

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: «Підвищення якості щебеневої продукції в умовах ТОВ «Ресурс
Трейдинг Україна»

Виконав: студент(ка) 4 курсу,
групи РР-51
спеціальності 184 «Гірництво»,
освітньо-професійна програма:
«Гірництво»

Виконавець: Супрунчук А.О.

Керівник: Башинський С.І.

Рецензент: Панасюк А.В.

Житомир – 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення:

Кафедра:

Освітньо-кваліфікаційний рівень:

Спеціальність:

Освітня програма

Гірничої справи, природокористування та будівництва
Гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

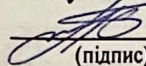
бакалавр

184 «Гірництво»

«Гірництво»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри


(підпис)

Башинський С.І.
(Прізвище та ініціали)

“13” березня 2025 р.

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

Супрунчук А.О.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Підвищення якості щебеневої продукції в умовах ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна»

Керівник роботи

Башинський С.І.

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

затверджені наказом ректора Житомирської політехніки від “13” 05”
2025 р. №757/с

2. **Строк подання студентом роботи:**

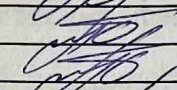
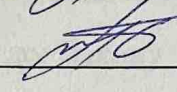
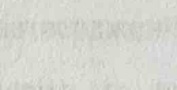
3. **Вихідні дані до роботи:** Оперативні показники ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна»; Нормативно-технічна документація — ДСТУ Б В.2.7-75:1998, ДСТУ Б В.2.7-204:2009, EN 12620:2008+A1; Геолого-структурна модель Пекарщинського родовища гранітів; Фізико-механічні характеристики корисної копалини; Якісні параметри щебеневої продукції.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):** Розрахунково-пояснювальна записка містить аналіз геолого-технічних умов Пекарщинського родовища, організацію видобутку та переробки гранітної сировини на підприємстві ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна». Основну увагу зосереджено на оптимізації технологічного процесу дроблення для підвищення якості щебеневої продукції, що підтверджено техніко-економічними розрахунками ефективності запропонованих рішень.

5. **Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):** Зведено-суміщений план гірничих виробок ТОВ «Граніт-Резерв»; План розвитку гірничих робіт на 2025 рік по Пекарщинському родовищу гранітів; Паспорт відпрацювання розкривного та видобувного уступу; План дробарно-сортувального заводу ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна»; Схема

виробництва щебеню прийнята за умов ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна»; Порівняння техніко-економічних показників роботи підприємства».

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Башинський С.І.		
Розділ 2	Башинський С.І.		
Розділ 3	Башинський С.І.		
Розділ 4	Башинський С.І.		
Графічні додатки	Башинський С.І.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

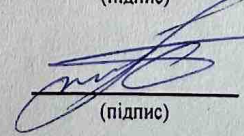
№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання та затвердження завдання, формування структури роботи	01.01.2025 – 10.01.2025	
2	Збір і аналіз вихідних даних (геолого-технічна інформація, нормативи, показники підприємства)	11.01.2025 – 25.01.2025	
3	Розробка Розділу 1: Геологічна будова та характеристика сировинної бази	26.01.2025 – 10.02.2025	
4	Розробка Розділу 2: Організація гірничих робіт і технологія переробки	11.02.2025 – 01.03.2025	
5	Розробка Розділу 3: Охорона праці та екологія	02.03.2025 – 12.03.2025	
6	Розробка Розділу 4: Техніко-економічні розрахунки та ефективність оптимізації	13.03.2025 – 01.04.2025	
7	Формування вступу, висновків, списку джерел	02.04.2025 – 07.04.2025	
8	Підготовка графічного матеріалу (креслення, схеми, таблиці)	08.04.2025 – 18.04.2025	
9	Попередня перевірка роботи науковим керівником, внесення правок	19.04.2025 – 30.04.2025	
10	Остаточне редагування, оформлення, підготовка до захисту	01.05.2025 – 10.05.2025	
11	Подання роботи на кафедру	До 15.05.2025	

Студент


(підпис)

Супрунчук А.О
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Башинський С.І
(прізвище та ініціали)

Я, Супрунчук А.О., цим засвідчую, що представлена до захисту бакалаврська робота на тему: «Підвищення якості щебеневої продукції в умовах ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна» виконана на основі власних наукових досліджень. Текст не містить доробку інших дослідників без відповідних посилань на їх праці.

Я попереджена про те, що у разі виявлення фактів порушення мною академічної доброчесності буду недопущений до захисту, а в разі отримання диплому – буду позбавлений його відповідно до: Закону України «Про освіту», Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку скасування рішення про присудження ступеня вищої освіти та присвоєння відповідної кваліфікації» та Положення про академічну доброчесність та етику академічних взаємовідносин в Державному університеті «Житомирська політехніка».

