

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет «Гірничий»

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра «Розробка родовищ корисних копалин»

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_/Єфремов І.О./

“ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

## Випускна кваліфікаційна робота

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Покращення якісних показників вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика» ПРАТ «ДМЗ»

Виконав: студент 2 курсу, групи РККзм-19

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

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Герасименко Олександр Юрійович

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник доц. каф. РРКК, к.т.н., Негрій С.Г.

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

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

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

(підпис)

*Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.*

Студент Герасименко О.Ю.

(підпис)

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет Гірничий

Кафедра Розробка родовищ корисних копалин

Освітньо-кваліфікаційний рівень (освітній ступінь) магістр

Спеціальність 184 «Гірництво», спеціалізація «Розробка родовищ та видобування корисних копалин»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_/Єфремов І.О./

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 року

## ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРУ

\_\_\_\_\_  
Герасименко Олександр Юрійович

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

1. Тема роботи: Покращення якісних показників вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика» ПРАТ «ДМЗ»

керівник роботи Негрій С.Г. к.т.н., доц.

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

затверджені наказом № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 року

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково – пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Характеристика підприємства прат «дмз». 2. Аналіз досліджень, щодо покращення якісних показників в системі «лава – збагачувальна фабрика».

3. Дослідження системи «лава – збагачувальна фабрика» в умовах прат «дмз». 4. Моделювання процесу перевантажування вугілля з конвеєра до бункера в системі «лава – збагачувальна фабрика» прат дмз з використанням EDEM. 5. Результати моделювання процесу транспортування й пересипу вугілля та розробка рекомендації, щодо покращення якісних показників вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика» прат «дмз». 6. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

Мета та задачі роботи; технологічна схема транспортного ланцюгу вугілля; заходи, що дозволяють підвищити якісні показники вугілля; вибір оптимальних параметрів різця для покращення сортності при вийманні вугілля; складання математичної моделі процесу руйнування масиву різцем; розроблена віртуальна модель приводу виконавчого органу комбайна з використанням різця ЗРБ2-80Л, ЗРБ-80П; варіанти покращення зольності вугілля; зміна вологості вугілля; вихідні дані для моделювання в EDEM; результати моделювання в EDEM;

рекомендації щодо покращення якісних показників вугілля.

#### 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів<br>випускної кваліфікаційної роботи                         | Строк виконання<br>етапів роботи | Примітка |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------|
| 1     | Характеристика підприємства (Розділ 1)                                   | 01.03.2021                       | виконано |
| 2     | Аналіз досліджень, щодо покращення якісних показників вугілля (Розділ 2) | 21.03.2021                       | виконано |
| 3     | Дослідження системи «лава – збагачувальна фабрика»                       | 05.04.2021                       | виконано |
| 4     | Рекомендації щодо покращення якісних показників вугілля                  | 30.04.2021                       | виконано |
| 5     | Підготовка презентації                                                   | 05.05.2021                       | виконано |
| 6     | Оформлення пояснювальної записки                                         | 10.05.2021                       | виконано |

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Герасименко О.Ю.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Негрій С.Г.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Герасименко О.Ю. Покращення якісних показників вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика» ПРАТ «ДМЗ» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 184 Гірництво (спеціалізація «Розробка родовищ та видобування корисних копалин»). – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2021.

В ході магістерської роботи для дослідження обрано транспортний ланцюг системи «лава – збагачувальна фабрика»; розкриті питання щодо характеристики ПРАД «ДМЗ» та визначення якісних показників вугілля; проаналізовані засоби механізації при видобутку вугілля в лаві; обґрунтовані заходи, щодо покращення сортності та зольності вугілля, а також зміни його вологості; змодельовано процес перевантажування вугілля з конвеєра в бункер; зроблені рекомендації щодо покращення якісних показників вугілля; опрацьовані питання охорони праці.

Ключові слова: ВУГІЛЛЯ, ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ, ЛАВА, КОНВЕЄР, БУНКЕР, ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ, СОРТНІСТЬ, ЗОЛЬНІСТЬ, ВОЛОГІСТЬ, МОДЕЛЮВАННЯ

### Список публікацій:

1. Белицький П.В., Герасименко О.Ю., Калмиков Я.Р. Математична модель цільової функції багатокритеріальної оптимізації структури приводу стрічкового конвеєра // 4 Міжнародна конференція «Проблеми техніки та технології»: ст., Покровськ: ДонНТУ, 2018. УДК 621.314.26:622.647.2
2. Герасименко О.Ю., Петряєв М.В. та ін. Вплив мікроструктури поверхні на ударну поведінку дрібних частинок в різних ситуаціях // «Машинобудування і машинознавство», ст., Покровськ: ДонНТУ, 2020. – с. 4-11. УДК 621.793.7
3. Полякова Ю.П., Герасименко О.Ю. та ін. Дослідження ударної поведінки частки при взаємодії з підкладкою методом кінцевих елементів // «Машинобудування і машинознавство», ст., Покровськ: ДонНТУ, 2020. – с. 27-36. УДК 621.793.7 + 621.79.023

## ANNOTATION

Herasymenko O. Improving the quality of coal in the system «lava – concentrating factory» PJSC «DMZ» / Qualification work for obtaining an educational degree «Master» in specialty 184 Mining (specialization «Field development and mining»). – DonNTU, Pokrovsk, 2020.

In the course of the master's work: the transport chain of the system «bench – concentrator» was chosen for research; revealed issues regarding the characteristics of PJSC "DMZ" and the definition of quality indicators of coal; analyzed the means of mechanization in coal mining in the lava; reasonable measures to improve the grade and ash content of coal, as well as changes in its humidity; the process of coal reloading from the conveyor to the bunker is modeled; recommendations were made to improve the quality of coal; labor protection issues are worked out.

Keywords: COAL, QUALITY INDICATORS, LAVA, CONVEYOR, BUNKER, MEANS OF MECHANIZATION, GRADE, ASH, HUMIDITY, SIMULATION

### List of publications:

1. P. Belytskyi, O. Herasymenko, Y. Kalmykov. Matematychna model tsilovoi funktsii bahatokryterialnoi optymizatsii struktury pryvodu strichkovoho konveiera/ // 4 Mizhnarodna konferentsiia «Problemy tekhniky ta tekhnolohii», pub., Pokrovsk: DonNTU, 2018. UDK 621.314.26:622.647.2
2. O. Herasymenko, M. Petriaiev and others. Vplyv mikrostruktury poverkhni na udarnu povedinku dribnykh chastynok v riznykh sytuatsiiakh // «Mashynobuduvannia i mashynoznavstvo», pub., Pokrovsk: DonNTU, 2020. – p. 4-11. UDK 621.793.7
3. Y. Poliakova, O. Herasymenko and others. Doslidzhennia udarnoi povedinky chastky pry vzaiemodii z pidkladkoiu metodom kintsevykh elementiv // «Mashynobuduvannia i mashynoznavstvo», st., Pokrovsk: DonNTU, 2020. – p.27-36. UDK 621.793.7 + 621.79.023

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....                                                                                                              | 8  |
| ВСТУП .....                                                                                                                                              | 10 |
| 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ПРАТ «ДМЗ».....                                                                                                           | 12 |
| 1.1 Загальні відомості про ПРАТ «ДМЗ» .....                                                                                                              | 12 |
| 1.2. Характеристика ПРАТ «Шахтоуправління «Покровське» .....                                                                                             | 12 |
| 1.3. Характеристика ТОВ «Збагачувальна фабрика «Свято–Варваринська»..                                                                                    | 14 |
| 1.4. Аналіз вузьких місць у роботі ПРАТ «ДМЗ».....                                                                                                       | 17 |
| 2. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ, ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ<br>В СИСТЕМІ «ЛАВА – ЗБАГАЧУВАЛЬНА ФАБРИКА» .....                                               | 20 |
| 2.1. Засоби механізації при видобутку вугілля у лаві .....                                                                                               | 20 |
| 2.2. Транспортний ланцюг вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика»<br>ПРАТ «ДМЗ» .....                                                            | 25 |
| 2.3. Визначення шляхів покращення якості вугілля.....                                                                                                    | 28 |
| 3. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ «ЛАВА – ЗБАГАЧУВАЛЬНА ФАБРИКА» В<br>УМОВАХ ПРАТ «ДМЗ» .....                                                                       | 31 |
| 3.1. Визначення якісних показників вугілля в системі «лава – збагачувальна<br>фабрика».....                                                              | 31 |
| 3.1.1. Виявлення джерел погіршення якісних показників в системі «лава –<br>збагачувальна фабрика» та постановка задач дослідження .....                  | 32 |
| 3.1.2. Обґрунтування заходів, щодо покращення сортності вугілля .....                                                                                    | 33 |
| 3.1.3. Обґрунтування заходів, щодо покращення зольності вугілля .....                                                                                    | 46 |
| 3.1.4. Обґрунтування заходів, щодо зміни вологості вугілля.....                                                                                          | 48 |
| 4. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВАНТАЖУВАННЯ ВУГІЛЛЯ З<br>КОНВЕЄРА ДО БУНКЕРА В СИСТЕМІ «ЛАВА – ЗБАГАЧУВАЛЬНА<br>ФАБРИКА» ПРАТ ДМЗ З ВИКОРИСТАННЯМ EDEM ..... | 53 |
| 4.1. Визначення налаштувань для створення частинок та геометрії моделі....                                                                               | 53 |
| 4.2. Моделювання процесу транспортування та пересипу вугілля в бункер...                                                                                 | 62 |
| 5. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ Й<br>ПЕРЕСИПУ ВУГІЛЛЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЇ, ЩОДО                                                   |    |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПОКРАЩЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВУГІЛЛЯ В СИСТЕМІ «ЛАВА –<br>ЗБАГАЧУВАЛЬНА ФАБРИКА» ПРАТ «ДМЗ».....             | 64 |
| 5.1. Результати моделювання в програмі EDEM .....                                                             | 64 |
| 5.2. Рекомендації, щодо покращення якісних показників вугілля.....                                            | 67 |
| 6. ОХОРОНА ПРАЦІ .....                                                                                        | 69 |
| 6.1. Техніка безпеки при виконанні робіт по доставці деталей, вузлів та<br>обладнання в лаву для заміни ..... | 69 |
| 6.2. Техніка безпеки при експлуатації стрічкових конвеєрів .....                                              | 70 |
| 6.3. Маршрут руху людей у вибій .....                                                                         | 73 |
| 6.3.1. Техніка безпеки при пересуванні людей до робочого місця .....                                          | 74 |
| 6.3.2. Пересування людей по лаві.....                                                                         | 75 |
| 6.3.3. Ведення постачальних робіт за допомогою дизелевозної доставки.....                                     | 75 |
| 6.3.4. Ведення вантажно-розвантажувальних робіт .....                                                         | 76 |
| 6.4. Знепилювання повітря в підготовчих виробках .....                                                        | 77 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                 | 79 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                             | 81 |
| ДОДАТОК А                                                                                                     |    |
| ДОДАТОК Б                                                                                                     |    |
| ДОДАТОК В                                                                                                     |    |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

### Розділ 1

ДМЗ – Донецьксталь – металургійний завод;

ТЕС – теплоелектростанція;

ШУ – шахтоуправління;

ЗФ – збагачувальна фабрика;

ПАТ – приватне акційне товариство.

### Розділ 2

$A_{зм}$  – змінний видобуток, т/год;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, год;

$K_n$  – коефіцієнт часу надходження вантажопотоку з очисного вибою;

$t_b$  – тривалість роботи виймальної машини по видобутку вугілля протягом зміни, хв;

$L$  – довжина лави, м;

$V_n$  – швидкість подачі комбайну, м/хв;

$A_{доб}$  – добовий видобуток, т/доб;

$A_{пол}$  – видобуток зі смуги, згідно даних геолого-маркшейдерської служби, т;

$m$  – потужність пласту, м;

$\gamma$  – щільність гірничої маси, т/м<sup>3</sup>;

$r$  – ширина захвату виконавчого органу комбайна, м;

ДСВ – дробильно-сортувального відділення;

### Розділ 3

САПР – система автоматизованого проектування;

$R_{\min}$  – найменший радіус частинки моделювання;

$F_{\max}^3$  – максимальна сила стиснення масиву, Н;

$S_3$  – площа затуплення різця по задній грані, мм<sup>2</sup>;

$\alpha$  – дійсний задній кут різця, град;

$\alpha_k$  – конструктивний задній кут різця, град;

$V_n$  – швидкість подачі (переміщення) різця на пласт (забій), м/с;

$V_p$  – швидкість різання, м/с;

$\varphi$  – кут повороту різця, град.;

$F_{\max}^n$  – максимальна сила стиснення масиву під передньою гранню різця, Н;

$S_n$  – площа контакту різця по передній грані з масивом вугілля, м<sup>2</sup>;

$k$  – коефіцієнт пропорційності;

$A_p$  – опір вугілля різанню, Нм;

$h_{\max}$  – максимальна товщина зрізу, м;

$b_{cp}, \delta_{гр}$  – середня ширина грані твердої вставки (м) та кут його нахилу (град.);

$[R_c^n]$  – максимальне напруження стиснення, Нм;

$k_w$  – інтегральний коефіцієнт пропорційності;

$W_p$  – сумарні питомі витрати енергії руйнування вугілля;

$R_{сд}$  – навантаження зсуву, Н;

$S_6$  – площа робочої бічної грані різця, мм<sup>2</sup>;

$\beta$  – кут нахилу робочої бічної грані різця, град.;

$S_{p.б.}$  – площа перерізу руйнуемого масиву робочою бічною гранню, мм<sup>2</sup>;

$t_p$  – ширина зрізу, мм;

$h_{cp}$  – середня товщина зрізу, мм;

$\beta$  – кут нахилу робочої бічної грані, град.

## ВСТУП

Актуальність роботи. Перед вугільною промисловістю стоять дві найважливіші проблеми. Перша – розвиток комплексної механізації, що дозволяє значно знизити собівартість і трудомісткість вуглевидобутку, і друга – підвищення якості видобутого вугілля.

Зростання зольності негативно впливає на основні показники роботи шахт і в першу чергу — на прибуток і рентабельність. Одночасно погіршується якість продуктів збагачення і скорочується їх вихід, збільшуються витрати на збагачення і транспортування додаткових обсягів порожніх порід.

Дана тема є актуальною на сьогоднішній день, так як якість продукції є важливим показником діяльності промислових підприємств. Її підвищення – одна з форм конкурентної боротьби, завоювання і утримання позицій на ринку. Високий рівень якості продукції сприяє підвищенню попиту на продукцію і збільшенню суми прибутку за рахунок не тільки обсягу продажів, але і більш високих цін.

Мета роботи – запропонувати та обґрунтувати напрями покращення якісних показників вугілля.

Ідея роботи – покращити якісні показники вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика» ПРАТ «ДМЗ».

Задачі дослідження: дати характеристику підприємства ПРАТ «ДМЗ»; проаналізувати дослідження, щодо покращення якісних показників вугілля; провести дослідження системи «лава – збагачувальна фабрика» та виявити джерела погіршення якісних показників; обґрунтувати заходи, щодо підвищення якісних показників; змодельовати процес транспортування та перевантажування вугілля з конвеєра до бункера з використанням сучасного програмного забезпечення; проаналізувати результати моделювання та

розробити рекомендації, щодо підвищення якості вугілля; сформулювати висновки.

Об'єкт дослідження: якісні показники вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика».

Методи дослідження: для виконання магістерської роботи використані метод аналізу системи транспортних ланцюгів «лава – збагачувальна фабрика», а також методи класифікації та моделювання.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з 86 сторінок, 4 таблиць та 42 рисунка.

## 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ПРАТ «ДМЗ»

### 1.1 Загальні відомості про ПРАТ «ДМЗ»

ПРАТ «Донецьксталь» – металургійний завод» створено в серпні 2002 року на базі доменного і мартенівського цехів Донецького металургійного заводу.

Сьогодні це сучасне металургійне підприємство, що спеціалізується на виробництві: ливарного і передільного чавуну; більше 100 різновидів вуглецевих, конструкційних, низьколегованих, легованих звичайної якості, якісних і високоякісних марок сталі; церковних дзвонів з кольорового високоякісного сплаву; будматеріалів, шлакової продукції та продукції вапняного виробництва.

ПРАТ «ДМЗ» включає 2 філії: металургійний комплекс і збагачувальна фабрика «Свято–Варваринська».

Металургійний комплекс з 2012 р., після закриття мартенівського цеху, спеціалізується на виробництві чавуну. Збагачувальна фабрика «Свято–Варваринська» випускає вугільний концентрат для коксування (в тому числі сорти преміум) і паливо для спалювання в котельних установках і ТЕС. Джерелом вугілля виступає «Шахтоуправління «Покровське», що знаходиться в безпосередній близькості зі збагачувальною фабрикою [1].

### 1.2. Характеристика ПРАТ «Шахтоуправління «Покровське»

ПРАТ «ШУ «Покровське» розташоване в Донецькому кам'яновугільному басейні, в 13 км від м. Покровськ Донецької області. Промислові запаси вугілля–понад 200 мільйонів тон.

Перший пусковий комплекс був введений в експлуатацію в грудні 1990 року. У березні 1992 року був виданий перший мільйон тон вугілля, а в грудні 1993 року була освоєна проектна потужність – 1,8 мільйонів тон вугілля на рік. Розміри шахтного поля по простяганню – 16 км, по падінню – до 7 км. У його межах один пласт  $d_4$  потужністю 0,9–2,15 м з промисловими запасами близько 200 млн тон, кут падіння пласта 2–8 град., марка вугілля К (коксівний).

Шахтне поле розкрито центрально–здвоєними головним і допоміжним стволами на головному проммайданчику, повітряподавальним і вентиляційними стволами, а також скіпово–вентиляційним і повітряподавальними стволами на проммайданчику №2. Система розробки – довгими стовпами по простяганню і повстанню, схема провітрювання комбінована. Пласт небезпечний по раптових викидах вугілля, породи і газу, по вибухах вугільного пилу.

У шахтоуправлінні використовується новітнє обладнання, оснащене потужними приводами, блоками, системою електроніки. Поряд з вітчизняними прохідницькими комбайнами КСП–42 та КСП–43 експлуатується обладнання зарубіжного виробництва: очисні комбайни компанії JOY (США) та MB і конвеєри SZK і PZF (Чехія).

Для буріння і установки анкерів застосовуються німецькі агрегати типу BAS, RAMBOR, що забезпечують спільно з технологією спорудження литої смуги зі спеціальної швидкотвердіючої суміші формування комбінованої охоронної системи для повторного використання виробок. На зміну монорейковим дорогам типу ДМКЛ прийшли чеські дизельні локомотиви DLZ–110F, P70. Це дозволило оперативно доставляти гірничошахтне обладнання та матеріали одночасно на очисні, підготовчі та допоміжні ділянки. З метою забезпечення безпечної технології ведення робіт, проводиться підтримка гірничих виробок шляхом зведення жорстких околострекових смуг на основі цементно–мінеральної суміші Бі–кріплення.

Підготовка і відпрацювання виїмкових полів проводиться з повним комплексом заходів провітрювання, дегазації та утилізації шахтного газу метану.

Для транспортування гірської маси по магістральних виробок застосовуються стрічкові конвеєри 1Л–120, 2ЛТ–100у, по дільничних очисних–2ЛТ–100у, по підготовчих – 1Л–100у–01, ЛТП–800. Гірська маса видається на поверхню скіповим підйомом, транспортується по похилих галереях для переробки в концентрат на збагачувальній фабриці з подальшим відвантаженням в залізничні вагони [1].

Досягнутий шахтою «Покровська» рівень видобутку вугілля і перспектива нарощування рівня видобутку до 12456 тис. тон на рік, висока зольність (до 34,89 %) стали основними факторами, що обумовлюють необхідність будівництва збагачувальної фабрики з високим ступенем збагачення.

### 1.3. Характеристика ТОВ «Збагачувальна фабрика «Свято–Варваринська»

ЗФ «Свято–Варваринська» – найбільше і найсучасніше промислове підприємство, побудоване в Україні за роки незалежності, виключно за рахунок власних коштів, без залучення сторонніх інвестицій.

Проммайданчик збагачувальної фабрики розташовується навпроти основного проммайданчика шахти.

Збагачувальна фабрика призначена для збагачення рядового вугілля марки «К» шахти «Покровська».

Проектна потужність фабрики з переробки рядового вугілля, що транспортується з шахти: річна – 12000 тис. тон; добова – 33803 тон; годинна – 1690 тон. Зольність рядового вугілля – 34,89%. Загальна волога рядового вугілля – 6,0%.

Щоб забезпечити споживчі характеристики концентрату поліпшеної якості, ЗФ «Свято–Варваринської» в квітні 2010 р. розроблені і впроваджені єдині в Україні «технічні умови «на концентрат для коксування сорту «Преміум». Даний вид товарного концентрату застосовується для випуску високоякісного коксу сорту [1].

