, а також аналіз поточного стану автоматизації виїмкового обладнання для скорочення часу виконання робіт та відповідних простоїв у процесі вуглевидобутку, а також зниження чисельності персоналу, рекомендується впровадження системи автоматизованого управління механізованим кріпленням. Для умов лави, що розглядається, як і для більшості вибоїв шахти, підходить 2-Leg Roof Support Cat 1219/2235-2x5655-1750 на яку доцільно заінити МКЮ. Іскробезпечні блоки керування РМС-R 2.0, РМС-D і РМС-V з людино-машинний інтерфейсом. При впровадженні кріплення з сучасною автоматизацією доцільно використовувати також головний блок керування MCU2.

Для розрахунку ефективності запропонованих рішень було використано елементи теорії надійності систем, а саме модель вірогідності нестійких станів. Результати розрахунку показали, що для комбайна JOY4-LS20 вірогідність роботи в безаварійному стані при реалізації автоматизації збільшується з 0,844 до 0,980, тобто на 16,1%, а для блока мехкріплення, заміна МКЮ на Cat призводить до підвищення вірогідності безаварійної роботи з 0,841 до 0,993, тобто на 17,9%. Тільки за рахунок скорочення часу непланових простоїв додатковий річний видобуток становить 28768 тон вугілля. Таким чином технічна ефективність запропонованих рішень очевидна.

Наведено вимоги охорони праці і заходи з техніки безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проект дальнейшего развития ПАТ «ШУ «Покровське (арх. №177998), Дніпрогіршахт, 2010, 456 с.
2. Паспорт кріплення і управління покрівлею 2 лави південної панелі блока 10, Покровськ 2020, 356 с.
3. Costantini X., Fookes W., Pujol F., Sivecas G., Neise P. and Rubinstein B. (2022) How mining companies reach the operational excellence gold standard. Manufacturing and Operations Practices, McKinsey's, August 2022, 8p.
4. Metinvest Безперервне вдосконалення
<https://azovstal.metinvestholding.com/ua/development/improvement>
5. Kamarudin Abu Bakar; Mohd Fazli Mohd. Sam; M.I. Qureshi (2022), "Lean Manufacturing Design of a Two-Sided Assembly Line Balancing Problem Work Cell", Intelligent Manufacturing and Mechatronics: Proceedings of SympoSIMM 2021, Springer Nature, p. 250:
6. Ohno, Taiichi (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. CRC Press. ISBN 978-0-915299-14-0.
7. Shingo, Shigeo. 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Stamford, Ct.: Productivity Press
8. Jonathan Law, ed. (2009), A Dictionary of Business and Management, Oxford University Press.
9. James P Womack, Daniel T Jones, Lean Thinking, 2nd Edition, ISBN 978-0-7432-4927-0, March 1, 2003).
10. D. Rizzardo, R. Brooks, Understanding Lean Manufacturing, Maryland Technology Enterprise Institute, 2003.
11. Лисицин В.Д., Лисенко О.І., Вовк Ю.С. Роль "ощадливого виробництва" в діяльності підприємства, 2009 [Електронний ресурс]. -Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/PSPE/2009_1/Lisenko_109.htm.

12. Gärtner, D., Hempel, R. Rosenberg H. (2013) Operations management systems in RWE Power AG's opencast mines World of Mining – Surface & Underground 65 (2013) No. 6: 2-11.
13. Gärtner, D. & Hempel, R. (2009): Überwachung und Steuerung der Prozesse in den Braunkohlentagebauen im Rheinland. – Der Braunkohlentagebau; Springer-Verlag: 391-408.
14. Michaux, S. & Djordjevic, N. (2010). Approximation of surface area of fines in blast induced fragmentation. XXV International Mineral Processing Congress – IMPC 2010.
15. Kojovic, T, Michaux, S and Walters, S, (2010), Development of new comminution testing methodologies for geometallurgical mapping of ore hardness and throughput, 2011. in Proceedings XXV International Mineral Processing Congress (IMPC) 2010, pp 891-899 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne)
16. Hopp, Wallace; Spearman, Mark (2008), Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management (3rd ed.), ISBN 978-0-07-282403-2
17. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни Процеси підземних гірничих робіт (для студентів спеціальності 184 Гірництво ОС «Бакалавр») / Укладачі: І.Г. Сахно, С.В. Сахно – Покровськ: ДонНТУ, 2019, – 40 стор.
18. https://www.cat.com/en_US/by-industry/mining/underground-mining.html
19. Руководство по эксплуатации, ремонту, обслуживанию комбайна JOY4LS, 1008 стр.
20. Правила безпеки у вугільних шахтах (НПАОП 10.0-1.01-10) [Електронний ресурс] / URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0398-10/> (дата звернення 22.04.2023).