«10» 06 2025 р.



(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ПЕКАРЩИНСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАНІТІВ.....	10
1.1. Геологічна будова родовища	10
1.2. Якісна характеристика граніту Пекарщинського родовища	12
1.3. Підрахунок запасів корисної копалини	13
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ ТА ПЕРЕРОБКИ ГІРНИЧОЇ МАСИ НА ЩЕБІНЬ	15
2.1. Загальні відомості про підприємство	15
2.2. Технологія отримання сировини для виробництва щебеню	15
2.2.1. Система розробки родовища та календарні плани робіт	15
2.2.2. Організація розкривних робіт	18
2.2.4. Організація видобувних робіт.....	18
2.2.5. Організація відвальних робіт	21
2.2.6. Організація водовідведення та допоміжних робіт.....	21
2.3. Організація схеми дроблення гірничої маси.....	22
2.3.1. Номенклатура та якісна характеристика продукції.....	22
2.3.2. Технологічна схема дробарно-сортувального комплексу.....	24
2.3.3. Крупне дроблення	27
2.3.4. Середнє дроблення.....	32
2.3.6. Кінцеве дроблення.....	37

					ГТТБ.ДП25.184.19.ЗМ.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Студент		Супрунчук			Зміст			Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник		Башинський								
Кер.розд.		Башинський								
Н. Контр.		Башинський								
Зав.каф.		Башинський								
					Житомирська політехніка					

2.3.7. Організація класифікації щебеневої продукції	45
РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОРГАНІЗАЦІЮ ОХОРОНИ ПРАЦІ	52
3.1. Загальні положення та організація системи охорони праці	52
3.2. Охорона навколишнього середовища.....	54
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА ТА АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ РІШЕНЬ	57
4.1. Розрахунок витрат на сировинне забезпечення.....	57
4.2. Розрахунок фідрахувань у фонд заробітної плати та супутніх видатків	58
4.3. Калькуляція витрат на забезпечення виробництва електроенергією	60
4.4. Розрахунок витрат на виконання вантажно-транспортних робіт	62
4.5. Розрахунок витрат на ремонт та технічне обслуговування основного виробничого устаткування.....	62
4.6. Розрахунок доходу від реалізації продукції.....	68
4.7. Розрахунок собівартості виробництва продукції та калькуляція ТЕП	68
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	73

					ГТТБ.ДП25.184.19.3М.ПЗ	Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ГТТБ.ДП25.184.19.ВС.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Студент	Супрунчук				Вступ			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Башинський									
Кер.розд.	Башинський							Житомирська політехніка 101-й військовий		
Н. Контр.	Башинський									
Зав.каф.	Башинський									

змодельовано вплив геометричних параметрів камери дроблення на лещадність і вміст надкрупних зерен, розраховано економічний ефект від упровадження альтернативного футерування та скоригованих параметрів CSS.

Об'єктом дослідження є технологічний процес дроблення та класифікації гранітної гірничої маси на ДСЗ підприємства, а предметом — сукупність конструктивних і режимних факторів кінцевої стадії дроблення, що визначають показники якості готової продукції. Методологічну основу становлять порівняльний аналіз нормативних вимог, статистична обробка результатів промислових випробувань, числове моделювання контактних напружень у зоні дроблення та класичні методи техніко-економічних розрахунків.

Наукова новизна роботи полягає в адаптації концепції до умов середньотоннажного українського виробництва щебеню, що передбачає вибір раціонального профілю футерування, здатного забезпечити рівномірний знос і стабільну робочу щілину протягом повного циклу експлуатації. Практичне значення підтверджено розрахунками: очікуване збільшення чистого прибутку підприємства становитиме $\approx 1,88$ млн грн на рік, а рентабельність зросте з 3,39 % до 3,81 %.

Структурно пояснювальна записка складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. У першому розділі наведено геолого-технічну характеристику Пекарщинського родовища; у другому — проаналізовано організацію гірничих робіт і детально описано трьохстадійну схему дроблення; третій розділ присвячено питанням безпеки праці та екологічного супроводу; у четвертому викладено результати техніко-економічної оцінки запропонованих заходів. Така логічна послідовність дозволяє послідовно від обґрунтування сировинної бази перейти до оптимізації технологічних параметрів і, зрештою, — до підтвердження економічної доцільності впроваджених рішень.

Отже, актуальність теми зумовлена синергією інженерного та економічного чинників: підвищення якості щебеневої продукції відповідає сучасним будівельним стандартам і водночас забезпечує помітний приріст фінансових

					ГТТБ.ДП25.184.19.ВС.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

результатів підприємства. Саме тому результати роботи можуть бути безпосередньо впроваджені на виробництві ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна» та рекомендовані до використання на споріднених щебеневих підприємствах України.