При розробці технологічної схеми фабрики були використані найсучасніші світові технології та обладнання, що відрізняється від вітчизняного більшою експлуатаційною надійністю та ефективністю: важкосередовищні двопродуктовні сепаратори «Daniels», важкосередовищні двопродуктові гідроциклони фірми «Deister», грохоти «Tabor», магнітні сепаратори фірми «Eriez», гідрокласифікатори «Crossflow», флотомашини колонного типу «Coalpro» фірми «CPT», осадно–фільтруючі центрифуги «Decanter», гіпербаричних фільтри HBF–96/8 фірми «Andritz», стрічкові фільтр–преси фірми «Phoenix», стрічкові вагові дозатори «Pfister». Насосне обладнання представлено такими відомими світовими лідерами як «Warman», «Krebs», «Metso Minerals», «Pratissoli», «Grundfos». Використовуються раніше мало застосовувані на території СНД процеси: збагачення у важких гідроциклонах, збагачення в колоній флотації, зневоднення дрібного концентрату в осадово–фільтруючих центрифугах, зневоднення флотоконцентрату в гіпербаричних фільтрах.

Проммайданчики ЗФ і ПАТ «ШУ «Покровське» знаходяться в безпосередній близькості один від одного. З шахти вугілля надходить безпосередньо на ЗФ «Свято–Варваринську». Проектними рішеннями зведені до мінімуму енерговитрати на доставку рядового вугілля для збагачення і впливу на навколишнє середовище:

- транспортування рядового вугілля, концентрату, промпродукту і відходів вуглезбагачення проводиться по закритих галереях, при цьому

повністю виключається викид твердих зважених частинок в атмосферне повітря;

- транспортування рядового вугілля зі скіпового стовбура № 2 проводиться найменш витратним видом транспорту – канатно–стрічковим конвеєром.

Аналогів цьому конвеєру немає ні в країнах СНД, ні в Європі: його протяжність становить 5,209 км, на всьому його протязі відсутні перевантажувальні пристрої. Транспортування рядового вугілля канатно–стрічковим конвеєром значно дешевше, ніж при використанні традиційних вантажно–розвантажувальних пристроїв:

- на 24% дешевше транспортування залізничним транспортом;
- на 19% дешевше транспортування автомобільним транспортом.

Оскільки Шахтоуправління «Покровське» планує нарощувати обсяги видобутку вугілля, ведуться роботи зі збільшення продуктивності збагачувальної фабрики до 12 млн. тон на рік. З виходом на повну проектну потужність збагачувальна фабрика стане найбільшою не тільки в нашій країні, але і в Європі.

Працює унікальна установка з регенерації побутових стоків ЗФ «Свято–Варваринська» та ПАТ «ШУ «Покровське», подібної до якої в Україні немає. Очищена вода знову використовується в технологічних циклах, при цьому за всіма хіміко–фізичними та органолептичними показниками вона навіть краще, ніж та вода, яку ЗФ «Свято–Варваринська» отримує з артезіанських свердловин. Робота очисних споруд дозволила скоротити використання підприємством водних природних ресурсів на 1 644 тис. м<sup>3</sup> (з моменту запуску фабрики) і скоротити витрати на закупівлю води і скидання побутових стоків в комунальні мережі міста [1].

Ще один плюс в області вирішення екологічних проблем—висока зольність відходів, що вивозяться, яка становить понад 83%. За висновком Академії екології України, при зольності складованих відходів понад 80% виключено самозаймання відвалу. Незважаючи на це, збагачувальною фабрикою виконуються всі заходи щодо попередження загоряння породного відвалу.

#### 1.4. Аналіз вузьких місць у роботі ПРАТ «ДМЗ»

До збагачувальної фабрики поступає рядове вугілля з показниками, які відображені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Показники рядового вугілля, яке транспортується з шахти

| Підприємство    | Марка вугілля | Фактично         |                   |               |                  |          |              |
|-----------------|---------------|------------------|-------------------|---------------|------------------|----------|--------------|
|                 |               | Гірнична маса, т | Рядове вугілля, т | Зола, %       |                  | Сірка, % | Вологість, % |
|                 |               |                  |                   | Гірничої маси | Рядового вугілля |          |              |
| ШУ «Покровське» | «К»           | 6 161 757,0      | 6 161 757,0       | 47,513        | 47,513           | 0,428    | 10,706       |

Для подальшої роботи обрано транспортний ланцюг третьої південної лави блока сім – збагачувальна фабрика.

Доставка вугілля від очисних вибоїв шахти «Покровська» до скіпового підйому здійснюється по багатопотоковій лінії транспорту, що складається з дільничних конвеєрних ліній і збірних конвеєрів – магістральних конвеєрних ліній. Дільнична стрічкова конвеєрна лінія забезпечує транспортування вугілля від очисного вибою до місця перевантаження на магістральну конвеєрну лінію.

Доставка вугілля по 3 південній лаві блоку 7 здійснюється за допомогою скребкового конвеєра SZK-228/800. З конвеєра лави вугілля перевантажується на підлавний скребковий конвеєр PZF [2].

Далі вугілля перевантажується на стрічковий конвеєр типу 2ЛТ100 №2, 2ЛТ100 №1 (основний транспортний ланцюжок), які розташовані на 3 південному конвеєрному штреку блоку 7. Потім вугілля через бункер перевантажується на конвеєрний ланцюжок по вентиляційному ходку блоку 7 з подальшим транспортуванням по загальношахтному транспортному ланцюжку вентиляційного ходку блоку 7, конвеєрному штреку блоку 5-7, бремсбергу блоку 5, північному польовому конвеєрному штреку гор.593 м, потім в вугільну яму головного стовбура (рис. 1.1).

Вугілля, що надійшов в вугільну яму головного стовбура, скіпа видається на поверхню до перевантажувально-складського комплексу збагачувальної фабрики.

Прийняті типи конвеєрів за своїми технічними характеристиками забезпечать безперебійну доставку вугілля, що підтверджується далі наведеними розрахунками.

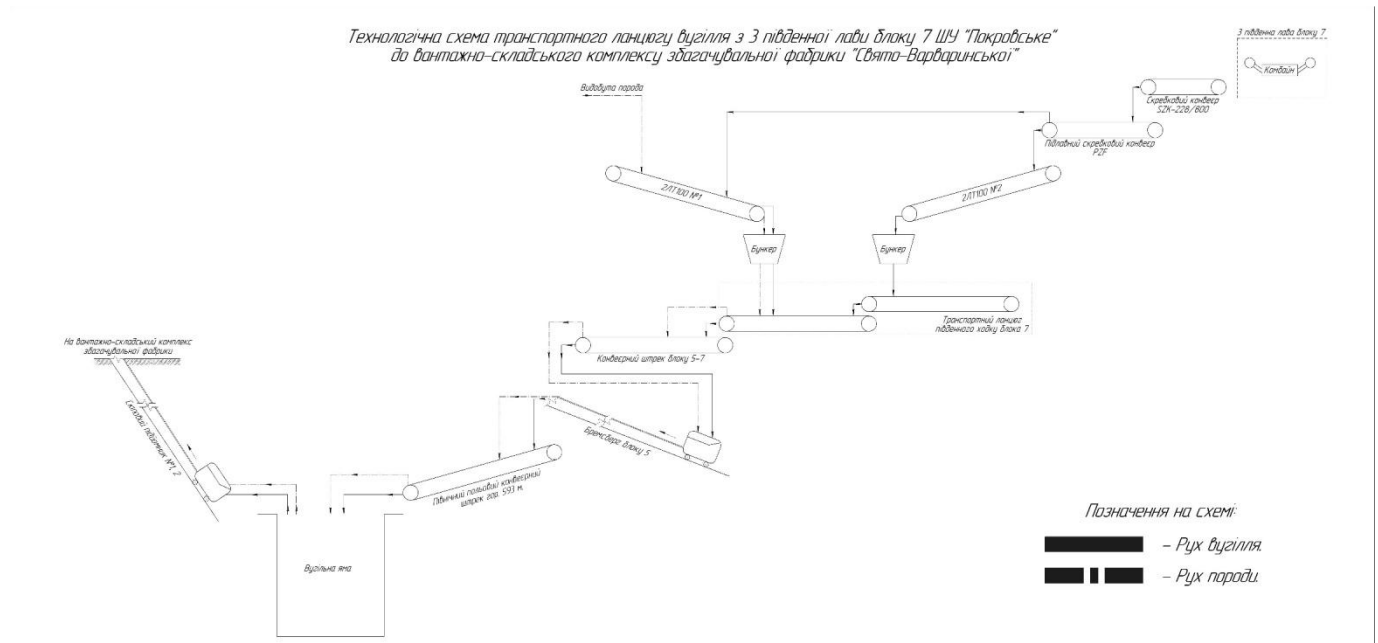


Рисунок 1.1 – Технологічна схема транспортного ланцюгу вугілля від очисного вибою 3 південної лави блоку 7

Найбільш вузьким місцем – є змішення рядового вугілля з породою на конвеєрах 2ЛТ100 №1, 2, яка підсипається з прохідницьких виробок, що підвищують зольність вугільної маси, а також надлишок пересипів з одного конвеєру на інший, що впливає на сортність.

З цього випливає, що, важливими проблемами технологічної схеми «лава – збагачувальна фабрика» є підвищена зольність, яка обумовлена змішенням породи з видобутим рядовим вугіллям та неконтрольоване дроблення, внаслідок багатьох операцій пересипів.

В результаті проведеного аналізу на якісні показники вугілля в транспортному ланцюгу від третьої південної лави блоку сім до збагачувальної фабрики впливає підвищена зольність та подрібнення вугілля.

## 2. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ, ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ В СИСТЕМІ «ЛАВА – ЗБАГАЧУВАЛЬНА ФАБРИКА»

### 2.1. Засоби механізації при видобутку вугілля у лаві

У шахтоуправлінні використовується новітнє обладнання, оснащене потужними приводами, блоками, системою електроніки. Експлуатується обладнання зарубіжного виробництва: комбайн компанії JOY 4LS20 (рис. 2.1.), комбайни серії MB і конвеєри SZK і PZF (Чехія).

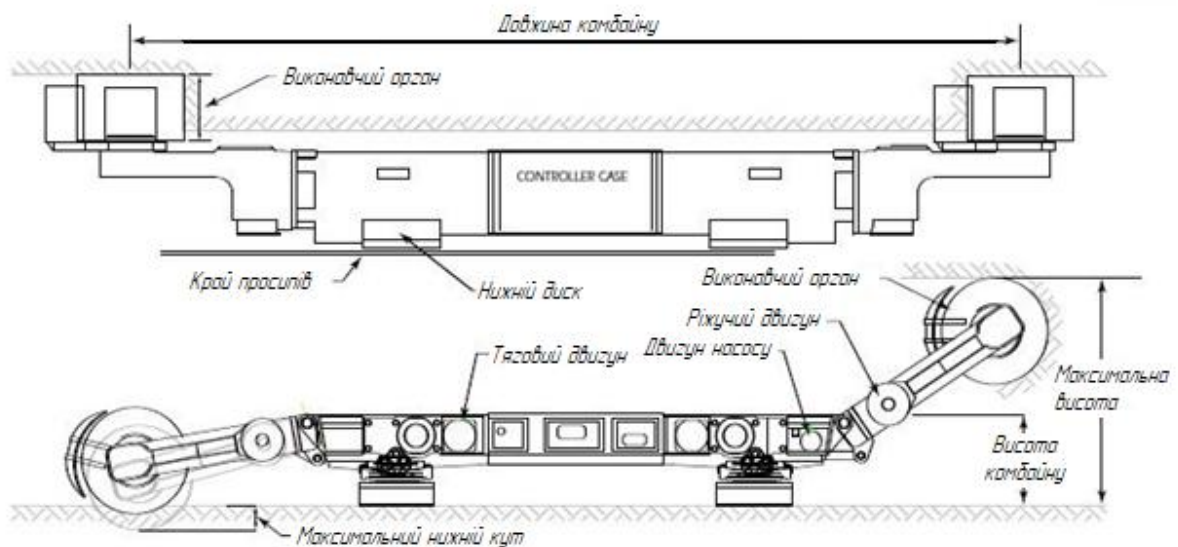


Рисунок 2.1 – Схема очисного комбайну 4LS20

Використовуваний комбайн JOY 4LS20 має двошнековий виконавчі органи рознесені по кінцях корпусу. Використання зарубіжного обладнання при видобутку вугілля має негативні аспекти, які відображаються у його збільшеній вартості, у порівнянні з вітчизняними та нерівномірному подрібненні вугілля, що напряду впливає на якісні показники та складність подальшого збагачення.

Для зменшення негативних факторів, описаних вище, пропонується зробити порівняльний аналіз комбайну 4LS20 з вітчизняним аналогом (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз очисних комбайнів 4LS20 та MB510P

| Фактори порівняння                     | Вихідні дані                                                                          | Характеристики комбайнів |            |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|
|                                        |                                                                                       | 4LS20                    | MB510P     |
| Гірничо-геологічні чинники             |                                                                                       |                          |            |
| Потужність пласта, м                   | 0,92                                                                                  | 1,4 – 3,9                | 0,8 – 1,23 |
| Кут падіння пласта, град               | 3 – 5                                                                                 | до 25                    | до 20      |
| Опір різання, Н/мм                     | 150                                                                                   | до 400                   | до 400     |
| Марка вугілля                          | К                                                                                     | Будь-які                 | Будь-які   |
| Породи основної покрівлі               | Середньої обвалюємості (А2)                                                           | Задовольняє              |            |
| Породи безпосередньої покрівлі         | Малостійка (Б3)                                                                       | Задовольняє              |            |
| Породи ґрунту                          | Малостійка (П2)                                                                       | Задовольняє              |            |
| Гірничо-технічні чинники               |                                                                                       |                          |            |
| Розташування очисного забою у просторі | Виймання за повстанням                                                                | Задовольняє              |            |
| Довжина очисного забою, м              | 180                                                                                   | Задовольняє              |            |
| Продуктивність праці                   |                                                                                       |                          |            |
| Безпека праці                          | 4LS20: (+) – без ланцюгова система подачі;<br>MB510P: (–) – ланцюговий тяговий орган. |                          |            |

|                                   |                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сортність вугілля і пилоутворення | 4LS20: (+) – водяна система пилоподавлення;<br>MB510P: (+) – подача води на охолодження електродвигуна, а також диспергування води зрошувачами, установленими на підгребних пристроях.     |
| Виймання вугілля                  | 4LS20: (+) – як човникова так і однобічна схеми;<br>MB510P: (+) – як човникова так і однобічна схеми.                                                                                      |
| Керування                         | 4LS20: (+) – всі операції по керуванню виконуються як вручну, так і дистанційно;<br>MB510P: (–) – всі операції по керуванню здійснюються з двох пультів, розташованих на корпусі комбайна. |

Завдяки проведеному порівняльному аналізу можна побачити, що комбайн 4LS20, який наразі використовується, розрахований для пластів більшої потужності, аніж має третя південна лава блоку сім. Безпосередньо даний комбайн забезпечує повну безпеку при видобутку, але його використання зумовлюється неконтрольованим подрібненням вугілля.

Для даних умов найкращим вибором MB510P. Тому що руйнування вугільного масиву виконавчим органом відбувається по напластуванню вугілля, що забезпечує більш низьку енергоємність руйнування, кращу сортність відбитого вугілля та сприяє стійкості підшви при слабких бокових породах.

Конструкція комбайна забезпечує його роботу на пластах з нестійкою підшовою і кращі умови поглинання в тонкий пласт за рахунок зменшення довжини комбайна.

До запропонованого варіанту необхідно використовувати кріплення відповідно до паспорту.

Останнім засобом механізації є конвеєрний транспорт. Для вибору конвеєрів 3 південної лави блоку 7 вихідними даними є:

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для вибору конвеєра

| Параметр                                                | Одиниця виміру   | Значення |
|---------------------------------------------------------|------------------|----------|
| Добовий видобуток                                       | т/доб            | 8640     |
| Довжина лави                                            | м                | 250      |
| Потужність пласта                                       | м                | 0,92     |
| Щільність вугілля                                       | т/м <sup>3</sup> | 1,33     |
| Щільність гірничої маси (з урахуванням присічки породи) | т/м <sup>3</sup> | 1,40     |
| Ширина захвату                                          | м                | 0,8      |
| Продуктивність пласту                                   | т/м <sup>3</sup> | 3,14     |
| Довжина транспортування                                 | м                | 1630     |
| Швидкість подачі комбайна                               | м/хв             | 2,9      |
| Кут нахилу виробки                                      | град.            | 3        |

Середній хвилинний вантажопотік (т/хв) за час надходження вугілля з очисного вибою:

$$a_{1n} = \frac{A_{3m}}{60 \cdot T_{3m} \cdot K_n}$$

де  $A_{3m}$  – змінний видобуток, т/год;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, год;

$K_n$  – коефіцієнт часу поступу вантажопотоку з очисного вибою.

При чолноковій схемі коефіцієнт буде рівний:

$$K_n = \frac{t_B}{60 \cdot T_{см}}$$

де  $t_B$  – тривалість роботи виймальної машини по видобутку вугілля протягом зміни, хв.

Час видобутку однієї смуги знаходиться як:

$$t = \frac{L}{V_n}$$

де  $L$  – довжина лави, м;

$V_n$  – швидкість подачі комбайну, м/хв.

Число циклів за добу визначається:

$$n_{ц} = \frac{A_{доб}}{A_{пол}}$$

де  $A_{доб}$  – добовий видобуток, т/доб;

$A_{пол}$  – видобуток зі смуги, згідно даних геолого-маркшейдерської служби, т.

$$A_{\text{пол}} = m \cdot \gamma \cdot l_{\text{л}} \cdot r$$

де  $m$  – потужність пласту, м;

$\gamma$  – щільність гірничої маси, т/м<sup>3</sup>;

$r$  – ширина захвату виконавчого органу комбайна, м.

Необхідна годинна продуктивність:

$Q_{\text{час}} = 432$  т/год задовольняє максимальній приймальній здатності скребкового конвеєра SZK-228/800 – 1200 т/год. Вибираємо стрічкові конвеєра за графіками залежності довжини транспортування від кута установки і продуктивності.

За 3 південного конвеєрного штреку блоку 7 встановлюють стрічкові конвеєра 2ЛТ-100 №1 (максимальна продуктивність 850 т/год, довжиною 800 м), 2ЛТ-100 №2 (максимальна продуктивність 850 т/год, довжиною 830 м).

## 2.2. Транспортний ланцюг вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика» ПРАТ «ДМЗ»

Основний технологічний комплекс поверхні шахти розташовується на наступних проммайданчиках:

- транспортний ланцюг з вибою до основного проммайданчика;
- основний проммайданчик;
- майданчику повітряподавального ствола № 1;
- майданчик вентиляційного стовбура;
- проммайданчик повітряподавального ствола № 2.

На основному проммайданчику розташовуються наступні комплекси основного і допоміжного призначення:

- комплекс скіпового ствола;

- вантажно–складський комплекс;
- комплекс навантаження породи;
- комплекс допоміжного стовбура;
- ремонтно–складський комплекс;
- комплекс вуглеподачі і шлакозоловидаляємі котельні.

На окремому проммайданчику, що межує з основним проммайданчиком шахти побудований комплекс будівель і споруд збагачувальної фабрики «Свято–Варваринська», з можливістю приймання вугілля з даного проммайданчика і вугілля, видобутого на проммайданчику повітряподавального стволу № 2.

Видача на поверхню гірської маси проводиться по головному стовбуру, оснащеному двоскіповим вугільним підйомом зі скіпами місткістю  $35 \text{ м}^3$ , а також односкіповим з противагою породним підйомом зі скіпом місткістю  $11 \text{ м}^3$ . В даний час підйом використовується для видачі гірської маси. Продуктивність двоскіпового підйому –  $20000 \text{ т/добу}$ , продуктивність односкіпового підйому –  $5000 \text{ т/добу}$ .

Прийом гірської маси від скіпів проводиться в приймальні бункера. Місткість прийомного бункера двоскіпового підйому –  $160 \text{ м}^3$ , односкіпового –  $200 \text{ м}^3$ .

З приймальних бункерів гірська маса подається в будівлю дробильно–сортувального відділення (ДСВ), де проводиться її первинна обробка, що полягає у вибірці зайвих предметів, металу і виділенні породи класу  $+50 \text{ мм}$  [3].

Комплекс ДСВ складається з трьох технологічних ліній: основної і резервної, на яких проводиться обробка гірської маси, виданої двоскіповим підйомом, а також технологічної лінії, яка перероблює гірську масу, видану односкіповим підйомом.

Технологічна схема роботи ДСВ наступна.

Гірська маса з приймального бункера двоскіпового підйому хитним живильником типу ПКТ–14 подається на стрічковий конвеєр КЛС–1400, за допомогою якого виробляється живлення основної і резервної ліній ДСВ. В якості приводного барабана конвеєра використовується електромагнітний шків для вилучення металевих предметів з потоку матеріалу, що транспортується.

На майданчику повітряподавального ствола № 2

Вугілля, що видається по скіповому стволу, після первинної переробки (вибір крупної породи) надходить в накопичувальний бункер, з якого він вантажиться на канатно–стрічковий конвеєр, що виготовляється фірмою «Metso» і транспортується на збагачувальну фабрику «Свято–Варваринська».

Порода, виділена в процесі первинної обробки вугілля в ДСВ на основний проммайданчику, стрічковим конвеєром КЛС–1200 транспортується в бункер місткістю 40 т, який розташований в будівлі станції навантаження породи, розташованої у З.Д. навантажувальних бункерах. З бункера станції навантаження порода хитним живильником типу ПКТ–14 вантажиться в автосамосвали і вивозиться на відвал. Біля станції навантаження породи розташовані автоваги, що забезпечують зважування порожніх і навантажених автосамоскидів.

На майданчику повітряподавального стовбура № 2, порода, виділена в процесі вуглепідготування, стрічковими конвеєрами буде транспортуватися в навантажувальний бункер, з якого вантажитися в автотранспорт і вивозитися до місця постійного складування на порідний відвал. Технологічна схема зображена на рисунку 2.1.

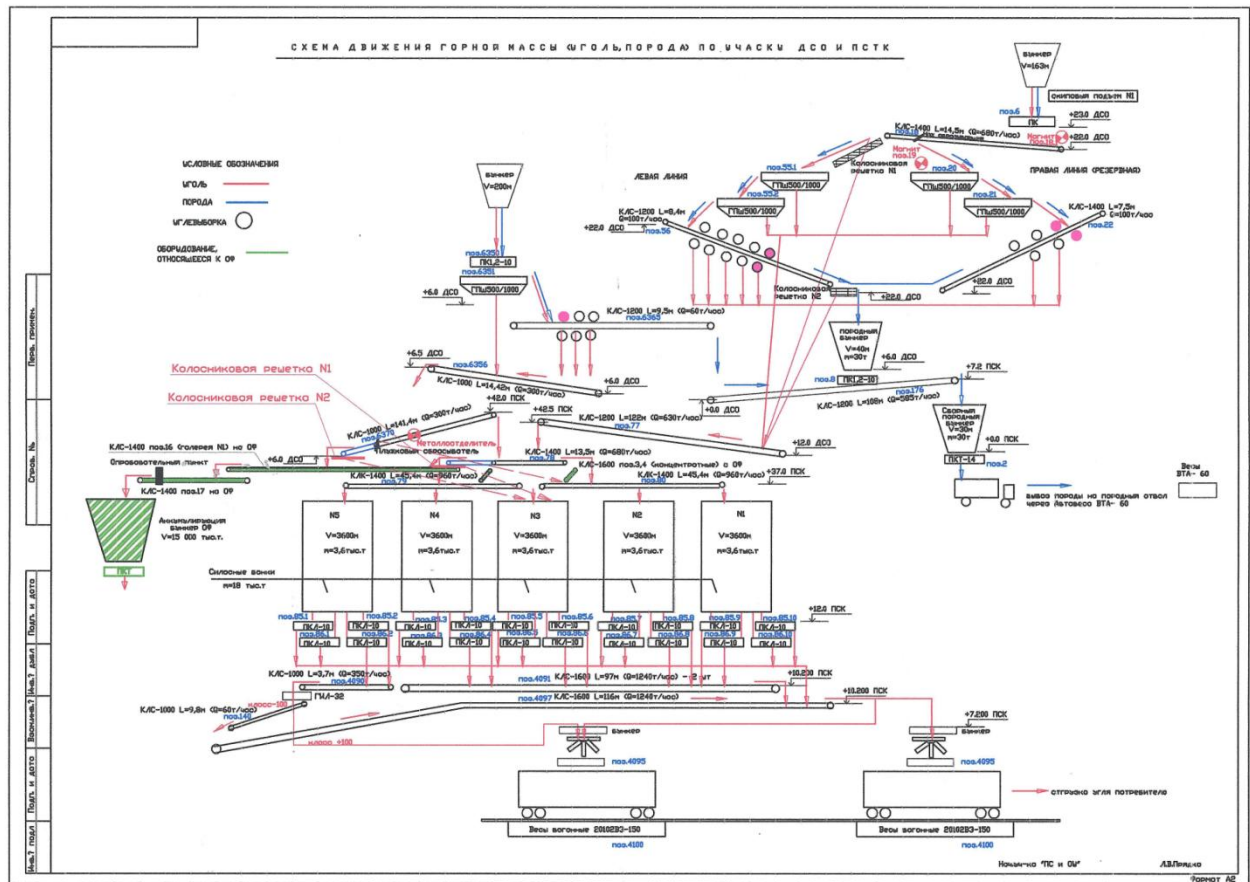


Рисунок 2.1 – Транспортний ланцюг рядового вугілля «скіпові підйомники – збагачувальна фабрика»

У спрощеному вигляді транспортний ланцюг наступний: конвеєр очисного вибою – скребковий перевантажувач – стрічкові конвеєри – бункер – вугільна яма – скіпові підйомачі – збагачувальна фабрика.

### 2.3. Визначення шляхів покращення якості вугілля

До заходів, що дозволяє підвищити якість вугілля великих і середніх класів, можна віднести [4]:

а) на очисних роботах:

- вибір типу виїмкових машин, відповідно до конкретних умов, які виключають підрубку підосви і покрівлі;
  - забезпечення регулювання виїмкових машин за потужністю пласта без виймання бічних порід;
  - розширення обсягів стругового виймання;
  - збільшення навантаження на лаву за рахунок механізованих комплексів нового технічного рівня;
  - при складній будові пласта – обмеження виймання породних прошарків там, де це технічно можливо і економічно доцільно;
  - застосування нагнітання води в пласт, що дозволить знизити опірність вугілля різанню і збільшити товщину стружки (крупність вугілля);
  - розробку календарних планів гірничих робіт, що забезпечують оптимальне співвідношення виймання пластів різної зольності і ін. [4];
- б) на підготовчих роботах і підземному транспорті:
- впровадження технологічних схем проведення виробок з роздільною виїмкою вугілля, а також із застосуванням у випереджаючому вугільному вибої нарізних комбайнів або вибурювання вугілля;
  - спрощення технологічної схеми підземного транспорту (скорочення кількості конвеєрів і кількості пересипів);
  - вибір типу різців очисного комбайну;
  - зменшення (скорочення) висот перепадів на конвеєрах і їх кількості;
  - установку спіральних або каскадних (східчастих) спусків в бункерах;
  - футерування вугільних бункерів;
  - встановлення на скіпових підйомах гальмівних пристроїв;
  - застосування конвеєрів–дозаторів на підйомних установках;

в) на технологічному комплексі на поверхні і на вугільних складах:

- обладнання навантажувальних бункерів стрічковими конвеєрами з метою більшого їх заповнення та зменшення переробки вугілля через аварійні склади;
- встановлення датчика контролю рівня завантаження вугілля в навантажувальних бункерах;
- впровадження технології сушіння вугілля;
- встановлення спіральних або каскадних (східчастих) спусків в навантажувальних бункерах;
- забезпечення розрідження зубів в двовалкових дробарках [4].

Подальша робота буде зосереджена на впровадженні технологічної схеми проведення виробок з роздільною виїмкою вугілля, футеруванні вугільних бункерів, вибору типів різців очисного комбайну та впровадженні технології сушіння вугілля.

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ «ЛАВА – ЗБАГАЧУВАЛЬНА ФАБРИКА» В УМОВАХ ПРАТ «ДМЗ»

#### 3.1. Визначення якісних показників вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика»

Якість, за визначенням – це сукупність властивостей продукту, що використовуються для задоволення потреб тих чи інших галузей народного господарства.

В загальному випадку, існує більше тридцяти показників якості вугілля. Для даної роботи розглядаються зольність, вологість та сортність.

Зольність – це маса золи, яка визначається у встановлених умовах, віднесена до одиниці маси вугілля і виражена у відсотках [5].

Завдяки цьому показнику відбувається оцінка якості вугілля, яке надходить з шахт, продуктів збагачення та вугілля, що використовується для енергетики та коксування. Найбільшим споживачем кам'яного вугілля є металургійна промисловість.

Для вугілля підвищення зольності обумовлюється зниженням теплоти згоряння, тому найвища припустима зольність для рядового вугілля за умов спалення у пилоподібному стані становить 42 %.

Зольність вугілля, яке використовується у виробництві, не повинна перевищувати 5–6 % за умов вологості у розмірі 2 %. Збільшення цього показнику на 1 % призводить до зниження ціни вугілля на 2,5 %.

Вологість – це відсоткова доля вмісту води у вугіллі. Вона є важливим параметром його якості, тому як безпосередньо впливає на формування вартості.

Цей показник має шкідливий вплив на процес коксування, який може призводити до:

- зниження виходу коксу та продуктивності коксових печей;
- сприяння руйнуванню коксових печей;
- погіршення умов роботи хімічних цехів.

Вологість вугільних концентратів та коксівного вугілля не повинна перевищувати 8–10 %. Збільшення вологості вугілля на 1 % призводить до зниження його ціни на 1,5 % [6].

3.1.1. Виявлення джерел погіршення якісних показників в системі «лава – збагачувальна фабрика» та постановка задач дослідження

У зв'язку великою кількістю операцій при транспортуванні вугілля, а саме: пересип з конвеєра на конвеєр, пересип з конвеєра до бункера, пересип до вугільної ями головного стволу, на скіповий підіймач та інші, в результаті отримуємо велику кількість місць погіршення сортності вугілля.

Виходячи з рисунку 1.1 бачимо, що вугілля разом з породою транспортується по конвеєрному ланцюжку до вугільної ями, що безпосередньо впливає на його зольність, а також до вугілля може додаватися пил, сміття та інше, що підвищують рівень цього показника. Необхідно запропонувати спосіб зменшення зольності вугілля [6].

Як видно з таблиці 1.1 до збагачувальної фабрики транспортується вугілля з вологістю майже 11%, що потребує додаткових витрат на його збагачення у подальшому. Необхідно дати рекомендацію, щодо зменшення рівня вологості вугілля до процесу його збагачення.

Для того, щоб сформулювати рекомендації, щодо покращення сортності вугілля необхідно провести подальші дослідження з використанням сучасних програмних комплексів, призначених для моделювання сипкого методом дискретних елементів.

### 3.1.2. Обґрунтування заходів, щодо покращення сортності вугілля

Вугілля видобувається сучасними очисними комбайнами, виконавчі органи яких представляють шнеки різних діаметрів, в основному від 800 до 1400 мм та номінальною шириною захвату – 0,63 та 0,8 м.

В середньому близько 72% гранулометричного (сортного) складу вугілля відноситься до дрібних класів (0–25 мм) і близько 13–18% – до більших класів (понад 25 мм). Клас 50–100 мм не перевищує 10% для енергетичного вугілля і 5% для антрацитів. Гранулометричний (сортний) склад вугілля класів понад 100 мм обчислюється одиницями відсотків і практично відсутній клас вугілля понад 150 мм.

Слід зазначити, що значна кількість дрібних фракцій в здобутий вугіллі ускладнює його збагачення.

Тому покращення сортності видобутого вугілля очисними комбайнами в даний час є актуальним завданням як для гірської промисловості, так і всього енергетичного комплексу країни [8].

Ріжучий інструмент є тим елементом конструкції виконавчого органу комбайна, який безпосередньо взаємодіє з руйнуються пластом або масивом вугілля, створюючи в ньому додаткове напружений стан, доведення його до граничної величини і подальшого руйнування вугілля.

При взаємодії ріжучого інструменту з масивом вугілля в роботі беруть участь практично дві його грані – передня і задня (рис. 3.1). Бічні грані різця через їх ухилу практично не беруть участь в процесі руйнування вугілля.

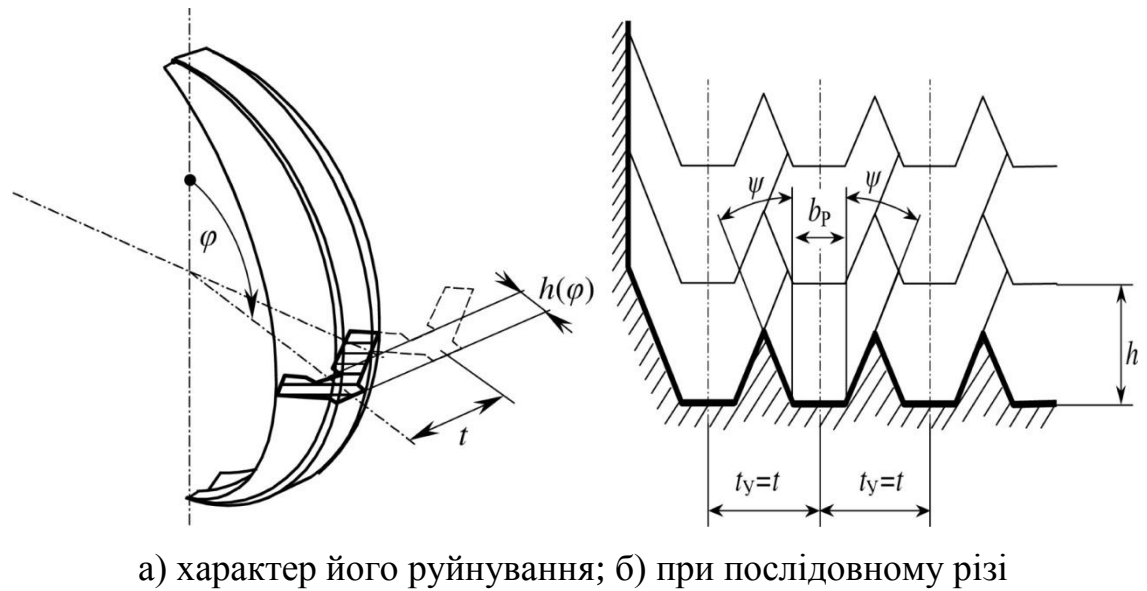


Рисунок 3.1 – Характер частини пласта, яка «вирізається» різцями [9]

Додатковий напружений стан масиву вугілля, що виникає при цьому, обумовлено взаємодією зазначених граней різця з цим масивом вугілля (рис. 3.2).

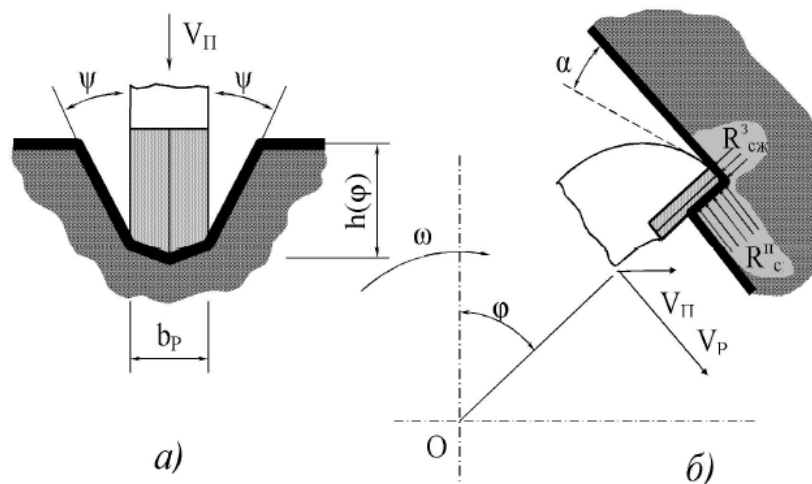


Рисунок 3.2 – Характер навантаженого стану вугілля масиву, яке руйнується [9]

$$R_{\text{сж}}^3 = \frac{F_{\text{max}}^3 \cdot \sin \varphi}{S_3 \cdot \cos \alpha} \equiv \frac{F_{\text{max}}^3 \cdot \sin \varphi}{S_3 \cdot \cos (\alpha_k - \arctg \frac{V_n}{V_p} \cdot \sin \varphi)} \quad (3.1)$$

де  $F_{\text{max}}^3$  – максимальна сила стиснення масиву, Н;

$S_3$  – площа затуплення різця по задній грані, мм<sup>2</sup>;

$\alpha$  – дійсний задній кут різця, град;

$\alpha_k$  – конструктивний задній кут різця, град;

$V_n$  – швидкість подачі (переміщення) різця на пласт (забій), м/с;

$V_p$  – швидкість різання, м/с;

$\varphi$  – кут повороту різця, град.

З наведеної залежності випливає, що при вході різця в контакт з пластом ( $\varphi = 0$ ) додаткова напруга стиснення масиву дорівнює нулю; максимального значення ця напруга досягає максимуму в так званій діаметральній площині, тобто при  $\varphi = \pi/2$ . При виході різця з контакту з пластом, тобто при  $\varphi = \pi$  додаткова напруга стиснення знову дорівнює нулю.

Величина максимальної сили стиснення обумовлюється властивостями міцності вугілля, в якості якого прийнята опірність вугілля різанню.

Вугільний пласт, як правило, має смугасту будову [7]. При цьому смуги і лінзи блискучі або напівблискучі чергуються з матовими смугами, які досягають потужності 0,5 м.

Склад петрографічних компонентів вугільних пластів Донбасу відповідає блискучому типу вугілля з невеликою кількістю напівблискучі петрографічних різновидів. Зміст напівматового вугілля досить незначно. Мікрокомпоненти групи вітриніту переважають у всіх генетичних типах вугілля Донбасу, складаючи основну частину вугільного речовини (від 70 до 90 %). Кількісний петрографічний склад донецького вугілля досить постійний.

Таким чином, з вищевикладеного випливає, що руйнується ріжучим інструментом очисного комбайна вугільний пласт являє собою неоднорідну смугасту або линзовидну структуру різних інгредієнтів, розділених як всередині інгредієнтів, так і між ними тріщинами. Така структура, очевидно, має різні властивості в різних напрямках і, перш за все, властивістю опиратися механічного руйнування ріжучим інструментом і утворення при цьому шматковатості, тобто формування гранулометричного (сортового) складу при руйнування механічним способом.

Тому доцільно стосовно важливість справ в даній роботі в подальшому вугільний пласт розглядати у вигляді анізотропного середовища, що складається з окремих елементів або лінз з випадковими параметрами, пов'язаних між собою і мають випадково розташовані тріщини і тверді мінеральні включення, які, як правило, не прорізаються ріжучим інструментом, а вибиваються з пласта.

Навантаження стиснення на передню грань різця  $R_c^n$  формується в частині пласта, яка руйнується – в уступі, товщина якого рівна товщині зрізу  $h(\varphi)$ . Величину цього навантаження можна оцінити за залежністю:

$$R_c^n = \frac{F_{max}^n}{S_n} \cdot \sin(\varphi) \quad (3.2)$$

де  $F_{max}^n$  – максимальна сила стиснення масиву під передньою гранню різця, Н;

$S_n$  – площа контакту різця по передній грані з масивом вугілля.

Елемент  $F_{max}^n$  можна представити у вигляді:

$$F_{max}^n = k \cdot A_p \cdot h_{max} \quad (3.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності;

$A_p$  – опір вугілля різанню, Нм;

$h_{max}$  – максимальна товщина зрізу, м.

Площа контакту різця з масивом вугілля за його передньою гранню:

$$S_n = 2S_{гр} \cdot \cos\delta_{гр} = 2h_{max} \cdot b_{ср} \cdot \sin\varphi \cdot \cos\delta_{гр} \quad (3.4)$$

де  $b_{ср}, \delta_{гр}$  – середня ширина грані твердої вставки та кут його нахилу.

Тоді отримуємо:

$$R_c^n = k \frac{A_p}{b_{ср} \cdot \cos\delta_{гр}} \cdot \sin(\varphi) \quad (3.5)$$

Звідки випливає, що додаткова напруга масиву вугілля під передньою гранню різця змінюється за синусоїдальним законом і змінюється від нуля при вході (виході) різця в контакт (з контакту) з масивом вугілля до максимального значення в діаметральній площині, тобто при  $\varphi = \pi/2$  і обумовлюється опірністю вугілля різанню - є його лінійною функцією.

Для руйнування вугілля необхідне виконання умови:

$$R_c^n \geq [R_c^n] \quad (3.6)$$

де  $[R_c^n]$  – максимальне напруження стиснення, тобто це напруга стиснення, при якому відбувається руйнування масиву.

Із залежності (3.5) випливає, що при вході (виході) різця в контакт (з контакту) з масивом вугілля (при малих кутах  $\varphi$  при вході різця в контакт з пластом і кутах, прилеглих до  $\pi$ , при виході різця з контакту з пластом) величина  $R_c^n \rightarrow 0$ . У цих зонах руйнування масиву якщо і відбувається, то в основному це дрібні (менше 6 мм) фракції вугілля. При подальшому повороті органу і різця руйнування пласта відбувається більшими фракціями (більше 6 мм) шляхом створення в масиві вугілля навантаження  $R_c^n \geq [R_c^n]$ .

Таким чином, незалежно від того, в якій зоні відбувається руйнуванням масиву вугілля (в зоні, коли товщина зрізу до 6 мм, або в зоні, коли товщина зрізу більше 6 мм) однозначно можна стверджувати, що руйнування пласта відбувається шляхом стиснення масиву вугілля і створення в ньому напруги, рівного граничному напрузі стиснення, тобто руйнування вугілля відбувається шляхом його роздавлювання. Це самий енергоємний процес руйнування матеріалу, в тому числі і вугілля, і очікувати істотного поліпшення гранулометричного (сортового) складу видобутого вугілля навіть при збільшенні товщини зрізу (при збільшенні швидкості переміщення комбайна) годі й говорити [9].

Для покращення сортності видобутого вугілля очисними комбайнами слід значно (в кілька разів) знизити питомі витрати енергії на його руйнування. Це також впливає з залежності для медіанного діаметра гранули [5].

$$d_m = 2 \sqrt{\frac{k_w \cdot A_p}{W_p}} \quad (3.7)$$

де  $k_w$  – інтегральний коефіцієнт пропорційності;

$W_p$  – сумарні питомі витрати енергії руйнування вугілля.