					ГТТБ.ДП25.184.19.ВС.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ПЕКАРЩИНСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАНІТІВ

1.1. Геологічна будова родовища

З геоструктурної точки зору Пекарщинське гранітне поле локалізується в північно-західному крилі Українського щита; його будова відзначається однорідністю та мінімально розчленованим блоковим рисунком. Літологічний розріз формується двома контрастними комплексами: докембрійськими кристалічними утвореннями протерозойного віку, які складають корінний фундамент, та строкатою четвертинною товщею пухких відкладів. Покрівля масиву майже горизонтальна; спостерігається лише легкий, ледь помітний схил, що простягається від південного-заходу у напрямку сходу та північного сходу.

Стратиграфічна послідовність, встановлена буровими та розкривними роботами, подається від поверхні до корінного ложа.

Найвище лежить ґрунтово-рослинний горизонт, який не має суцільного розвитку. У більшості свердловин він або відсутній, або не перевищує кількох десятків сантиметрів; лише у свердловинах № 6 та № 19 зафіксована максимальна товщина 0,7 м, що зумовлює середнє значення 0,11 м для всього родовища.

Під ним трапляється пакет лесовидних суглинків льодовикового генезису жовтуватого-сірого відтінку. У середині товщі зустрічаються міліметрово-сантиметрові прошарки пілуватого кварцового піску, а біля її основи локально фіксуються невеликі (5–10 см) лінзи піщаної фракції та уламки рожевого граніту діаметром від 1–3 см до поодиноких об'єктів 10 см. Потужність суглинків варіює в межах 0–3,0 м; середній показник становить 0,7 м. У свердловині № 21 розкрито максимальне значення 3,0 м, тоді як на ділянках, досліджених свердловинами №

					ГТТБ.ДП25.184.19.01.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Студент		Супрунчук			Характеристика геологічної будови Пекарщинського родовища гранітів	Літ.	Арк.	Аркуші	
Керівник		Башинський							
Кер.розд.		Башинський				Житомирська політехніка			
Н. Контр.		Башинський							
Зав.каф.		Башинський							

19 і розчистками № 2, 3, 6, 7, 11, 16, 20 та 25–30, ця товща повністю відсутня.

Далі вниз розміщена кора вивітрювання гранітів, представлена жорствою та каолініт-кварцовими продуктами руйнування. Жорства складається з уламків граніту різних розмірів і так само не має суцільного залягання: її товщина коливається від нуля до 3,5 м при середньому значенні 0,62 м.

Сумарна потужність пухких покривних відкладів (грунт, лесовидні суглинки, продукти вивітрювання) змінюється в межах 0–6,0 м, середнє ж значення по родовищу становить 0,96 м. Якщо врахувати також зону слабо-зцементованих приповерхневих гранітів, загальна товща покривних порід у межах розвіданого поля варіює від 0,10 до 9,50 м, а середній показник дорівнює 1,58 м.

Нижче залягають слабо вивітрені, але ще тріщинуваті світло-рожеві та буровато-червоні граніти, у яких процеси вивітрювання проявилися переважно у верхніх 0,1–9,0 м (середню величину для цієї підзони визначити не вдалося через значний розкид даних).

Основну масу кристалічного фундаменту утворюють дрібнозернисті порфіровидні біотитові граніти протерозойного віку. Вони характеризуються масивною, подекуди катаклазованою текстурою та практично однорідним мінеральним складом. Серед них локально відмічено різновиди з підвищеною лужністю — дрібнозернисті лужні біотитові граніти, що залягають тілами малої потужності. Ці породи демонструють дуже значну (1,0–69,92 м, у середньому 67,55 м) незруйновану товщу, що підтверджує перспективність родовища для довготермінового промислового освоєння.

Таким чином, Пекарщинське родовище характеризується надзвичайно простим, майже табулярним геологічним розрізом, де тонкий епітектонічний четвертинний покрив швидко переходить у суцільний масив протерозойських гранітів із мінімальними проявами вивітрювання. Саме ця структура, у поєднанні з однорідністю хімічного та мінералогічного складу гранітів, зумовлює сприятливі умови для комплексного використання сировини родовища.

					ГТТБ.ДП25.184.19.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Якісна характеристика граніту Пекарщинського родовища

Корисна копалина Пекарщинського родовища представлена дрібнозернистими порфіровидними біотитовими гранітами рожевого кольору, місцями розуцільненими у приповерхневій зоні вивітрювання. Масиви зберігають однорідну масивну текстуру, а локальні аплітовидні прошарки та граніт-порфіри лише незначно порушують загальну літологічну цілісність. За діючими будівельними стандартами оцінювання якості сировини ґрунтується на сукупності фізико-механічних показників, хімічного й мінералогічного складу та рівнів природної радіоактивності; саме тому до видобутку пропонуються «свіжі» і слабо-вивітрілі різновиди гранітів, які повністю відповідають переліченим вимогам.