Досягти значного зниження питомих витрат енергії руйнування вугілля можна, використавши відому властивість гірських порід, в тому числі й вугілля значно (приблизно на порядок) меншого опору руйнування розтягуванням або, принаймні, шляхом зсуву. Необхідне створення такого ріжучого інструменту при механічному руйнуванні масиву вугілля, який створював би в масиві вугілля, який руйнується, якщо і не повністю напруги розтягування або зсуву, то хоча б комбінацію цих навантажень з переважним значенням напруги розтягування або зсуву. На рисунку 3.3 зображений такий різець.

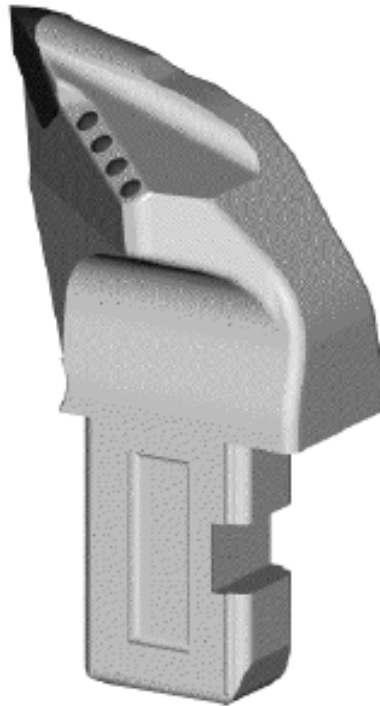


Рисунок 3.3 – Вигляд різця з робочою бічною гранню [8]

Характерною особливістю процесу руйнування масиву різцем с робочою бічною гранню є той факт, що руйнування проводиться як передньою, так і бічною гранями різця (рис. 3.4). При цьому руйнування масиву робочою бічною

гранню проводиться шляхом зсуву вугілля, тобто в масиві створюється навантаження зсуву.

Величина бічної сили або сили зсуву масиву може бути оцінена за залежністю:

$$X_{\delta} = R_{\text{сд}} \cdot S_{\delta} \cdot \sin\beta \equiv 0,1 \cdot R_c^n \cdot S_{\delta} \cdot \sin\beta \quad (3.8)$$

де  $R_{\text{сд}}$  – навантаження зсуву, Н;

$S_{\delta}$  – площа робочої бічної грані різця, мм<sup>2</sup>;

$\beta$  – кут нахилу робочої бічної грані різця, град.

Питомі витрати енергії на руйнування цієї частини масиву вугілля можна оцінити за залежністю:

$$W_{\text{р.б.}} = \frac{X_{\delta}}{S_{\text{р.б.}}} = \frac{0,1 \cdot R_c^n \cdot S_{\delta} \cdot \sin\beta}{2 \cdot t_p \cdot h_{\text{ср}}} \equiv \frac{0,05 \cdot R_c^n \cdot S_{\delta} \cdot \sin\beta}{t_p \cdot h_{\text{ср}}} \quad (3.9)$$

де  $S_{\text{р.б.}}$  – площа перерізу руйнуємого масиву робочою бічною гранню, мм<sup>2</sup>;

$t_p$  – ширина зрізу, мм;

$h_{\text{ср}}$  – середня товщина зрізу, мм;

$\beta$  – кут нахилу робочої бічної грані.



|          |                                                     |       |       |      |       |       |       |       |
|----------|-----------------------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| вміст, % | 7,1                                                 | 3,1   | 9,6   | 9,1  | 28,9  | 13,4  | 15,4  | 36,8  |
|          | При оснащенні шнеків різцями типу ЗР2-80Л, ЗРБ2-80П |       |       |      |       |       |       |       |
|          | 15,2                                                | 5,5   | 14,5  | 18,1 | 54,3  | 7,7   | 12,0  | 26,5  |
| Зміна    | +2,14                                               | +1,77 | +1,51 | +2,0 | +1,88 | -0,57 | -0,78 | -0,72 |

В таблиці 3.1 знаком «+» позначено збільшення, знаком «-» – зменшення.

Як впливає з таблиці, вихід крупно-сорткових класів при застосуванні різців з робочою бічною гранню (різці типу ЗРБ2-80л, ЗРБ2-80п) збільшився в середньому в 1,88 рази в порівнянні з виходом цих класів при застосуванні різців типу ЗР4-80.

Таким чином, одним з найбільш ефективних способів покращення сортності вугілля, що видобувається сучасними очисними комбайнами, є зниження питомих витрат енергії на його руйнування, яке досягається за рахунок створення в руйнуємому масиві напруги зсуву або розриву вугілля.

Для перевірки цього теоретично отриманого висновку створені віртуальні моделі в програмному середовищі MathCAD.

Перша – програмний продукт, який реалізує математичну модель процесу руйнування масиву різцем (рис. 3.5 – 3.7).

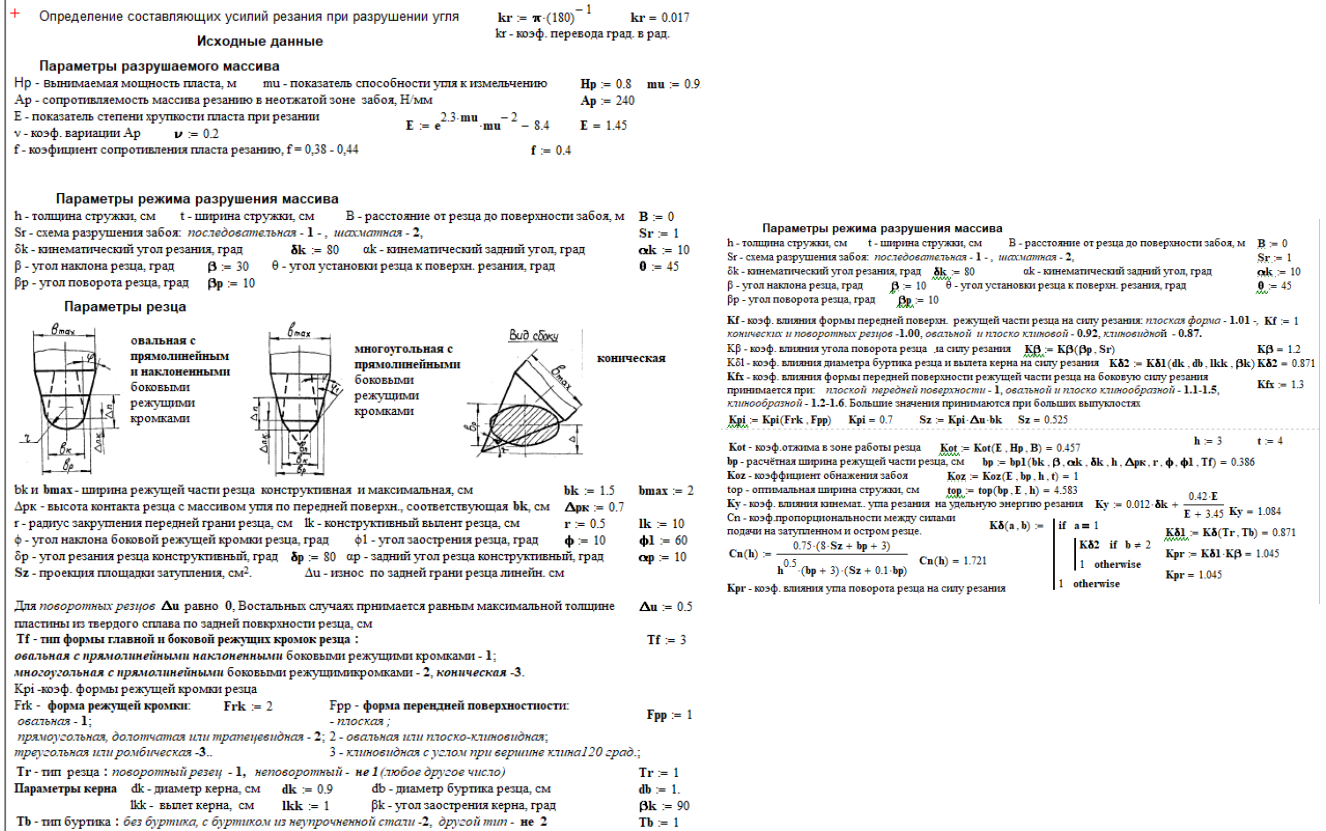


Рисунок 3.5 – Вихідні дані для створеної моделі

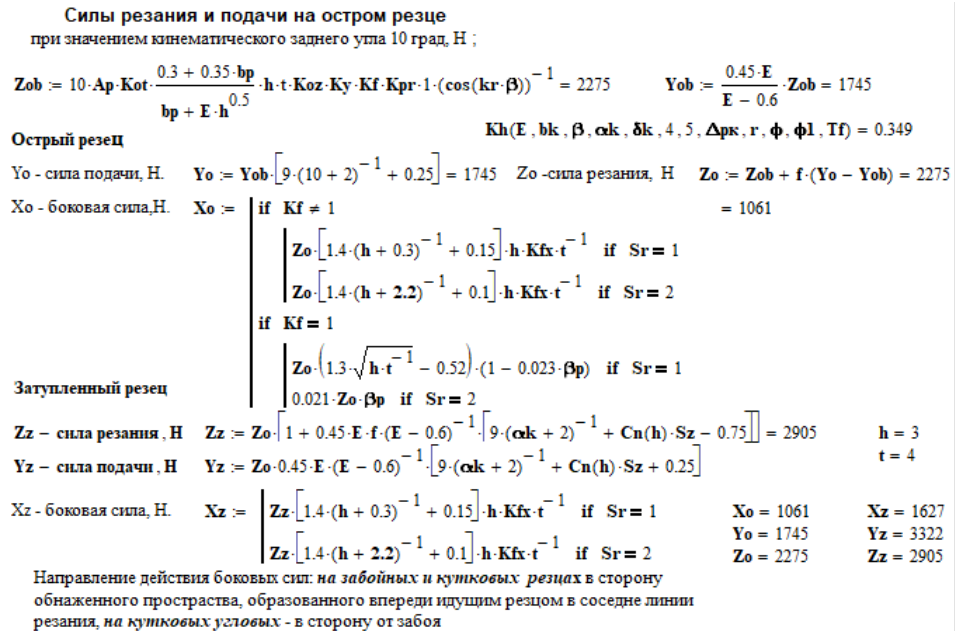


Рисунок 3.6 – Моделювання сили різання та подачі на гострому різці

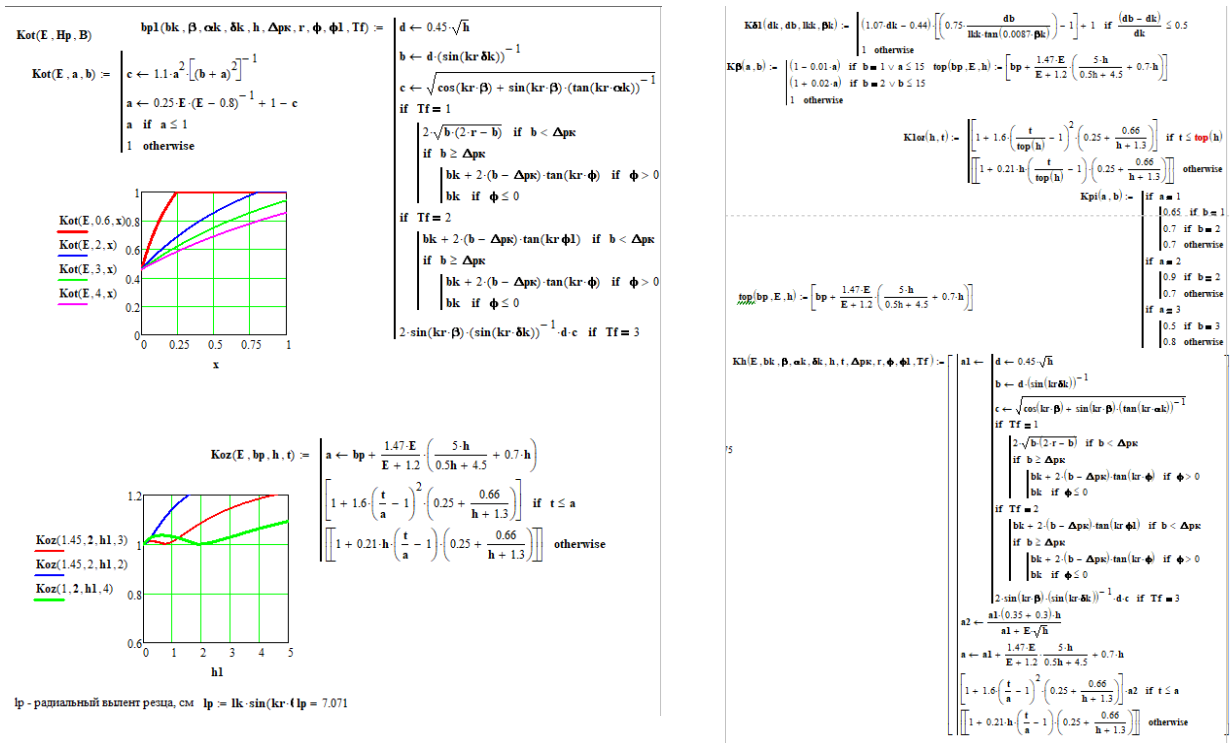


Рисунок 3.7 – Результати отримані при моделюванні

Як складова частина спеціального програмного забезпечення спеціалізованого програмного забезпечення гірничих машин ця віртуальна модель призначена для:

- Вивчення, аналізу та оптимізації процесу руйнування масиву різцем.
- Визначення складових сили різання з урахуванням параметрів руйнується масиву, типу і параметрів різця, схеми руйнування масиву і параметрів різу.
- Визначення вихідних даних для розрахунку різця і кулака на міцність і витривалість.
- Визначення вихідних даних для вектору зовнішнього обурення, аналізу та синтезу виконавчого органу.

Друга – віртуальна модель робочого приводу виконавчого органу очисного комбайна зі статичною механічною характеристикою (рис. 3.8).

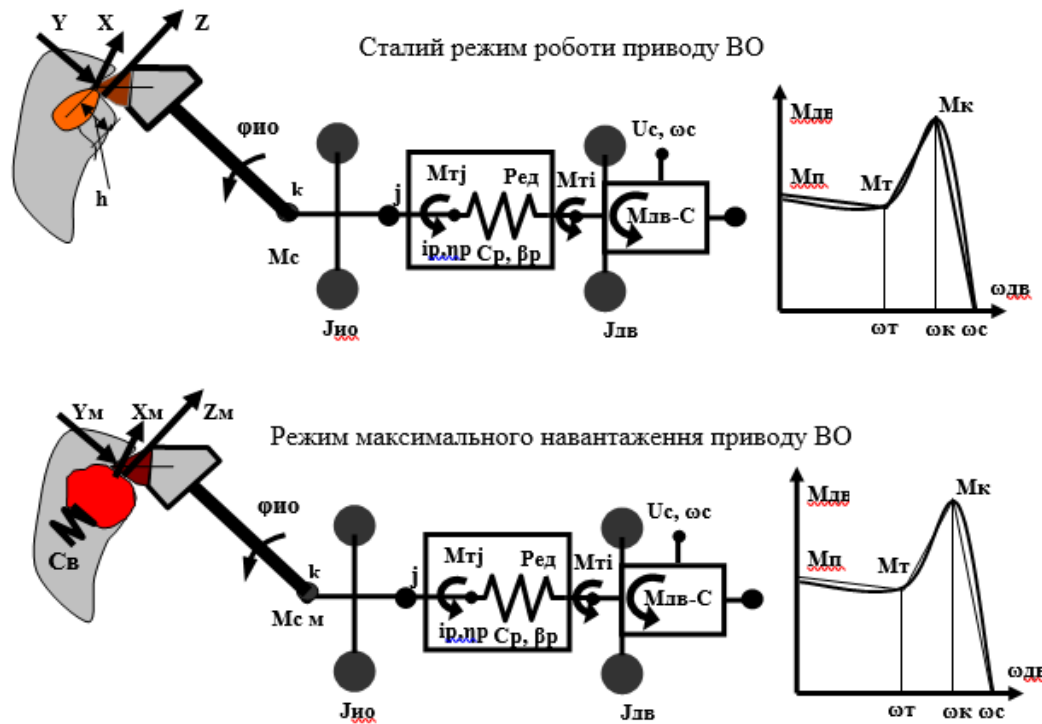


Рисунок 3.8 – Схеми структурних моделей приводу виконавчого органу в різних схемах його роботи

Як складова частина спеціального програмного забезпечення гірничих машин ця віртуальна модель призначена для:

- Вивчення, аналізу та оптимізації навантаженості приводу виконавчого органу комбайна.
- Визначення головного вектора і головного моменту зовнішніх сил з урахуванням параметрів руйнується масиву, типу і параметрів різця, схеми руйнування масиву і параметрів різку, а також параметрів виконавчого органу і схеми набору різців.
- Визначення вихідних даних для розрахунку виконавчого органу і його приводу на міцність і витривалість.

Виконані дослідження та отримані результати, підтверджені даними моделювання віртуальної моделі в програмному середовищі MathCAD, свідчать про те, що і при застосуванні сучасних очисних комбайнів практично без зміни

їх конструкції існують шляхи значного поліпшення сортового складу видобутого вугілля.

Отже, використання запропонованих різців типу ЗРБ2-80л, ЗРБ2-80п дозволить зменшити дроблення вугільної маси в 2 рази та отримати кращу сортність вугілля.

### 3.1.3. Обґрунтування заходів, щодо покращення зольності вугілля

Щоб запропонувати заходи, які дозволять зменшити зольність, необхідно визначити середньозважену зольність вугілля, яке надходить до збагачувальної фабрики.

$$Q_{\text{ср1}} = \frac{Q_1 \cdot q_1 + Q_2 \cdot q_2 + Q_3 \cdot q_3 + Q_4 \cdot q_4 + Q_5 \cdot q_5}{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5} + \frac{Q_{\text{пр1}} \cdot q_{\text{пр1}} + Q_{\text{пр2}} \cdot q_{\text{пр2}} + Q_{\text{пр3}} \cdot q_{\text{пр3}} + Q_{\text{пр4}} \cdot q_{\text{пр4}} + Q_{\text{пр5}} \cdot q_{\text{пр5}}}{q_{\text{пр1}} + q_{\text{пр2}} + q_{\text{пр3}} + q_{\text{пр4}} + q_{\text{пр5}}}, \%$$

де  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$  – зольність 1–5 лави відповідно, %;

$q_1, q_2, q_3, q_4, q_5$  – видобуток 1–5 лави відповідно, т/доб;

$Q_{\text{пр1}}, Q_{\text{пр2}}, Q_{\text{пр3}}, Q_{\text{пр4}}, Q_{\text{пр5}}$  – зольність з 1–5 прохідницької ділянки відповідно, %;

$q_{\text{пр1}}, q_{\text{пр2}}, q_{\text{пр3}}, q_{\text{пр4}}, q_{\text{пр5}}$  – видобуток 1–5 прохідницької ділянки відповідно, т/доб.

Виходячи з цього, до фабрики надходить вугілля з зольністю 34,9%. Для зменшення цього показнику пропонується використовувати роздільний видобуток вугілля при веденні прохідницьких робіт. У «Покровській» для проведення гірничих виробок застосовуються прохідницькі комбайни КСП-32,

КСП-42, КСП-43, зі стрілоподібними виконавчими органами вибіркової дії, оснащеними коронками з ріжучим інструментом, якими можна проводити вироблення різних форм і розмірів, з роздільною виїмкою вугілля і породи.

При такій технології необхідно спочатку виймати вугілля, а потім породу.

За рахунок впровадження запропонованої технології підвищується товарна цінність вугільної продукції, забезпечуючи економічну доцільність роздільного виймання вугілля.

На рисунку 3.9 зображена схема проведення прохідницьких виробок.