У мінералогічному плані порода характеризується превалюванням калієвого польового шпату, частка якого коливається приблизно від 30 до 45 % об'єму. Кварцовий компонент поступається першому, проте все ще формує вагому складову (близько 15–35 %). Плагіоклаз утримується у межах 10–15 %, а біотит, хоч і виконує роль головного темноколірного мінералу, рідко перевищує 10 %. Серед акцесорій домінують апатит, циркон, магнетит і зрідка флюорит, що вказує на стабільний термодинамічний режим кристалізації та сприятливі фізико-механічні властивості масиву.

Порівняльний аналіз хімічних показників демонструє, що у зоні слабого вивітрювання вміст діоксиду силіцію утримується в межах 72,3–74,8 % зі середнім значенням 73,1 %, тоді як у незмінній частині цей показник трохи нижчий (70,6–73,6 %, середнє 72,0 %). Невелике зменшення SiO_2 у «свіжих» гранітах супроводжується підвищенням Al_2O_3 до 10,3 % максимуму, що відображає сталість польовошпатової фази. Залізо представлено переважно у тривалентній формі: вміст Fe_2O_3 у слабо-вивітрілих зразках коливається біля 3,1 %, тоді як у незмінених—підвищується до 3,8 %. Двозначна валентність заліза (FeO) показує незначні

					ГТТБ.ДП25.184.19.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

флуктуації (1,1–1,6 %), маркуючи стабільні окисно-відновні умови постмагматичної еволюції.

Кальцієва та магнеєва компоненти залишаються другорядними: СаО у межах 1,7–2,0 % для вивітрілих і до 3,0 % для «свіжих» гранітів; MgO зазвичай не перевищує 1,0 %. Алкалії демонструють класичну гранітну домінанту калію над натрієм: середні значення К₂О становлять 5,2 % для слабо-змінених та 5,5 % для незмінених різновидів, тоді як Na₂O зберігається біля 2,9 %. Титанум і сірка присутні лише у слідових кількостях; втрати при прожарюванні не перевищують 1 %, що підтверджує низьку пористість і відсутність карбонатно-глинистих домішок. Таке сполучення параметрів забезпечує високу морозостійкість, міцність при стиску та стійкість до хімічної корозії, а також гарантує мінімальні рівні техногенного радіаційного опромінення.

З позиції техніко-економічної доцільності для виробництва облицювального та конструктивного каменю найбільший інтерес становлять слабо-вивітрілі й «свіжі» порції гранітного масиву. Вони відзначаються низькою тріщинуватістю, незначними деформаційними зміщеннями й однорідним макроскопічним забарвленням, що полегшує розкроювання блоків великих форматів і дає можливість одержувати продукцію з передбачуваними естетичними характеристиками. Отже, Пекарщинське родовище спроможне стабільно забезпечувати будівельний ринок високоякісним гранітом, параметри якого цілком відповідають нормативним критеріям для декоративного та конструктивного застосування.

1.3. Підрахунок запасів корисної копалини

Пошуково-оціночні роботи 1967-1972 рр. виконані інститутом «Укрколгоспроект», результати яких лягли в основу затвердження балансових запасів ДКЗ (протокол № 3762 від 15 грудня 2016 р.). На той момент сумарний обсяг кондиційного каменю для щебеневої та бутової продукції становив 17,299

					ГТТБ.ДП25.184.19.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

млн м³ за чинними на той час нормативами ГОСТ 8267-64, ГОСТ 10268-62 та МРТУ 21-33-67.

Станом на 15 жовтня 2024 р. після вилучення приблизно 0,99 млн м³ у ході вибіркової розробки залишковий балансовий фонд оцінюється у 16,309 млн м³. Усередині цього обсягу чітко простежується градація за ступенем геологічної вивченості: найповніше досліджена категорія А охоплює 0,672 млн м³ ($\approx 4\%$ запасів), категорія В становить 4,098 млн м³ ($\approx 25\%$), а левову частку ресурсу репрезентує категорія С1 — 11,539 млн м³ ($\approx 71\%$).

					ГТТБ.ДП25.184.19.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ ТА ПЕРЕРОБКИ ГІРНИЧОЇ МАСИ НА ЩЕБІНЬ

2.1. Загальні відомості про підприємство

ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна» — компанія, що спеціалізується на видобутку та переробці будівельного каменю, а також на виробництві будівельних матеріалів. Підприємство було засноване 26 травня 2008 року. Юридична адреса компанії: 01014, місто Київ, вулиця Болсуновська, будинок 8.