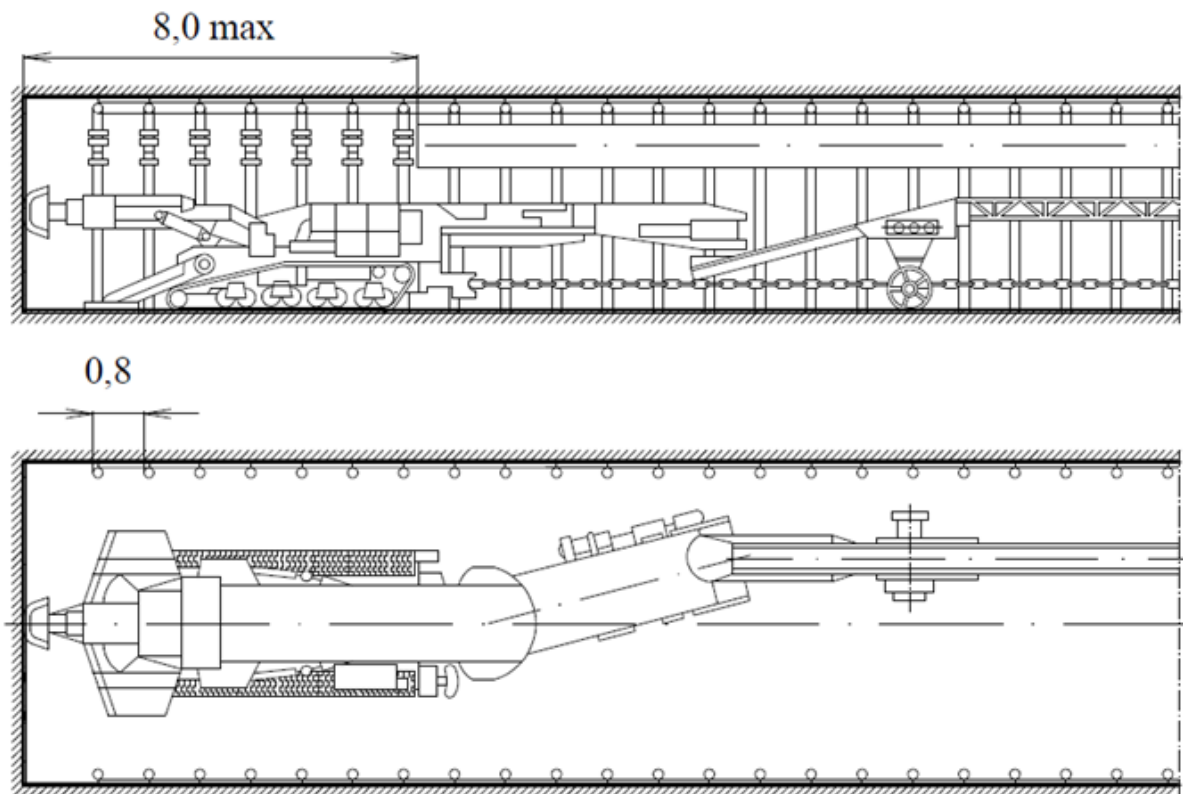


Рис. 3.9 – Схема проведення прохідницьких виробок [13]

Відвантаження породи з прохідницького вибою потрібно здійснювати за допомогою вагонеток. Тепер можна визначити відсоток зольності вугілля, після впровадження технології роздільного виймання в прохідницькому вибої:

$$Q_{\text{ср2}} = \frac{Q_1 \cdot q_1 + Q_2 \cdot q_2 + Q_3 \cdot q_3 + Q_4 \cdot q_4 + Q_5 \cdot q_5}{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5} + \frac{Q_{\text{пр1}} \cdot q_{\text{пр1}} + Q_{\text{пр5}} \cdot q_{\text{пр5}}}{q_{\text{пр1}} + q_{\text{пр5}}}, \%$$

Результати показують, що відсоток середньозваженої зольності вугілля зменшився до 26,1%.

Таким чином, за рахунок впровадження процесу виймання за запропонованою технологією можна зменшити зольність вугілля на 25%, що також дозволить збільшити виробничі потужності збагачувальної фабрики та зменшити капітальні та експлуатаційні витрати [10].

#### 3.1.4. Обґрунтування заходів, щодо зміни вологості вугілля

Вологість має навіть більше значення ніж зольність, так як надає на процес горіння ще більший вплив. Вугілля, що потрапив в топку, швидко висушується, і волога, що міститься в ньому, перетворюється в перегрітий водяну пару.

На випаровування і перегрів води витрачається частина тепла, внаслідок чого знижується температура факела в камері плавлення. Це зниження температури може бути дуже суттєвим, так як на випаровування води витрачається значно більшу кількість тепла, ніж на нагрів, плавлення і часткове випаровування золи [11].

Вологе вугілля є баластною домішкою, яка міститься у вугіллі та призводить до зниження теплоти його згоряння. За умов підвищеної вологості погіршується здатність до транспортування вугілля, а в зимових умовах воно замерзає в штабелях та залізничних вагонах. Вологість має негативний вплив також і на технологію переробки вугілля. Певні труднощі виникають під час сухого грохочення вологого вугілля.

Вологість вугілля також залежить від стадії його метаморфізму, петрографічного складу, ступеня окислення та інших факторів.

П.О. Ребіндер пропонує класифікацію вологості за інтенсивністю енергії її зв'язку з твердим пористим тілом на [15]:

- хімічно пов'язану;
- капілярну;
- адсорбційну;
- поверхневу (вологість механічно зв'язана і вологість, що заповнює пористий простір).

Хімічно зв'язана волога не може бути видалена існуючими методами. Адсорбційна волога може бути видалена термічною сушкою. Капілярна і поверхнева волога видаляються методами механічного і термічного зневоднення. Поверхнева волога найбільш негативно впливає на транспортабельність, змерзання і грохочення вугілля.

Загальна волога в розрахунку на робочий стан вугілля один із головних показників його якості. Масова частка її знижується з підвищенням ступеня метаморфізму вугілля від 60 % у м'якому бурому до 40–17 % у щільному бурому, від 16 % до 3–5 % у кам'яному, в антрацитах коливається в межах 4–6 %.

Вологість вугілля шкідливо впливає на процес коксування, спричиняє зниження виходу коксу і продуктивності коксових печей, сприяє руйнуванню печей, погіршує умови роботи хімічних цехів. Вологість вугілля і вугільних концентратів повинна бути не більше 8 %.

Вплив одночасної дії вмісту золи і води на теоретичну температуру горіння вугілля показано на рисунку 3.11.

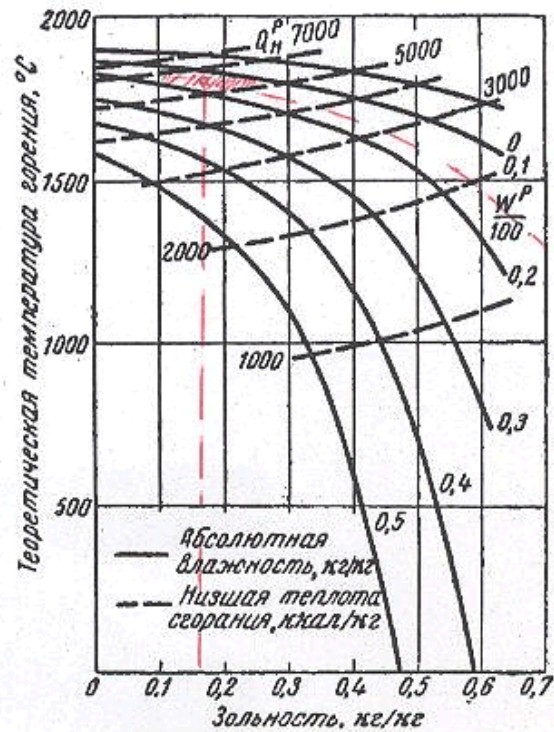


Рисунок 3.11 – Діаграма впливу вмісту золи і води на температуру горіння вугілля [11]

Присутність водяної пари в полум'я має і деякий позитивний вплив. При високих температурах полум'я пар впливає на процес спалювання як вельми ефективний каталізатор. Молекули водяної пари прискорюють процес спалювання коксу за допомогою його газифікації.

Водяна пара підвищує також ступінь чорноти полум'я і тим самим робить більш інтенсивним перенесення тепла екранів.

Для контролю вмісту води в рядовому вугіллі пропонується у перевантажувальній станції № 5 на конвеєрі поз. 106 та 107 встановити сушильну стрічкову конвеєрну камеру, тому як це оптимальне місце розташування між акумулятором вугілля та головним корпусом (рис. 3.12).

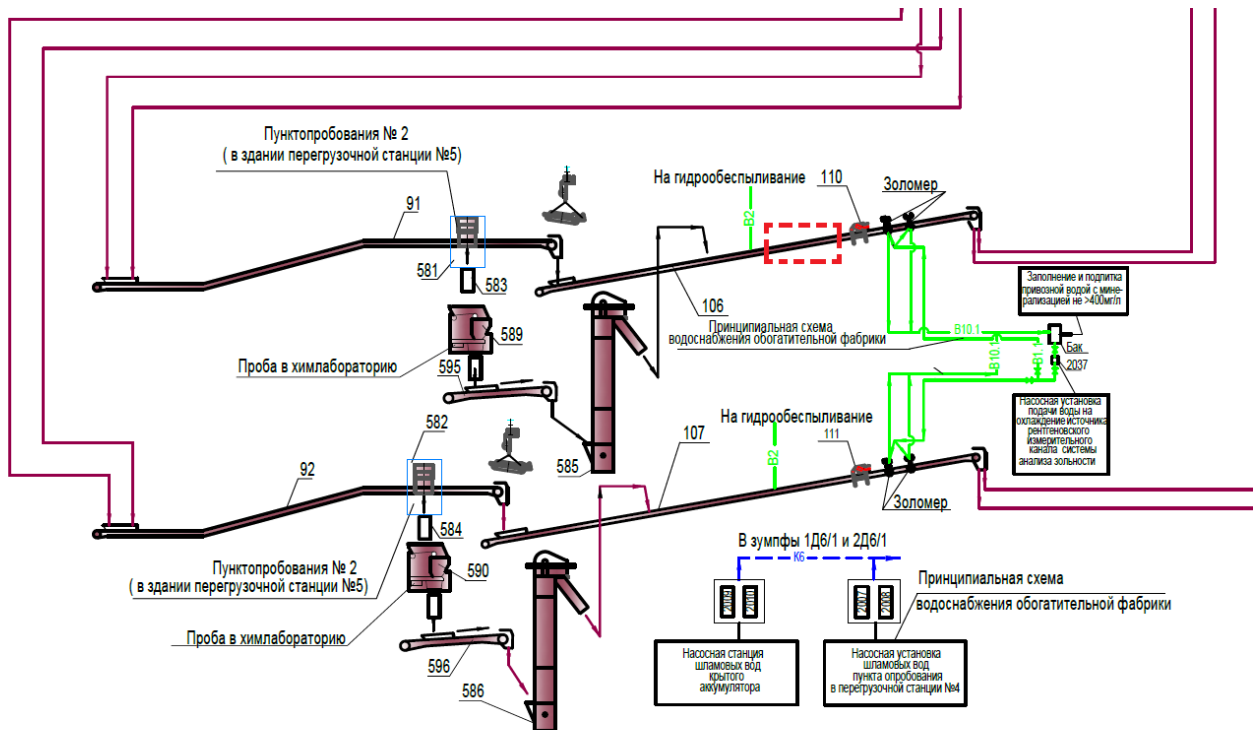


Рисунок 3.12 – Схематичне зображення місця установки сушильної камери

На рисунку 3.12 місце установки конвеєрної сушильної камери відображено червоною пунктирною лінією.

Такі камери використовуються для сушіння вугілля, брикетів та різноманітних гранул. В якості сушильний агент виступають або продукти, що утворилися в результаті згоряння палива або розігріте повітря.

Сушильна стрічкова камера (рис. 3.13) представляє собою тунельну конструкцію з проміжних секцій, кожна з яких оснащена циркуляційними вентиляторами з підшипниками, охолоджуваними водою. Канал подачі сушильного агенту, розподіленого по кожній проміжній секції, проходить по всьому вентиляційному коридору. При необхідності обсяг подачі сушильного агенту можна відрегулювати за допомогою заслінок. Складальні креслення камери наведені у додатку А.

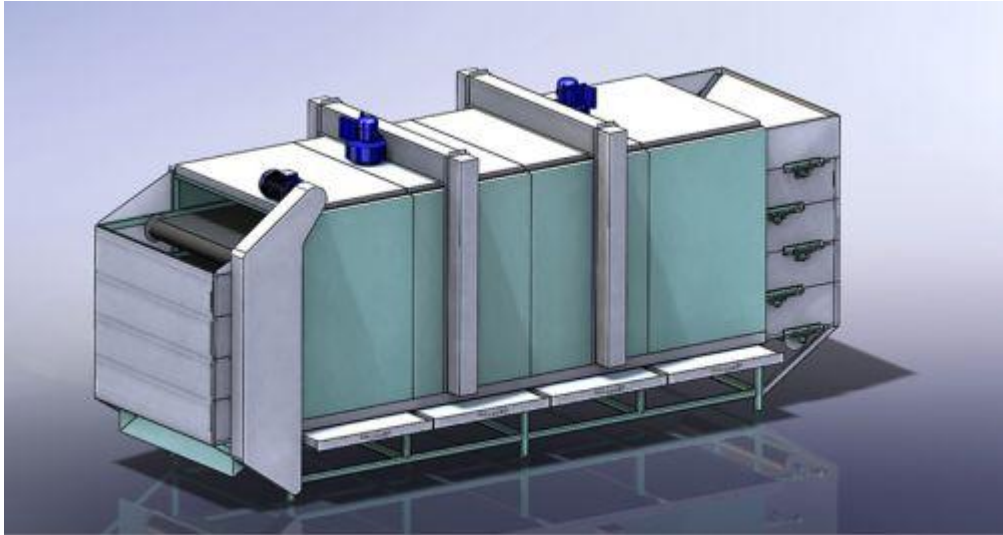


Рисунок 3.13 – Загальний вигляд сушильної камери СК-1-600/5000 [14]

Залежно від властивостей і особливостей продукту вибирається режим сушки. Для щадного режиму краща конструкція сушарки, кожна секція якої оснащена циркуляційним вентилятором з підшипниками. Для жорсткого режиму кращий варіант з потужним димососом і без секційних витяжних вентиляторів. За рахунок подібної простий, але продуманій конструкції в апаратах може проводиться конвеєрна сушка великих обсягів матеріалів.

Канал відводу для відпрацьованого сушильного агенту розташований у вентиляційному коридорі, точніше в нижній його частині. Обсяг сушильного агенту, який потрібно видалити, також може бути відрегульований заслінками.

Стрічка являє собою набір перфорованих лотків, скріплених між собою шарнірами і встановлених на тягових ланцюгах.

За рахунок завантаження матеріалів в сушильні камери за допомогою стрічки промислова сушка з використанням такого спеціального обладнання проводиться не тільки ефективно, але ще й швидко.

Безпека експлуатації обладнання забезпечується теплоізоляцією, встановленої на спеціальних кріпленнях. Це впровадження дозволить отримувати необхідний відсоток вологи вугілля [14].

#### 4. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВАНТАЖУВАННЯ ВУГІЛЛЯ З КОНВЕЄРА ДО БУНКЕРА В СИСТЕМІ «ЛАВА – ЗБАГАЧУВАЛЬНА ФАБРИКА» ПРАТ ДМЗ З ВИКОРИСТАННЯМ EDEM

Продуктивність і надійність вантажно–розвантажувального і технологічного обладнання сипучих матеріалів, використововуваного на гірничих виробках, збагачувальних і сталеплавильних заводах, таких як конвеєрні перевантажувальні пункти і завантажувальні лотки, дробарки і млини, є критичним фактором, що визначають продуктивність шахти та фабрики.

Програмне забезпечення EDEM моделює та аналізує поведінку широкого спектру сипучих матеріалів, таких як вугілля та гірські породи, що дозволяє зрозуміти потік цих матеріалів через кожен сегмент їх обладнання або операції.

##### 4.1. Визначення налаштувань для створення частинок та геометрії моделі

Першим кроком у створенні моделі є встановлення одиниць вимірювання, що використовуються у всьому EDEM.

Для правильного моделювання необхідно встановити наступні одиниці виміру: кут в градусах; кутове прискорення в  $\text{град/с}^2$ ; кутова швидкість в  $\text{град/с}$ ; довжина в мм; маса в кг; масова витрата в  $\text{кг/с}$  (рис. 4.1).

Робочий екран програмного комплексу EDEM має панель керування, дерево симуляцій, панель керування налаштуваннями симуляцій, безпосередньо робочу область та панель властивостей (рис. 4.2).

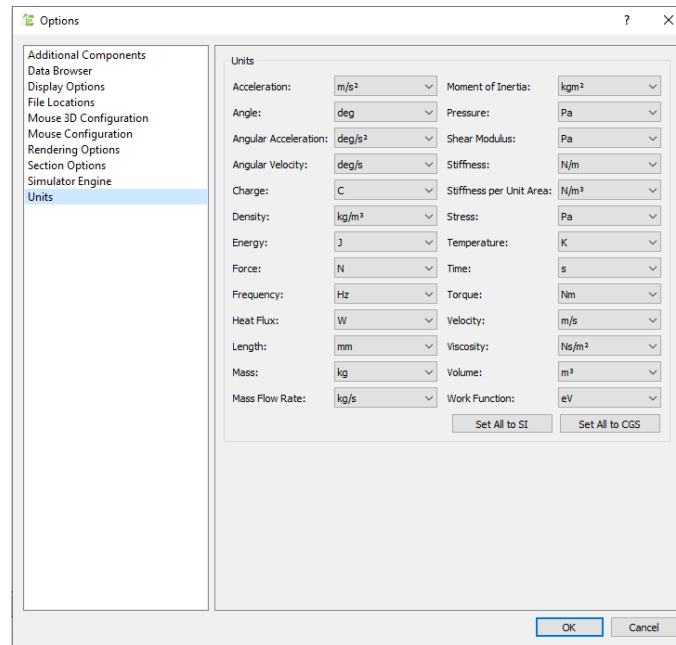
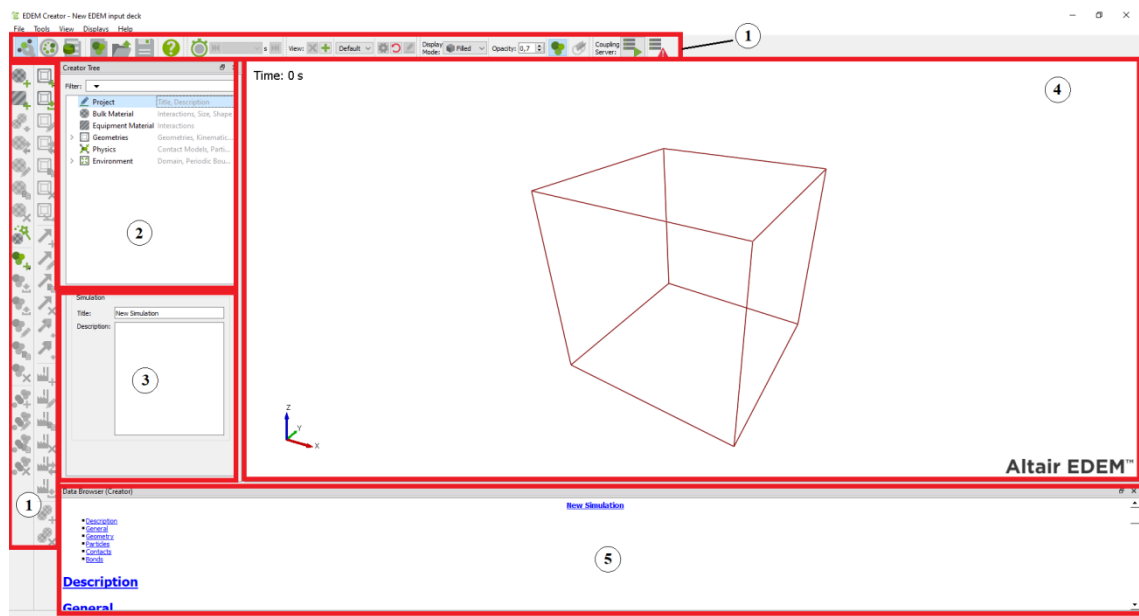


Рисунок 4.1 – Параметри одиниць вимірювання у програмному середовищі EDEM



1 – панель керування; 2 – дерево симуляцій; 3 – панель керування налаштуваннями симуляцій; 4 – робоча область; 5 – панель властивостей

Рисунок 4.2 – Робочий екран програми EDEM

Додаємо сипкий матеріал (вугілля), який буде використовуватися у подальшому моделюванні.

У розділі «Властивості матеріалу» необхідно встановити необхідне значення коефіцієнту Пуассона, щільність та модуль зрушення. Модуль Юнга залежить від модулю зрушення, тому програма EDEM автоматично його розрахує (рис. 4.3). Після чого необхідно визначити взаємодію сипучих матеріалів. Це дозволить керувати взаємодією між всіма елементами, які зроблені з заданого матеріалу (рис. 4.4).

Коефіцієнт відновлення при прямому ударі частинки о поверхню буде дорівнювати модулю швидкості частинки в кінці удару до модуля швидкості на початку удару.

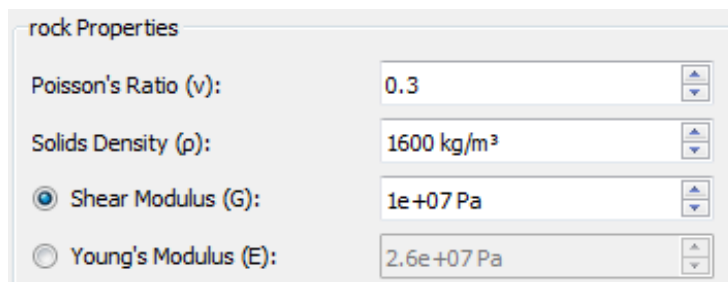


Рисунок 4.3 – Встановлені значення для частинок вугілля

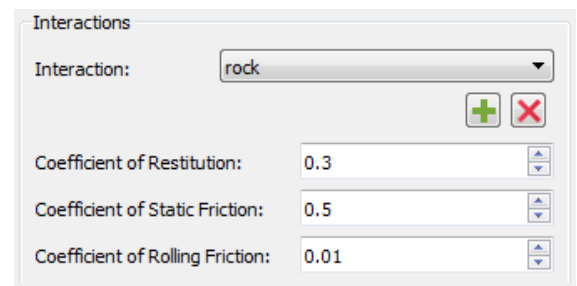


Рисунок 4.4 – Параметри взаємодії сипучого матеріалу

Наступним кроком необхідно створити форму частинок а визначити властивості матеріалу та взаємодії між ними.

Вугілля буде складатися з декількох сферичних частинок. Для того, щоб кінцевий результат був схожий на вугілля по формі, був створений шаблон у програмному середовищі ANSYS, який зображено на рисунку 4.5.

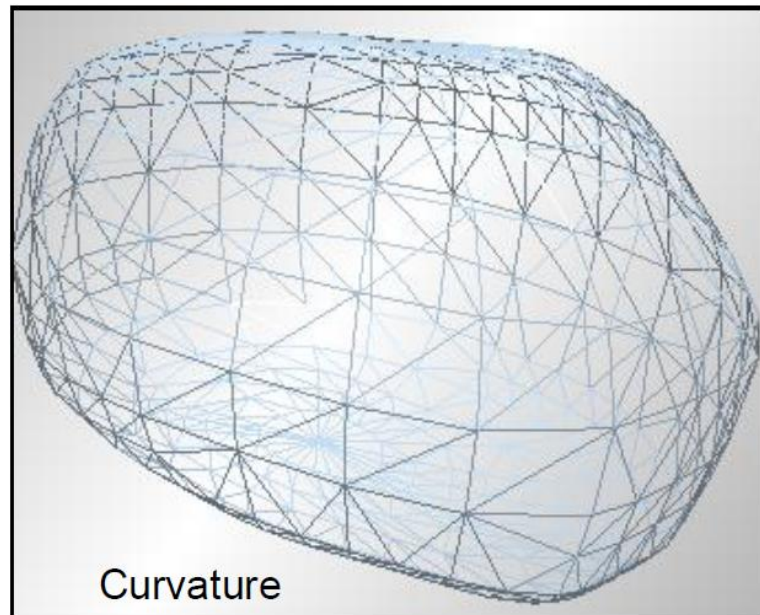


Рисунок 4.5 – Створений шаблон вугілля в програмі ANSYS у вигляді сітки

Після імпортування створеного шаблону необхідно заповнити модель таким чином, щоб сферичні частинки заповнили весь її обсяг. Для цього спочатку додаємо сферичну частинку з бібліотеки фігур EDEM (рис. 4.6).



Рисунок 4.6 – Бібліотека сферичних частинок в EDEM

Шляхом підбору значень радіусу частинки визначено, що для того, щоб максимально заповнити шаблон, діаметр повинен становити 18 мм (рис. 4.7).

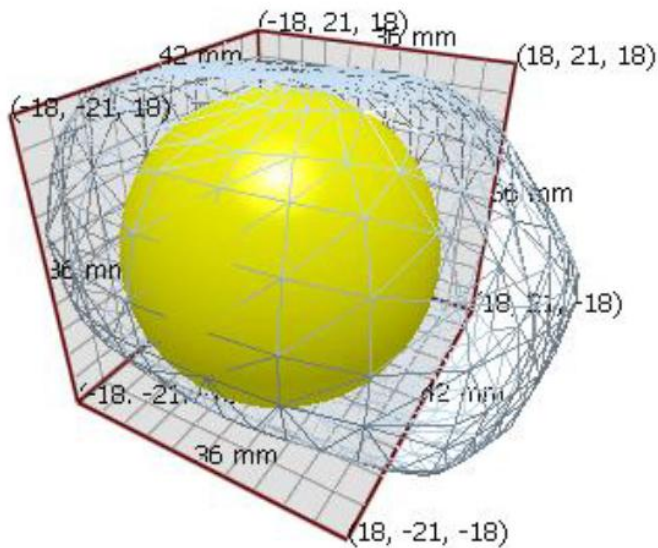


Рисунок 4.7 – Частина, яка вписана в шаблон форми вугілля

На цьому кроці необхідно додати стільки сфер, скільки потрібно для заповнення всього шаблону, визначивши, також їх положення та радіуси (рис. 4.8).

Закінчений вигляд моделі зображено на рисунку 4.9.

|   | Name     | Position X<br>(mm) | Position Y<br>(mm) | Position Z<br>(mm) | Physical Radius<br>(mm) |
|---|----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 1 | sphere 0 | 0                  | -3                 | 0                  | 18                      |
| 2 | sphere 1 | -13                | 0                  | 0                  | 18                      |
| 3 | sphere 2 | 0                  | 4                  | 0                  | 18                      |
| 4 | sphere 3 | 12                 | 0                  | 0                  | 18                      |

Рисунок 4.8 – Таблиця визначених значень радіусів частинок та їх розміщення на робочій області

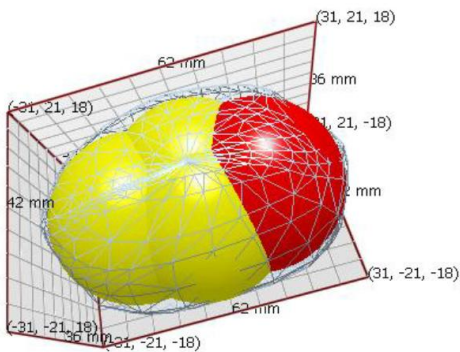
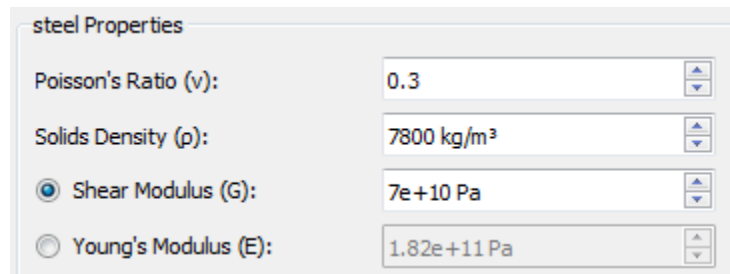


Рисунок 4.9 – Закінчений вигляд моделі

При використанні опції імпортування шаблону маса, обсяг і інерція обчислюються за шаблоном САПР.

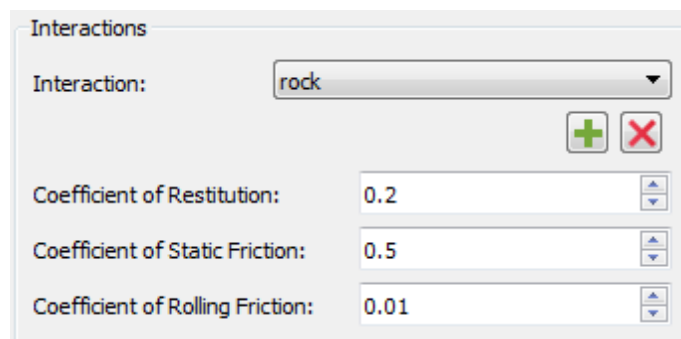
Наступним кроком є додавання обладнання та його матеріалу, яке буде використовуватися в подальшому моделюванні. Модель обладнання була розроблена у програмному середовищі САПР AutoCAD. В розділі властивостей матеріалу встановлені значення, приведені на рис. 4.10.



| steel Properties                                    |             |
|-----------------------------------------------------|-------------|
| Poisson's Ratio (v):                                | 0.3         |
| Solids Density (ρ):                                 | 7800 kg/m³  |
| <input checked="" type="radio"/> Shear Modulus (G): | 7e+10 Pa    |
| <input type="radio"/> Young's Modulus (E):          | 1.82e+11 Pa |

Рисунок 4.10 – Визначенні параметри коефіцієнту Пуассона, щільності твердого тіла та модуля зрушення для обладнання, яке буде додаватись

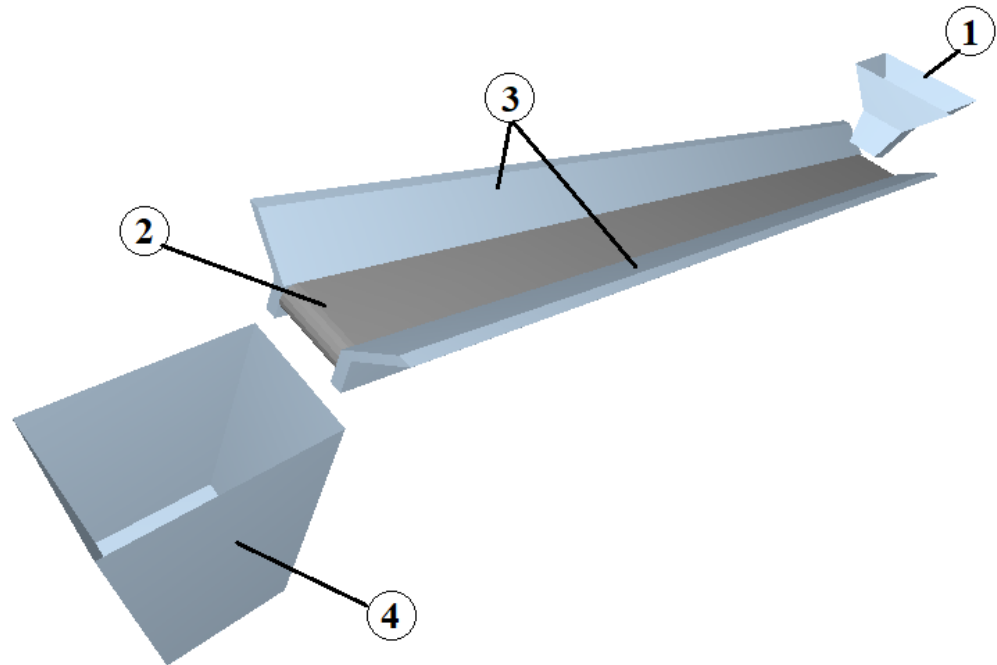
Аналогічно до сферичних частинок визначаємо взаємодію сипучих матеріалів з матеріалами обладнання, та визначаємо відповідні коефіцієнти (рис. 4.11).



| Interactions                     |      |
|----------------------------------|------|
| Interaction:                     | rock |
| + -                              |      |
| Coefficient of Restitution:      | 0.2  |
| Coefficient of Static Friction:  | 0.5  |
| Coefficient of Rolling Friction: | 0.01 |

Рисунок 4.11 – Коефіцієнти визначення взаємодії вугілля з обладнанням

Імпортована модель обладнання складається з п'яти частин: завантажувальний бункер; конвеєрна стрічка; допоміжні бортики, які зберігають вугілля від просипу (дві штуки); розвантажувальний бункер (рис. 5.12).



1 – завантажувальний бункер (живильник); 2 – конвеєрна стрічка;  
3 – допоміжні бортики; 4 – розвантажувальний бункер

Рисунок 4.12 – Імпортована модель ланцюгу транспортування вугілля

Для того, щоб стрічка конвеєра почала рухатись, необхідно задати їй кінематичні параметри (рис. 4.13 – 4.14).

Параметри зображені на рисунку 4.13 присвоюють початкове прискорення стрічки з першої до третьої секунди, яке дорівнює  $1 \text{ м/с}^2$ .

Кінематичний рух, зображений на рисунку 4.14 – це постійна швидкість  $2 \text{ м/с}$ , що починається з третьої секунди.

Specification

Start Time: 1 s

End Time: 3 s

☐ Loop Every: 0 s

Until Time: 9999 s

Initial Velocity: 0 m/s

Acceleration: 1 m/s<sup>2</sup>

Direction

Start:  End:

X: 0 mm 9848.08 mm

Y: 0 mm 0 mm

Z: 0 mm 1736.48 mm

☐ Display Vector

Рисунок 4.13 – Додані кінематичні параметри руху стрічки з прискоренням 1 м/с<sup>2</sup>

Specification

Start Time: 3 s

End Time: 9999 s

☐ Loop Every: 0 s

Until Time: 9999 s

Initial Velocity: 2 m/s

Acceleration: 0 m/s<sup>2</sup>

Direction

Start:  End:

X: 0 mm 9848.08 mm

Y: 0 mm 0 mm

Z: 0 mm 1736.48 mm

☐ Display Vector

Рисунок 4.14 – Додані кінематичні параметри руху стрічки зі швидкістю 2 м/с<sup>2</sup>

Рух стрічки задається початковою і кінцевою точками. Векторна пряма показує напрямок обраного руху (рис. 4.15).

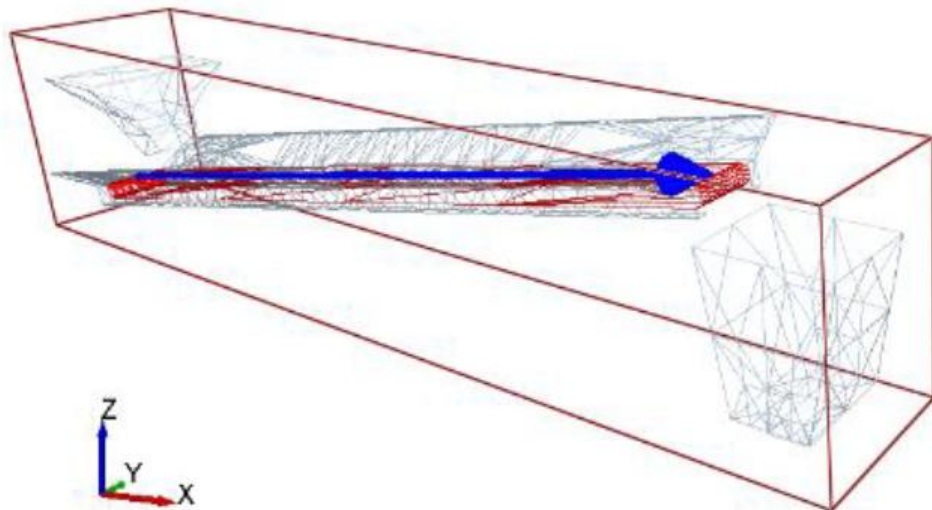


Рисунок 4.15 – Напрямок руху стрічки

Для того, щоб частинки генерувались в необхідній кількості та в необхідному місці, потрібно створити віртуальну пластину, так звану «фабрику частинок». Її використовуються для визначення того, де, коли і як частинки з'являються в моделюванні. Всі фабрики повинні бути визначені «реальні» вони або «віртуальні». Тобто, цей параметр визначає область або обсяг у моделі, яка виробляє частинки та буде повідомляти програмі, чи володіє пластина фізичними властивостями або ні.

Оскільки потрібно, щоб пластина генерувала частинки, тоді необхідно зробити її «віртуальною», так як вона не є фізичною частиною механізму. На рисунку 4.16 зображені параметри пластини – координати розміщення та розміри.

The image shows a software configuration window for a virtual plate. It is divided into two main sections: 'Transform' and 'Rectangle'.

**Transform Section:**

- Reference Space:** Two radio buttons are present. 'Parent' is selected (indicated by a filled circle), and 'Global' is unselected (indicated by an empty circle).
- Position:** Three input fields with up/down arrows:
  - X: 500 mm
  - Y: 0 mm
  - Z: 1500 mm
- Rotation:** Three input fields with up/down arrows, all set to 0 deg:
  - 0 deg
  - 0 deg
  - 0 deg

**Rectangle Section:**

- Number of Edges:** An input field with up/down arrows, set to 4.
- Length Edge A:** An input field with up/down arrows, set to 800 mm.
- Length Edge B:** An input field with up/down arrows, set to 1200 mm.

Рисунок 4.16 – Координати розміщення та розміри пластини, яка генерує частинки

Для проведення моделювання процесу транспортування та пересипу вугілля необхідно задати вхідні параметри для генерації частинок. В цій моделі частинки будуть створюватися зі швидкістю 50 кг в секунду та будуть мати

загальну масу – 500 кг. Також необхідно встановити, щоб частинки генерувалися випадковим чином. Швидкість падіння буде дорівнювати  $-2$  м/с. Знак « $\rightarrow$ » означає, що рух буде відбуватися зверху до низу.

Останнім кроком є визначення оточуючого середовища. А саме, необхідно ввімкнути розділ «Гравітація» та встановити значення –  $-9,81$  м/с у напрямку «Z» (рис. 4.17).

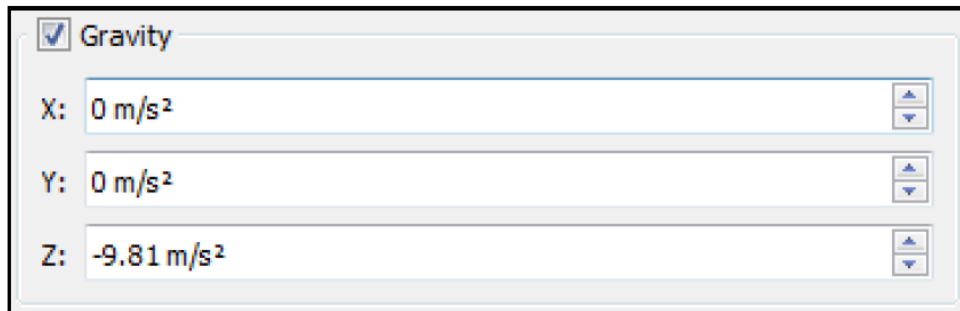


Рисунок 4.17 – Встановлені параметри «гравітації» для моделювання

#### 4.2. Моделювання процесу транспортування та пересипу вугілля в бункер

Спершу необхідно визначити часовий крок для моделювання. Це проміжок часу між ітераціями (розрахунками) в програмі. Значення часового кроку засноване на властивостях матеріалу і зазвичай встановлюється між 20% і 40% автоматично обчисленого тимчасового кроку. У цьому моделюванні використовується часовий крок 0,00015 с (що приблизно дорівнює 19% від загального часу моделювання) – рисунок 4.18.

Час моделювання – це кількість реального часу, за який буде проходити моделювання. Для даної роботи достатньо встановити 10 секунд.

Також, необхідно визначити цільовий інтервал часу, тобто, через який час моделювання програма буде зберігати результат (рис. 4.19).

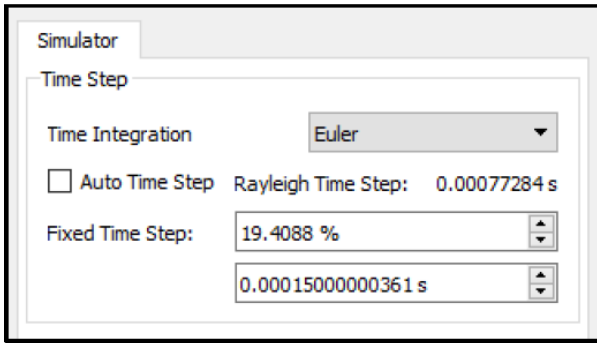


Рисунок 4.18 – Визначений часовий крок моделювання

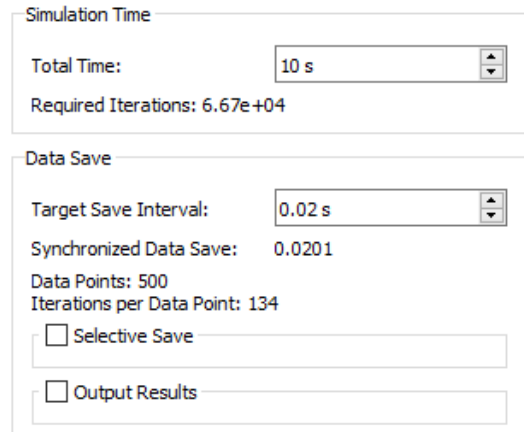


Рисунок 4.19 – Визначений часовий інтервал для моделювання

Чим менший інтервал часу, тим повільніше буде проходити процес моделювання та тим більше буде об'єм зберігаємих даних.

Для оптимізації моделювання використовується «Параметр сітки». Чим більше значення цього параметру, тим точніше буде проходити моделювання та тим більша необхідна потужність обчислювальної машини.

Для даної роботи достатньо встановити значення «параметру сітка» в  $3 R_{\min}$ , де  $R_{\min}$  – найменший радіус частинки моделювання (рис. 4.20).

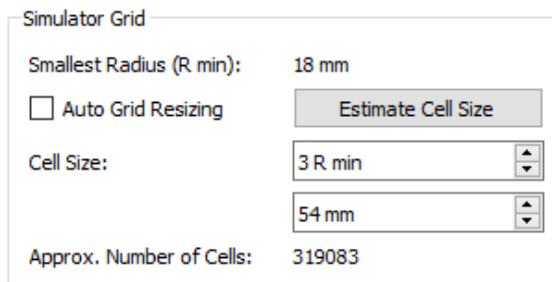


Рисунок 4.20 – Встановлені параметри сітки для подальшого моделювання

Після виконання всіх вищеописаних кроків, необхідно запустити процес моделювання.

## 5. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ Й ПЕРЕСИПУ ВУГІЛЛЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЇ, ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВУГІЛЛЯ В СИСТЕМІ «ЛАВА – ЗБАГАЧУВАЛЬНА ФАБРИКА» ПРАТ «ДМЗ»

### 5.1. Результати моделювання в програмі EDEM

Моделювання процесу транспортування вугілля з конвеєру до бункера проводилося декілька разів. Перший – стінки бункера нічим не футеровані, інші – з прогумованим футеруванням.

Використовуємо функцію «Аналітик» для аналізу результатів моделювання.