Засновником ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна» є ТОВ «Новгородецький кар'єр», яке знаходиться в Житомирській області. Кінцевим бенефіціаром є Леонід Естеркін (Латвія).

За фінансовими результатами 2023 року компанія показала стабільний розвиток: дохід склав 81 778 100 грн, чистий прибуток — 990 500 грн, а кількість співробітників на підприємстві — 67 осіб у різних структурних підрозділах компанії. Основними партнерами є будівельні компанії, виробники будматеріалів та інші організації, які потребують мінеральної сировини.

ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна» співпрацює з ТОВ «Граніт Резерв» яке займається розробкою Пекарщинського родовища гранітів, розташованого неподалік виробничих потужностей ТОВ «Ресурс трейдинг Україна» і яке є головним постачальником сировини для виготовлення щебеневої продукції.

2.2. Технологія отримання сировини для виробництва щебеню

2.2.1. Система розробки родовища та календарні плани робіт

При проектуванні технологічної схеми розкриття та підготовки родовища до промислового освоєння було здійснено всебічний аналіз чинників, що визначають

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Організація гірничих робіт ма переробки гірничої маси на щебінь	Літ.	Арк.	Аркуші		
Студент		Супрунчук								
Керівник		Башинський								
Кер.розд.		Башинський				Житомирська політехніка				
Н. Контр.		Башинський								
Зав.каф.		Башинський								

як ефективність, так і безпечність майбутніх гірничих робіт. Передусім детально оцінено геологічну будову та гідрогеологічні умови залягання корисної копалини разом із покривними товщами; особливу увагу приділено конфігурації рельєфу, можливому шляху транспортування гірничої маси та мінімізації обсягів гірничопідготовчих робіт. Також проаналізовано необхідні заходи задля підтримання стабільних і безпечних умов експлуатації гірничо-транспортного обладнання.

Перший видобувний горизонт на відмітці +204 м планується максимально поширити у західному напрямку. Таке розширення допоможе сформувати необхідний фронт для прокладання внутрішньої траншеї, що відкриє нижчележний горизонт +190 м. Усі подальші підготовчі споруди — з'їзди, розворотні майданчики, а також розрізні траншеї, які перетинають як поклад, так і покривні породи, — виконують подвійне завдання: вони забезпечують оперативний доступ до запасів і формують нормативний двомісячний обсяг попередньо підготовленої корисної копалини.

Розміщення зовнішнього відвалу під покривні породи здійснюється на заздалегідь підготовленому майданчику; загальний фронт розкриву проєктується таким чином, аби накопичити щонайменше піврічний резерв готових до виїмки балансових запасів. Розкривні роботи вестиме зворотна лопата Hidromek 300 LC-2, тоді як на видобувному горизонті працюватиме екскаватор ЕКГ-5А з прямою лопатою; попереднє розбурювання і підриг свердловинними зарядами забезпечує розпушення міцних гранітів. Максимальна висота уступу по корисній копалині становитиме 14 м; для покривних порід вона обмежена 6,5 м. У місцях, де потужність покриву перевищує досяжність робочого обладнання, рівень уступу знижують за допомогою бульдозера.

Ширину робочих площадок на розкривному й видобувних уступах підібрано з урахуванням безпечного розміщення техніки та накопичення тримісячного об'єму готових до виїмки запасів. Так, середній поперечний переріз капітального з'їзду коливається від 178 до 221 м² і зумовлює обсяг виїмки близько 74 тис. м³. Початкові

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розворотні майданчики на розкривному та першому й другому видобувних уступах мають довжину 40–60 м, ширину 40–60 м і загальний обсяг робіт близько 91 тис. м³. Розрізні траншеї, необхідні для поступового розкриття пластів, тягнуться на 150–250 м і передбачають екскавацію майже 186 тис. м³ гірничої маси.

Виробнича логістика відкритого гірничого підприємства сформована як комбінація двох самостійних, але узгоджених календарних схем, що відрізняються за тривалістю сезону та інтенсивністю зміни.

Основний фронт очисних робіт функціонує протягом усього року. За п'ятиденного робочого тижня виділяється 260 робочих діб, кожна з яких поділена на три рівноцінні зміни. У підсумку річна програма передбачає 780 змін, що дозволяє підтримувати постійний дебіт та рівномірно завантажувати гірничо-транспортний комплекс. Такий режим мінімізує сезонні коливання продуктивності, спрощує планово-попереджувальне обслуговування обладнання й забезпечує безперервність збутових контрактів.