Для того, щоб переконатися в тому, що програма генерує випадкові частинки додаємо позначення маси, а для аналізу швидкості транспортування – позначення швидкості (рис. 5.1).

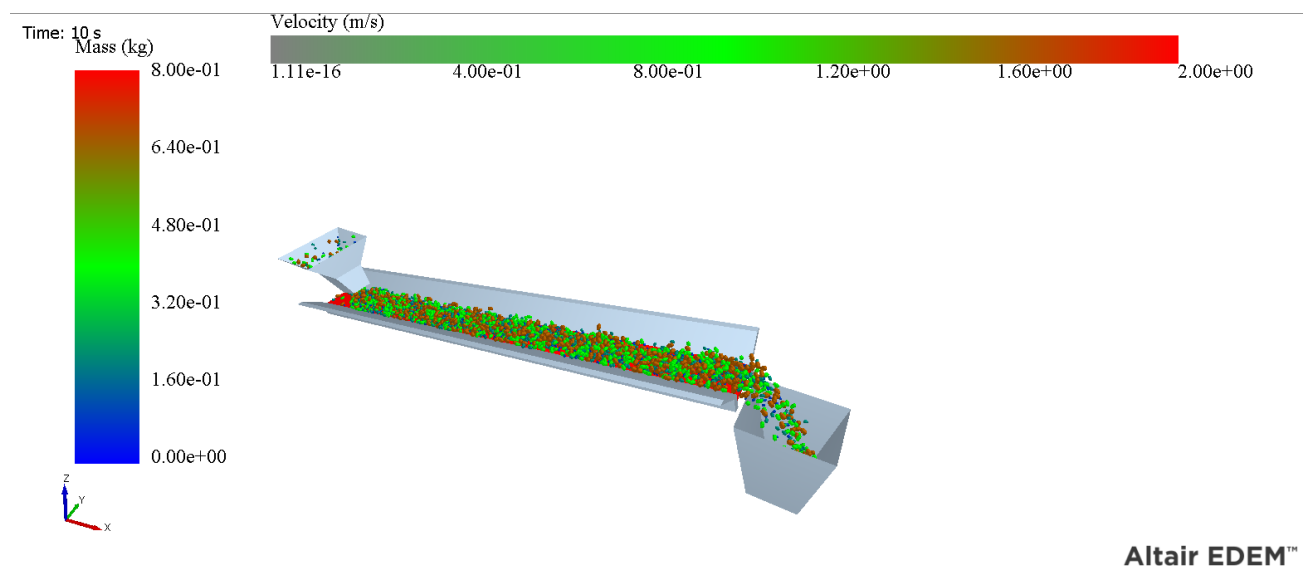


Рисунок 5.1 – Відображення готової моделі

Щоб побачити загальну масу частинок, які падають з кінця конвеєрної стрічки створена спеціальна сітка. Вона допоможе проаналізувати результати.

Дані, зібрані під час моделювання, експортуємо для аналізу. Для цього програма EDEM зберігала кожні 0,01 секунду.

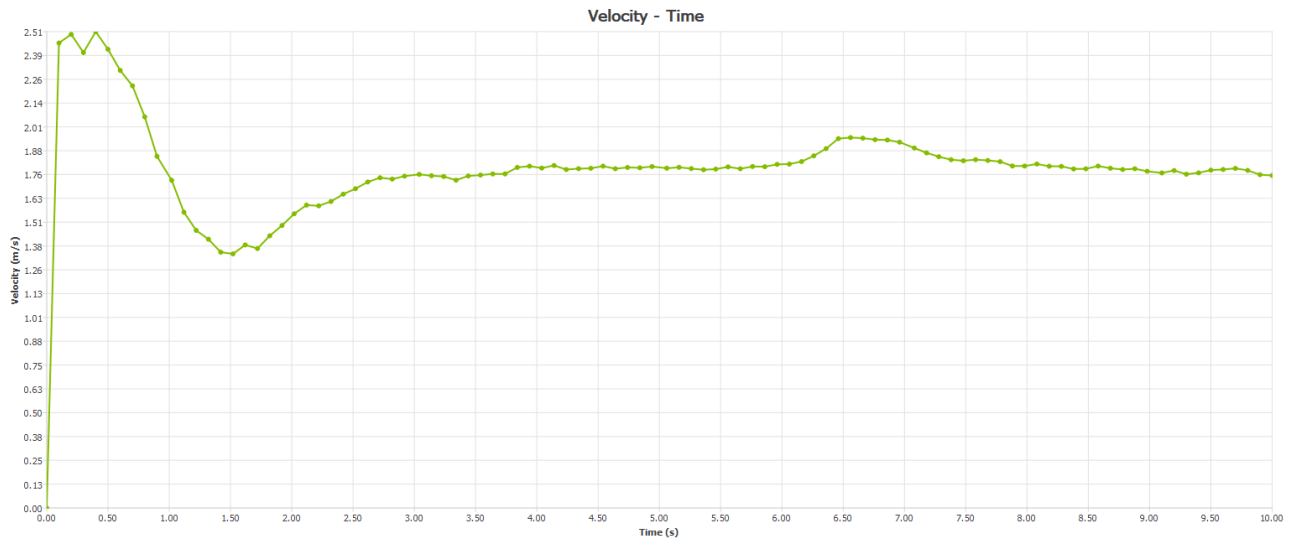


Рисунок 5.2 – Графік залежності швидкості від часу

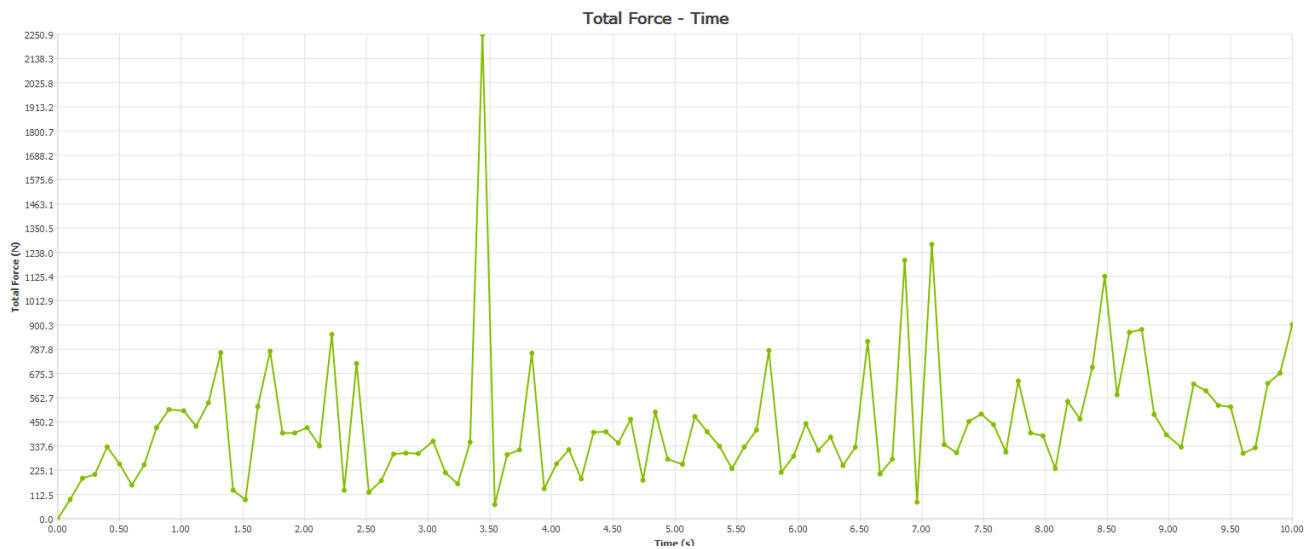


Рисунок 5.3 – Графік залежності сили від часу

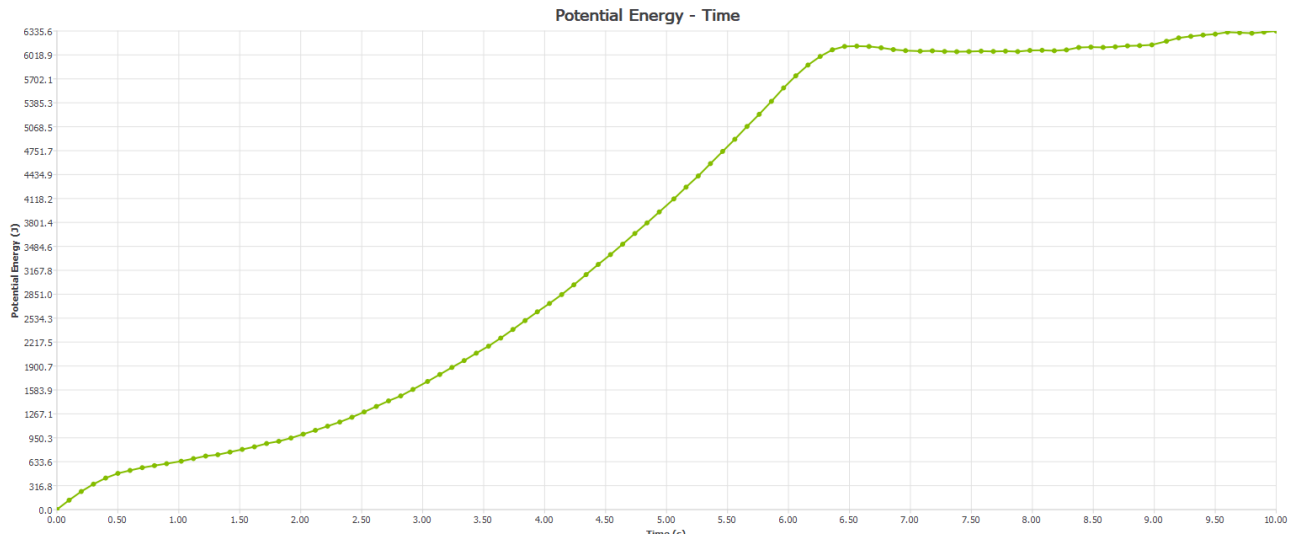


Рисунок 5.4 –Графік витрати потенційної енергії за певний проміжок часу

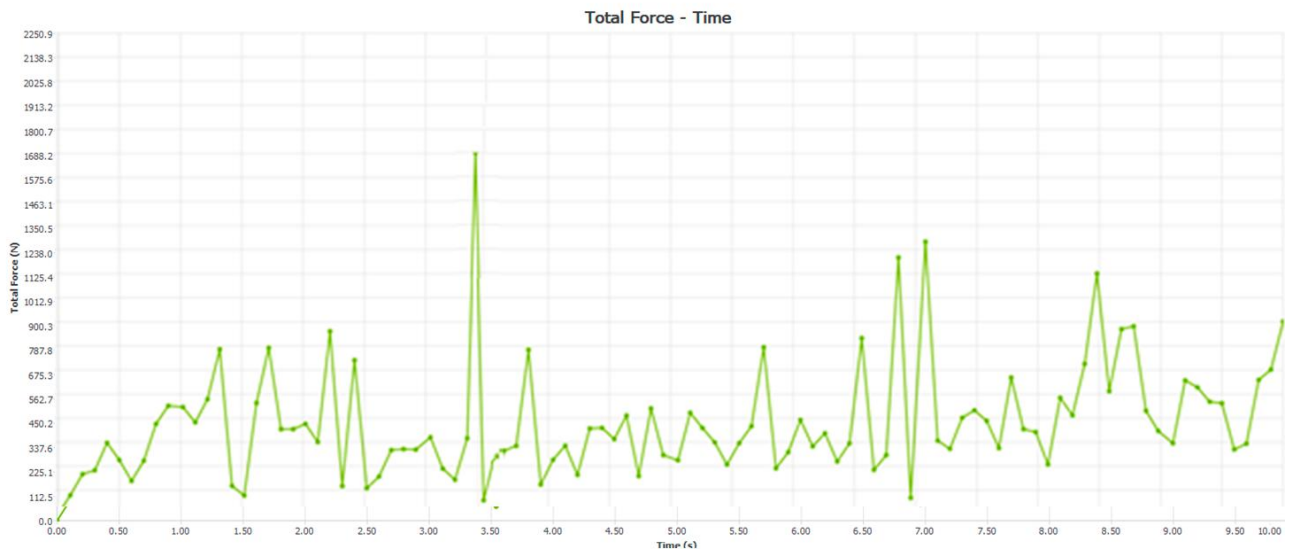


Рисунок 5.5 – Результати моделювання після прогумованого футерування

Приведені вище графіки дозволяють побачити з якою швидкістю частинки вугілля потрапляють на конвеєрну стрічку, транспортуються та пересипаються до бункера (рис. 5.2); з яким навантаженням вони взаємодіють одна з одною та зі стінками бункера (рис. 5.3); потенційну енергію, якої набувають частинки (рис. 5.4).

Результати на рисунку 5.2 показують, що в період з 0,00 до 1,50 секунди вугілля падає на стрічку, з прискоренням 2,51 м/с. З другої секунди стрічка починає рухатися та на 2,7 секунд набігає максимальної заданої швидкості в 3 м/с.

Більш цікавий результат відображає графік залежності сили від часу – рисунок 5.3. Пік на графіку показує, що в момент взаємодії частинки вугілля зі стінкою бункера на 3,5 секунд, на частинку діє навантаження в розмірі  $Q_1 = 2250$  кг/м, внаслідок чого з деякою вірогідністю відбувається дроблення вугілля, що погіршує його сортність.

Графік, зображений на рисунку 5.5 показує, що після футерування стінок бункеру прогумованою основою на вугілля діє навантаження  $Q_2 = 1688$  кг/м. Отже, можемо описати наступну залежність, яка відобразить відсоток, на скільки зменшиться дроблення вугілля:

$$Q_{\phi} = \frac{Q_2 \cdot 100}{Q_1}, \%$$

В результаті отримуємо, що після футерування дроблення вугілля зменшиться на 25%, а отже, покращиться його показник якості – сортність.

## 5.2. Рекомендації, щодо покращення якісних показників вугілля

За результатами роботи пропонується покращити якісні показники вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика» ПРАТ «ДМЗ» нижче приведеними способами.

Згідно з літератури [15] найбільш крихке вугілля відноситься до марок Ж, К, ПС. Відповідно до цього та за результатом проведених моделювань для забезпечення показників сортності вугілля необхідно футерувати стінки

бункеру. Футерування повинно буди з прогумованої основи. Це дозволить зменшити неконтрольоване дроблення вугілля на 25%.

Теоретичне дослідження показало доцільність використання різців з робочою бічною гранню – різці типу ЗРБ2-80л, ЗРБ2-80п. Таким чином отримуємо зниження питомих витрат енергії на руйнування вугілля, яке досягається за рахунок створення в руйнуємому масиві напруги зсуву або розриву вугілля. Це дозволяє покращити показник сортності в 2 рази, аніж при застосуванні стандартних різців комбайну 4LS20.

Для зменшення зольності пропонується використовувати технологію роздільного виймання вугілля в прохідницьких виробках. За рахунок впровадження процесу видобутку можна зменшити зольність вугілля на 25%, що також дозволить збільшити виробничі потужності збагачувальної фабрики та зменшити капітальні та експлуатаційні витрати.

Для контролю вмісту води та отримання необхідних показників рядового вугілля пропонується у перевантажувальній станції № 5 встановити сушильну стрічкову конвеєрну камеру. Це впровадження дозволить тримати відсоток вмісту води у вугіллі на необхідному рівні, а отже – покращити його загальні показники та зменшити навантаження на збагачувальну фабрику.

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Техніка безпеки при виконанні робіт по доставці деталей, вузлів та обладнання в лаву для заміни

Техніка безпеки при виконанні робіт наступна:

1. На ведення постачальних робіт видається конкретний наряд, призначається старший робітник.

2. Перед виконанням постачальних робіт всі особи, задіяні на веденні постачальних робіт, повинні пройти інструктаж з безпечних методів робіт з обов'язкової розписом в ознайомленні.

3. Завантаження та вивантаження обладнання повинні проводитися тільки при вимкненому і заблокованій пусковий апаратурі конвеєра лави, комбайна, зафіксованих кнопках «Стоп». При веденні робіт на сполученні повинен бути вимкнений і заблокований підлавний конвеєр.

4. Конвеєр повинен працювати тільки на малій швидкості.

5. При веденні всіх видів робіт з доставки в якості строп застосовується ланцюг 18×64 мм. При цьому з'єднання ланцюга допускається за допомогою ланки типу СП-87 на болтове з'єднання М20. При доставці особа технічного нагляду ділянки контролює виконання робіт зі стропування: строповка проводиться відповідно до керівництвом по експлуатації обладнання. Число точок підвіски вантажу повинно забезпечувати його рівномірну підвіску. Забороняється використання при доставці розрізних півкілець.

6. Знаходження людей між пунктами навантаження і розвантаження категорично забороняється (крім робочих, виділених гірничим майстром для спостереження за рухом обладнання по лаві, які повинні знаходитися в «кишенях» секцій кріплення у переговорних пристроїв).

7. Категорично забороняється пропускати обладнання під комбайном.

8. При веденні постачальних робіт в зоні ведення робіт по доставці заборонено виконання інших видів робіт.

9. Під час ведення постачальних робіт МГВМ повинен перебувати у комбайна, поруч з пультом управління.

10. Команду на виконання інших видів робіт (окрім доставки) дає старше особа нагляду в зміні, переконавшись, що люди знаходяться в безпечних місцях, обладнання на конвеєрі відсутня.

11. Вантажопідйомність застосовуваних засобів механізації, пристроїв для стропування і т.д. повинна перевищувати вагу транспортованого обладнання.

12. Відповідальність за безпечне ведення робіт в зміні несе нагляд ділянки, а безпосередньо виконавці робіт - в межах свого робочого місця.

## 6.2. Техніка безпеки при експлуатації стрічкових конвеєрів

1. Управління конвеєром дозволяється тільки особам, які мають посвідчення на право керування автоматизованими конвеєрними лініями (конвеєрами). Передача управління іншим особам забороняється.

Працювати без свідоцтва дозволяється тільки в період навчання в присутності інструктора, відповідального за роботу учнів і за дотримання правил безпеки та справність конвеєра.

2. При експлуатації конвеєра повинні дотримуватися всі вимоги правил безпеки при експлуатації стрічкових конвеєрів.

3.Приводніе, натяжні, кінцеві станції стрічкових конвеєрів повинні бути огорожені, а також встановлена блокування при знятті огороження.

4. Всі кришки апаратів повинні бути опломбовані.

5. Біля пульта управління конвеєром повинні бути вивішені «Схема електрична принципова конвеєра», таблиця із зазначенням основних

несправностей та неприпустимих режимів роботи і таблиця з умовними кодовими сигналами.

6. Управління конвеєром в режимі місцевого управління допускається тільки в крайньому випадку і при ремонтному огляді за умови постійної присутності у приводу конвеєра відповідальної особи (оператора), що має право на управління конвеєром.

7. З метою попередження нещасних випадків категорично забороняється: експлуатація конвеєра за відсутності необхідної кількості протипожежних засобів (вогнегасники, ящики з піском ін.); управління конвеєром і виробництво ремонтних і налагоджувальних робіт особами, які не мають на те відповідного дозволу та права; їзда людей на конвеєрній стрічці; перехід через рухоми стрічку в не пристосованих для цих цілей місцях; виробництво всілякого ремонту та обслуговування електричної і механічної частини при працюючому конвеєрі; додавання, заміна або перевірка масла в механізмах при працюючому конвеєрі; робота конвеєра при наявності несправності окремих механізмів електричних апаратів та заземлення; робота конвеєра при порушенні справності електричної системи і стану вибухобезпеки електрообладнання; навмисне порушення блокувань шляхом установки перемичок штучного фіксування кнопок, реле і їх контактів; тимчасове порушення пломб і налаштувань реле швидкості, без занесення в вище зазначений спеціальний журнал проведених змін, із зазначенням прізвища, імені, займаної посади і підпису особи, яка змінила налаштування або віддав відповідне розпорядження; зняття кришок електричних апаратів, що мають неіскробезпечний ланцюг, до попереднього зняття силового харчування і виміру концентрації газу метану; експлуатація конвеєра при порушенні роботи захистів і сигналізації конвеєра; робота конвеєра при незадовільному стані стрічки, відсутності центрування на барабанах і підтримують роликах; робота конвеєра при заштибованих барабанах

і ролюкогірляндах, а також завалі стрічки транспортуються матеріалом; робота конвеєра при недотриманні зазорів, які відповідають вимогам ПБ;

При виконанні робіт з ремонту та обслуговування, усунення несправностей і порушень слід відключити і заблокувати пускачі, а на їх рукоятки помістити щиток з попереджувачим написом «Не включати! Працюють люди!».

При веденні робіт по зачистці конвеєрної ланцюжка:

- якщо зачистка виробляється в районі кінцевої, натяжна або приводної станції і на відстані 20 м від них - конвеєр повинен бути вимкнений і заблокований весь час ведення робіт по зачистці.

- якщо зачистка виробляється на лінійній частині конвеєра, на відстані далі 20 м від приводної, натяжна або кінцевий станції, зачистка може проводитися при працюючому конвеєрі, але при цьому має бути встановлено захисну огорожу в місці ведення робіт по зачистці, збоку конвеєра і з боку нижньої гілки [18].