Для пластичних або пухких відкладів, що потребують менш енергоємних технологій екскавації, застосовано скорочене «вікно» робіт — 110 днів на рік, що припадає на найбільш сприятливий теплий сезон. Графік також ґрунтується на п'ятиденному тижні, але обмежується однією зміною, унаслідок чого річний фонд часу становить 110 змін.

Така структура дозволяє рівномірно розподілити виробниче навантаження та забезпечити стабільний добовий видобуток у середньому 3,79 тис. м³ корисної копалини, що відповідає приблизно 1,26 тис. м³ на кожну зміну.

Протягом попереднього року відпрацьовувалися два уступи. Основна маса робіт припала на горизонт +204 м: упродовж чотирьох кварталів тут добуто 700 тис. м³, що становить близько 71 % загального річного обсягу. Середня висота фронту на цьому рівні дорівнювала 14 м, а сумарна площа очисних робіт сягнула 50 996 м². Паралельно велася поетапна підготовка та розкриття уступу +190 м, активна фаза якого охопила II–IV квартали; тут забезпечено 285 тис. м³ (≈ 29 %) з площею відпрацювання 20 356 м². Загальний річний фронт робіт, віднесений до

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обох горизонтів, склав 70 352 м², що свідчить про раціональне балансування просторового розвитку кар'єру та високий ступінь використання виробничих потужностей.

Таким чином, річна програма виконана в повному обсязі: сумарний видобуток становив 985 тис. м³ у щільному тілі, із чітко вираженою сезонною та горизонтальною диференціацією.

2.2.2. Організація розкривних робіт

Розкривні породи (суглинки, каолінові відміни та жорства) знімаються одним уступом гідравлічним екскаватором Hidromek 300 LC-2 у виконанні «зворотна лопата» з 2-кубовим ковшем. За середнього 30-секундного циклу й коефіцієнтів заповнення та розрихлення 0,7 його фактична експлуатаційна продуктивність сягає $\approx 84 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$, що дає близько $6,7 \cdot 10^2 \text{ м}^3$ за восьмигодинну зміну й орієнтовно $1,34 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ за двозмінну роботу.

Відвантаження здійснюється у самоскиди Foton BJ 3251 та HOWO ZZ 3257 вантажопідйомністю 20–22 т, які за 14-хвилинного транспортувального циклу вивозять відповідно ≈ 222 та 241 м^3 гірничої маси за зміну.

Оскільки добова потреба у виносі покриву становить 450 т (≈ 225 т на зміну), достатньо по одному рейсовому автомобілю кожної моделі, аби безперервно віддаляти відроблений матеріал у зовнішні відвали й не стримувати фронт екскавації.

2.2.4. Організація видобувних робіт

Видобувний цикл реалізується комплексом гірничотранспортного устаткування, основним ланцюгом якого є одноковшеві екскаватори типу ЕКГ-5А у конфігурації «пряма лопата» та гідравлічні машини Hidromek 300LC-2.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підготовчі роботи перед екскавацією покривних товщ здійснюються буровибуховим способом із застосуванням колонкових зарядів. Запроектвані технологічні параметри забезпечують кероване руйнування порід IX групи міцності та формують кут конуса вибоїни, придатний для безперебійної роботи екскаваторів зворотної лопати.

Ураховуючи гранулометричні вимоги до відвальної скупності, висоту уступу встановлено 14 м, що відповідає оптимальному співвідношенню між питомими витратами вибухових речовин і продуктивністю відвантаження. Лінія найменшого опору (ЛНО) становить 5,5 м.

Відповідно до затвердженої сітки $4,4 \times 4,4$ м на площі заходки розміщують чотири ряди свердловин. Буровий верстат Atlas Copco із діаметром коронки 125 мм проходить середню глибину 14,3 м ($14 \text{ м} + 2 \% \text{ перебуру}$), що уніфікує довжину стовбура для всієї вибухової мережі та мінімізує ризик неповного пророблення до проектною підосви. З огляду на питомий вихід $17,9 \text{ м}^3$ породи на 1 м свердловини кожне шпурове вікно забезпечує вибірку близько $2,56 \times 10^2 \text{ м}^3$, тобто $1,5 \text{ м}^3$ гірничої маси на кілограм вибухової речовини.

У стовбурі формується колонковий заряд масою 170 кг на свердловину. Енергетичне ядро укладають на 12,6 м, залишаючи верхній 1,7-метровий сегмент під глинисте ущільнене тампонування, що запобігає прориву газів та підвищує ступінь корисного використання детонаційної енергії. Середня питома витрата вибухівки — $1,3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Підривання здійснюють електричними детонаторами з дистанційним запалюванням та ввімкненням у комбіновану мережу ДШ / КЗДШ. У межах чотирирядної конфігурації використано градацію уповільнень 25–50–75–100 мс, що забезпечує послідовне виведення рядів у бік відкритої поверхні, знижує пікові вибухові навантаження на борт і локалізує динамічний вплив у межах безпечної радіальної зони.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічна схема проведення вибуху:

1. Маркування контурів заходки здійснюється високоточним GNSS-комплексом; координати шпурів передаються безпосередньо на буровий модуль CAD-системи.
2. Буріння виконують у дві зміни, що повністю покриває обсяг свердловин для добового наробку екскаватора.
3. Чищення та дегазація стовбура проводиться стисненим повітрям, після чого опускають газовідвідні трубки.
4. Заряджання вибуховою сумішшю з центральним 2-кг ініціювальним патроном; контрольна протрава — не менше 200 мм.
5. Тампонаж глинисто-піщаною сумішшю з послідовним ущільненням кожного шару.
6. Підривання організовують із пересувного пункту керування, розташованого на відстані, що перевищує нормативний радіус небезпечної зони ($h \times 45 \approx 630$ м).
7. Післявибухове обстеження включає контроль цілісності борту, виявлення недетонованих зарядів та гасіння тліючих інгредієнтів.

Модель розкриття шпурового віяла прогнозує середній розмір уламків $d_{50} \approx 0,45$ м, тобто не перевищує $\frac{1}{4}$ ширини ковша Hidromek 300 LC-2. Частка негабаритів ($> 0,8$ м) оцінюється в 3–5 %, що знімає потребу в систематичному додробленні й обмежує залучення гідромолота до епізодичних операцій. Рівномірна гранулометрія зменшує навантаження на рейсові самоскиди та підвищує фактичний коефіцієнт заповнення кузова до 0,92.

Отриману після вибуху гірничу масу вибирають у виробці та подають у кузови широкого парку автосамоскидів великої вантажопідйомності — БелАЗ 75405, БелАЗ 75404-10, БелАЗ 7540В, а також Foton BJ 3251 і HOWO ZZ 3257, які у безперервному циклі транспортують сировину до дробильно-сортувального заводу (ДСЗ) для первинного подрібнення та грохочення.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підготовчих і допоміжних операцій використовується бульдозер Т-130МГ-3, зокрема при плануванні майданчиків, відсипанні відвалів та усуненні наслідків вибуху. Окремі уламки, що перевищують контрольні габаритні розміри, додатково дробляться гідроударною технологією за допомогою навісних гідромолотів, що забезпечує проходження матеріалу через горловини дробарного обладнання без ризику заклинювання та простою.

2.2.5. Організація відвальних робіт

Зовнішні відвали намічено сформувати за межами кар'єру, на захід від контуру робіт. Покривні товщі (до 6,5 м) вибирають одним 14-метровим уступом гідравлічним екскаватором Hidromek 300 LC-2 зі зворотною лопатою, тоді як тонкий шар родючих ґрунтів ($\approx 0,7$ м) знімають окремим уступом бульдозером Т-130 МГ-3. У міру просування фронту, неробочі борти кар'єру закріплюють по покрівлі під ухилом 30° , дотримуючись паспортів виконання робіт, затверджених технічним керівником.

Після попереднього відділення ґрунтово-рослинного шару відсипання ведуть способом «згори донизу». Самоскиди вантажопідйомністю 20–22 т скидають породу поза межею призми можливого обвалення (3,5 м для 10-метрового відвалу); далі матеріал бульдозером подають до бровки й одночасно ущільнюють. Укоси насипу формують з кутом засипання 40° та забезпечують довготривалу стійкість при 33° ; уздовж гребеня підтримують ґрунтовий берм висотою ≥ 1 м і шириною $\geq 1,5$ м, а робочі майданчики мають поперечний похил 3° всередину масиву.

Щоб зменшити ерозію, вершину і схили насипу коткують і засівають бобово-злаковою травосумішшю, що стабілізує поверхню та прискорює рекультивацію.

2.2.6. Організація водовідведення та допоміжних робіт

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергогосподарство кар'єру живиться від повітряної лінії 10 кВ, що подає напругу на трансформатор ТМ-1000, керований за правилами експлуатації ізольованої нейтралі. Стаціонарні й пересувні машини, зокрема екскаватори ЕКГ-5А, підключені до єдиної заземлювальної системи з центральним контуром і магістральними шинами. Опір контура щомісяця перевіряє енергослужба підприємства, а раз на рік – спеціалізована бригада з Києва; вони ж виконують планове налагодження електромереж. Освітлення робочих майданчиків комбіноване й відповідає чинним нормам, а обслуговує все електрообладнання атестований персонал із щорічним підтвердженням групи з електробезпеки.