Конвеєрна установка повинна бути негайно зупинена при виявленні таких несправностей:

- порушені або зняті передбачені конструкцією конвеєра огорожі;
- нехарактерний шум і стукіт в редукторах приводу; пошкодження стикового з'єднання стрічки;
- наявність пошкодження стрічки, яке може стати причиною аварії;
- пробуксовка стрічки на приводних барабанах;
- ослаблення натягу стрічки до значення, менше допустимого за умовою відсутності пробуксовки; зрив футеровок з приводного або притискного барабанів стрічкових конвеєрів;
- збігання стрічки на ролюкоопорах або барабанах до торкання нею нерухомих частин стрічкового конвеєра і інших предметів;

- заштибовки перевантажувального пункту;
- поява диму мулу запаху палаючої стрічки;
- відсутність або несправність теплового захисту гідромуфти;
- відсутність двох або більше суміжних роликів на суміжних опорах;
- незатягнуті болти і несправні безболтові з'єднання.

### 6.3. Маршрут руху людей у вибій

Доставка людей в забій здійснюється з проммайданчику головного стовбура по допоміжному стовбуру в навколостовбурний двір гор.593 м. Далі люди рухаються по маршруту виробки пішки:

- Маршрут 1 на вентиляційний штрек 3 південної лави блоку 7 (2 південний конвеєрний штрек блоку 7):

Далі проводиться механізована доставка за допомогою підвісної дізелевози за наступними маршрутами:

- на відкаточному штреку блоку 5-7 люди сідають в карети дизельної дороги і сліднують по маршруту:
- повітреоподавальний ходок блоку 7;
- заїзд на вентиляційний штрек 3 південної лави блоку 7 (2 південний конвеєрний штрек блоку 7);
- вентиляційний штрек 3 південної лави блоку 7 (2 південний конвеєрний штрек блоку 7).
- повітреоподавальний ходок блоку 7 (580 м), вентиляційний штрек 3 південної лави блоку 7 (2 південний конвеєрний штрек блоку 7) (1600м) ( $2180/60 \text{ м/хв} = 37 \text{ хв}$ ).

Разом витраченого часу: 55 хвилин.

- Маршрут 2 на 3 південний конвеєрний штрек блоку 7:

Далі люди сідають в каретки і їдуть в каретках підвісного дізелевози і сліднують по маршруту:

- повітреоподавальний ходок блоку 7;
- 3 південний конвеєрний штрєк блоку 7;
- повітреоподавальний ходок блоку 7 (625 м), 3 південний конвеєрний штрєк блоку 7; (1780м) ( $2405/60 \text{ м/хв} = 40 \text{ хв}$ ).

Разом витраченого часу: 58 хвилин.

Рух людей на поверхню в зворотному порядку. В аварійних ситуаціях люди повинні рухатися по маршруту, передбаченому планом ліквідації аварії під керівництвом старшого в зміні.

#### 6.3.1. Техніка безпеки при пересуванні людей до робочого місця

1. Після виходу з кліті робітник повинен слідувати до робочого місця за передбаченим маршрутом.

2. При русі робочих гірничими виробками вони зобов'язані пересуватися по стороні вироблення, призначеної для проходу людей.

3. Пересуваючись по відкатувальним виробках, робітник не повинен слідувати по рейковому шляху.

4. При наближенні поїзда робітник повинен зупинитися біля стінки вироблення з боку проходу людей і пропустити склад.

5. Забороняється проходити між вагонетками складу або перелазити через них. Переходити через конвеєр дозволяється тільки за перехідних містках.

6. Строго забороняється ходіння людей по похилих виробках під час провадження у них постачальних робіт.

7. Забороняється проїзд людей на електровозах, вагонетках, платформах (майданчиках), на конвеєрах та інших транспортних засобах, не призначених для перевезення людей.

8. Забороняється пересування людей у виробках, не передбачених для пересування людей.

9. Пересування людей транспортними засобами вантажного виконання забороняється.

10. Забороняється пересування людей у виробках, не передбачених для пересування людей [19].

#### 6.3.2. Пересування людей по лаві

Пересування людей по лаві повинно здійснюватися тільки «в кишенях» між стійками механізованого кріплення і конвеєром лави або між стійками механізованого кріплення. При пересуваннях в «кишенях» забороняється виставляти голову та інші частини тіла в сторону борту конвеєра (на рівні консолі).

Пересування по конвеєру і у забою заборонено!

Рух на поверхню - в зворотному порядку.

У разі аварії - рух на поверхню - відповідно до «Плану ліквідації аварії».

#### 6.3.3. Ведення постачальних робіт за допомогою дизелевозної доставки

За 100 м до стрілочного перевodu машиніст знижує швидкість до 3 км/год. За 30 м до стрілочного перевodu повинен бути вивішений попереджувальний знак. Машиніст візуально визначає в якому становищі знаходиться стрілочний перевід. Якщо СП не повернуть в сторону маршруту руху, то за 5 м до стрілочного перевodu машиніст знижує швидкість до 0 зупиняє і загальмовує склад. Після повної зупинки складу супроводжуючий постачальник, вручну переводить стрілочний перевід в потрібне положення, потім відходить зі шляху проходження потягу. Доставщик супроводжує склад пішки на відстані 5-10 м

від крайньої рухається каретки складу з боку проходу для людей. Машиніст подає звуковий сигнал до початку руху і на швидкості до 3 км/год. проїжджає через стрілочний перевід. Потім зупиняється для посадки супроводжуючого до складу. Після подачі звукового сигналу продовжує рух за маршрутом.

У тому випадку, якщо стрілочний перевід знаходиться в потрібному положенні, тобто відповідає маршруту руху, зупинка дизелевози не потрібно, проїзд через переклад здійснюється на швидкості не більше 3 км/год [20].

#### 6.3.4. Ведення вантажно-розвантажувальних робіт

1. Вантажно-розвантажувальні роботи виконує ланка гірників в складі не менше двох осіб, під керівництвом старшого робітника (ланкового) і гірського майстра ділянки, відповідального за ведення робіт з доставки.

2. Перед початком ведення робіт ланка гірників перевіряє справність допоміжних механізмів, сигналізації, стрілочних переводів та цілісність дизельного шляху.

3. Порожній склад подається до місця навантаження або роз'їзду.

4. Робітники, зайняті на вантаженні, формують вантажний поїзд. Локомотив ставиться на гальмо.

5. У міру готовності складу, проводиться завантаження устаткування і матеріалів. Навантаження проводиться з використанням механічних і гідравлічних пристроїв для навантаження устаткування.

6. Після закінчення вантажних робіт машиніст дизелевози і помічник перевіряють склад в частині надійності з'єднання штанг з каретками, підвіску вантажів.

7. Машиніст, після огляду дороги, приступає до доставки вантажів до місця призначення, відповідно до наряду. Локомотив знаходиться в голові поїзда, гальмівні каретки - в хвості.

8. Наступні операції по навантаженню і комплектуванню поїзда дизельної дороги здійснюються в описаній вище послідовності.

#### 6.4. Знепилювання повітря в підготовчих виробках

Для зниження запиленості повітря при проведенні підготовчих виробок необхідно:

- передбачати схему провітрювання, при якій виключається надходження пилу з сусідніх діючих вибоїв (на пластах з невисокою категорією пильності допускається провітрювання виходить з очисної вироблення вентиляційним струменем за умови її очищення і виключення суміщення робіт);

- застосовувати управління забійними машинами з пунктів, розташованих на свіжому струмені або поза зоною основного пилового потоку (зокрема, при нагнітальній схемі провітрювання вентиляційна труба повинна розташовуватися з боку пульта управління комбайном, вантажної машини і т. п.);

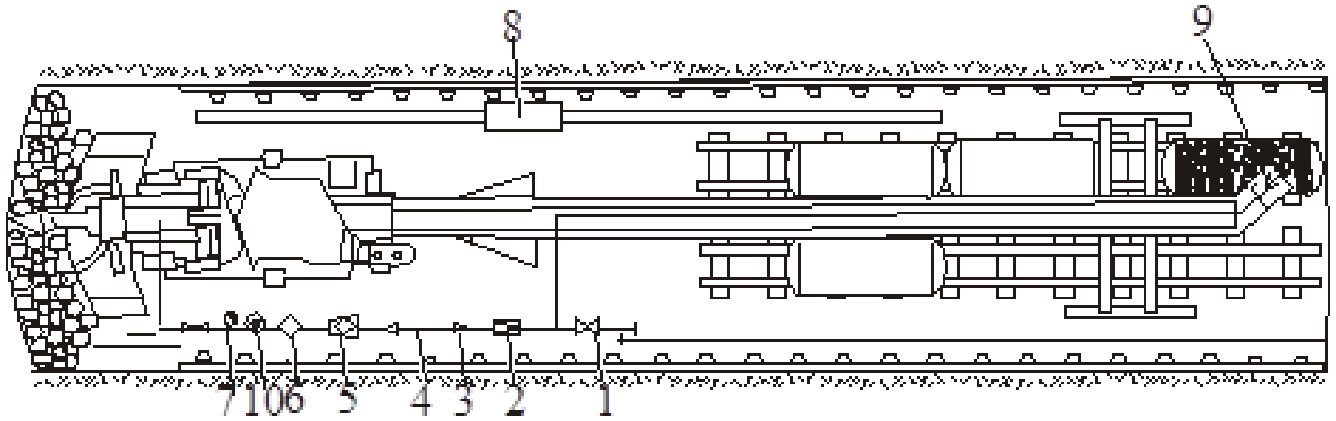
- передбачати мінімальну кількість пунктів перевантаження відбитої гірської маси;

- забезпечувати провітрювання з оптимальною по пиловому фактору швидкістю руху повітря 0,4 – 0,75 м/с .

При проведенні виробок комбайнами застосовуються засоби пилоподавлення на пластах з високою категорією пилу. Прохідницькі комбайни комплектуються пиловловлювачами або автономними пиловловлюючими установками (рис. 6.1).

При застосуванні автономних пиловловлюючих установок провітрювання тупикової підготовчої виробки може бути нагнітально-всмоктувальне і всмоктувальне. Всмоктувальне провітрювання допускається застосовувати у виробках не газових шахт, нагнітально-всмоктувальне провітрювання з використанням автономних пиловловлюючих установок може бути застосоване

в шахтах будь-якої категорії по метану, крім виробок, небезпечних по раптових викидах вугілля і газу і суфлярам.



1 – вентиль фланцевий; 2 – клапан редукційний; 3 – перехідник; 4 – рукав напірний; 5 – фільтр штрековий; 6 – дозатор змочувача; 7 – манометр;  
8 – пиловловлювач; 9 – водяна завіса; 10 – форсунка

Рисунок 6.1 – Технологічна схема знепилювання в забої з комбайновою проходкою

Обмивання водою або водним розчином змочувача вибою і вироблення на відстані не менше 20 м від вибухають зарядів повинна проводитися за 20-30 хв до підривання. У виробках шахт, небезпечних по газу і пилу, заходи по боротьбі з пилом повинні застосовуватися в обсязі і порядку, обумовлених «Єдиними правилами безпеки при вибухових роботах»

## ВИСНОВКИ

Відповідно до завдання магістерської роботи на основі теоретичних досліджень та сучасних програмних продуктів дискретного моделювання були розроблені рекомендації щодо покращення якісних показників вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика» ПРАТ «ДМЗ». Визначено, що на теперішній час проблема покращення якісних показників вугілля, таких як сортність, зольність та вологість, є актуальною. Визначені основні характеристики шахтоуправління «Покровське» та збагачувальної фабрики «Свято-Варваринської».

Для правильного визначення напрямів дослідження проаналізовані вузькі місця у роботі ПРАТ «ДМЗ».

Проведено аналіз засобів механізації, транспортного ланцюга вугілля в системі «лава – збагачувальна фабрика» та визначені шляхи покращення якісних показників вугілля, а саме: впровадження технологічної схеми проведення виробок з роздільною виїмкою вугілля, футерування вугільних бункерів, вибір типів різців очисного комбайну та впровадження технології сушіння вугілля.

Обрані напрями підвищення показників – покращення сортності, зменшення зольності та контроль вологи.

Завдяки сучасним програмним продуктам – програма для проведення моделювань методами дискретних елементів EDEM, зроблено модель процесу транспортування та пересипу вугілля з конвеєру в бункер з нефутерованими стінками та з футеруванням прогумованою основою.

За результатами проведених моделювань для забезпечення показників сортності вугілля необхідно футерувати стінки бункеру прогумованою основою. Це дозволить зменшити неконтрольоване дроблення вугілля на 25%.

Результати теоретичного дослідження показало доцільність використання різців з робочою бічною гранню – різці типу ЗРБ2-80л, ЗРБ2-80п на виконавчому органі комбайну. Результатом виступає зниження питомих витрат енергії на руйнування вугілля, яке досягається за рахунок створення в руйнуємому масиві напруги зсуву або розриву вугілля. Це дозволить зменшити дроблення вугільної маси в 2 рази та отримати кращу сортність вугілля.

Для зниження зольності необхідно впровадження технології селективного видобутку вугілля. За рахунок цього можна зменшити зольність вугілля на 25%.

Для контролю вологи та отримання необхідних показників рядового вугілля запропоновано у у перевантажувальній станції № 5 на конвеєрі поз. 106 та 107 встановити сушильну стрічкову конвеєрну камеру. Це впровадження дозволить отримувати необхідний відсоток вологи вугілля, а отже покращити загальні показники вугілля та зменшити навантаження на збагачувальну фабрику.

Розглянуті питання щодо технології ведення робіт та техніки безпеки при експлуатації обладнання.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Донецький металургійний завод [Електронний ресурс] // URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Донецький\\_металургійний\\_завод](https://uk.wikipedia.org/wiki/Донецький_металургійний_завод) (дата звернення: 02.03.2021).
2. Шевченко Н.П. Робочий проект будівництва збагачувальної фабрики // Луганськ, 2009.
3. Яцких В.Г., Кутовой В.І. Сортность угля при работе выемочных машин и пути ее увеличения // М. Госгортехиздат, 1962. – 163 с.
4. Герасименко О.Ю. Петряев М.В. та ін. Вплив мікроструктури поверхні на ударну поведінку дрібних частинок в різних ситуаціях // «Машинобудування і машинознавство», ст., Покровськ: ДонНТУ, 2020. – с. 4-11.
5. Бойко Н.Г., Марков Н.А. Формирование гранулометрического состава угля при добыче его очистными комбайнами // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 27, серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк; Донату, 2001. – с. 35-64.
6. Полякова Ю.П., Герасименко О.Ю. Дослідження ударної поведінки частки при взаємодії з підкладкою методом кінцевих елементів // «Машинобудування і машинознавство», ст., Покровськ: ДонНТУ, 2020. – с. 27-36.
7. Бойко Є.М. Особенности формирования гранулометрического состава угля при разрушении пластов сложного строения комбайнами // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 51, серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк; ДонНТУ, 2002. – с. 17-21.
8. Апраксин А.А. Физика угля // М. Недра, 1965. – 352 с.
9. Бойко М.Г., Марков М.О. Різець гірничої машини // Патент на винахід. E21C25/38. Опубл. В бюл. № 4, 2002.

10. Влияние золы и влаги на теплоту сгорания угля [Электронный ресурс] // URL: <http://uusb.ru/product/coal/ash-and-moisture.html> (дата звернения: 22.03.2021).
11. Бойко Є.М. Сортность угля, добытого очистными комбайнами и пути ее повышения // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 14 (127). – Донецьк; ДонНТУ, 2007. – с. 17-27. УДК 662.22.71.
12. Эванс Джеймс, Р. Управление качеством: учеб. пособие для студентов вузов; пер. с англ. под ред. Э. М. Короткова // М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 671 с.
13. Толкацер Д.Я. Цена и качество угольной продукции // М.: Недра, 1982. – 200 с.
14. Фрейдина, Е. В. Основы управления качеством добываемых углей в контексте международных стандартов ISO 9000-2000 // Физико-технологические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2008. – № 6. – С. 67–85.
15. Направления инновационных решений по повышению качества углей в рыночных условиях [Электронный ресурс] // URL: <https://articlekz.com/article/5993> (дата звернения: 10.04.2021).
16. Hindistan, M. Geostatistical coal quality control in longwall mining // International journal of coal geology. – 2010. – № 81. – pp. 139–150.
17. Méndez, A. A Discussion on Current Quality-Control Practices in Mineral Exploration. Applications and Experiences of Quality Control // ISBN: 978-953-307-236-4, InTech, DOI: 10.5772/14492. (2011). pp. 595–610. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.intechopen.com/books/applications-and-experiences-of-quality-control/a-discussion-on-current-quality-control-practices-in-mineral-exploration> (дата звернения: 18.04.2021).

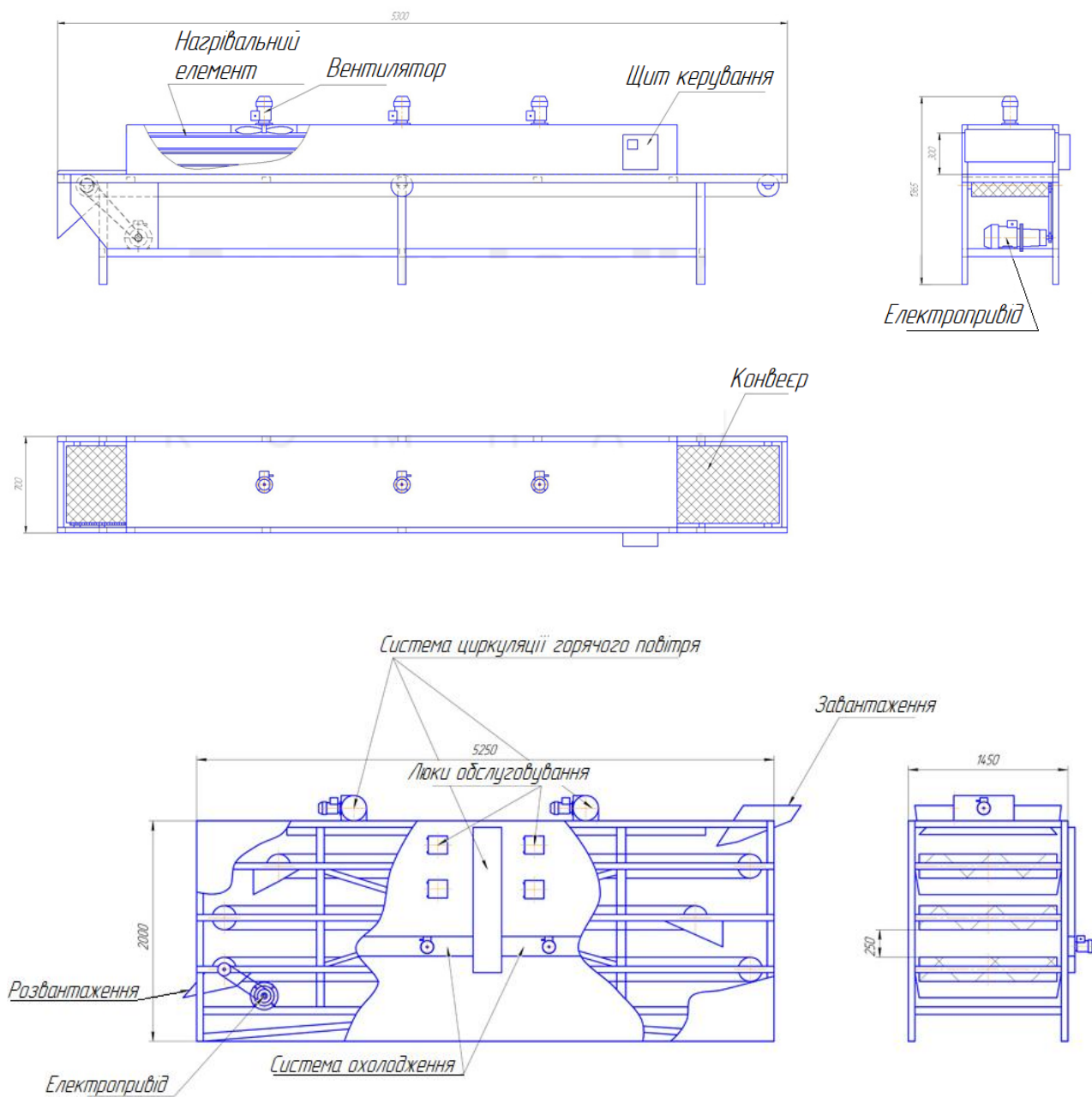
18. Батугин, С.А. Зольность как фактор управления качеством угля при разработке сложноструктурных месторождений // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2014. – № 1. – Т. 1. – с. 56-62.

19. Хоютанов, Е.А. Управление зольностью углей сложноструктурных пластов при ведении открытых горных работ // Горный информационно-аналитический бюл. – 2016. – № 8. – Спец. вып. № 21. – С. 163–171.

20. Хоютанов Е.А. Обоснование резервов совершенствования процессов управления зольностью угля при разработке сложноструктурных месторождений // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Якутск, 2016.

## ДОДАТОК А

## Складальне креслення конвеєрної сушильної камери



## ДОДАТОК Б

Паспорт кріплення і управління покрівлею при відпрацюванні 3-й південній  
панелі блоку 7

## ДОДАТОК В

Схема транспорту виїмкової ділянки 3 південної лави блоку 7