Кар'єр розташований у тріщинуватих гранітах Коростенського масиву, де діє єдиний водоносний горизонт з вільною дзеркальною поверхнею. До розробки пласта рівень ґрунтових вод залягав менш як за два метри від поверхні, а сумарний приплив – близько 128 м³/год. На позначці +204 м обладнано дренажний басейн ємністю 150 м³; звідси насос ДЗ-300-70А перекачує воду до ставу-відстійника (50 × 20 × 3 м, місткість 3000 м³) у південно-західній частині ділянки. Після осадження завислих частинок і відбору паливних домішок вода самопливом надходить у бетонний лоток, а далі – в існуючу дренажну канаву, що забезпечує надійний відвід і мінімізує гідрогеологічний вплив на прилеглу територію.

2.3. Організація схеми дроблення гірничої маси

2.3.1. Номенклатура та якісна характеристика продукції

На території України головним регламентом для щільного натурального щебеню залишається ДСТУ Б В.2.7-75:1998; спеціалізовані вимоги до колійного щебеню викладено в ДСТУ Б В.2.7-204:2009. Для бетонів, вироблених за європейськими правилами, застосовують EN 12620:2002+A1:2008 (чинна в Україні як національний підтверджений переклад).

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідна блок-маса відповідно до прийнятого стандарту подрібнюється у тричотирьохстадійному циклі: шокова й конусна дробарки утворюють шорсткий зерновий скелет; відсів після прокатних млинів уловлюють грохотами, повертаючи недоперероблені зерна до повторного дроблення. Остаточну корекцію гранулометрії забезпечує сухе або мокре грохочення на ситах з каліброваним плетивом. Чиста фракція проходить крізь магнітні сепаратори (видалення феромагнітних домішок), а перед відвантаженням – через вологовідсмоктувальні барабани для стабілізації вологості $< 1 \%$.

Таблиця 2.1

Ключові якісні показники щебеню відповідно до ДСТУ Б В.2.7-75 та EN 12620

Показник	Нормативний діапазон для граніту	Тенденція залежно від фракції
Об'ємна вага насипна, т/м^3	1,35–1,55	зростає від 0/5 до 20/40, далі стабілізується
Марка міцності (щебенеvidний циліндр), МПа	M1200–M1600	фракційна залежність незначна; вище для 5/10-20/40
Індекс лещадності, %	≤ 15 (категорія I), ≤ 25 (категорія II)	найкраща ($\leq 15 \%$) у 10/20; погіршується в 40/70
Морозостійкість, цикли	F200, F300, F400	практично незалежна від розміру; контролюється вибором кар'єру
Втрати маси у барабані $\text{LA, \%}$	14–25	середні значення незмінні; для крупних фракцій допускається $\text{LA} \leq 30$
Пилоподібні та глинисті частки, %	≤ 1 (бетон), ≤ 2 (дорожні суміші)	максимальні значення у 0/5 через відсів
Радіологічний індекс, $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$	≤ 300 (I-клас)	варіації незначні; контролюється сертифікатом кар'єру

Фракція 0/5 мм (гранітний відсів). Нульова компонента складає до 15 % часток $< 0,16$ мм, утворюючи високодисперсний мінеральний порошок. Використовується

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

як активний наповнювач асфальтобетону, для виробництва сухих будівельних сумішей і у виробництві щебенево-мастичних покриттів. Підвищена питомою поверхня підсилює потребу у воді, тому у важких бетонах 0/5 застосовують лише в оптимізованих гранітомістких складах, де показник модулю крупності регламентовано ($MF \geq 2,8$).

Фракція 5/10 мм. Найбільш однорідна за формою кубу, що забезпечує щільне пакування та високий коефіцієнт ущільнення бетону. Використовується у бетонах класу міцності C25/30 та вище, дрібнозернистих бетонних виробках (тротуарна плитка, бордюри). Низький показник лещадності (часто $\leq 10\%$) сприяє зниженню водопотреби та підвищенню морозостійкості виробів.

Фракція 10/20 мм. Базовий крупний заповнювач для більшості важких та попередньо напружених бетонів (C30/37 – C50/60). Оптимальний баланс між питомою поверхнею й зерною скелетизацією гарантує мінімальну витрату цементу при досягненні проектної міцності.

Фракція 20/40 мм. Застосовується у масивних конструкціях (підпірні стіни, фундаменти гідротехнічних споруд), а також у дренажних системах і фільтрах. Завдяки високій порожнистості засипки (до 40 %) забезпечує швидкий відвід води. Лещадність зростає до 20–25 %, що обмежує її використання у високоякісних шляхових бетонах.

Фракція 40/70 мм. Класичний баласт колій та армувальний заповнювач габіонів. ГОСТ- та ДСТУ-вимоги дозволяють $LA \leq 30$ та $F \geq 200$ для збереження стабільності полотна під динамічним навантаженням. Великі зерна повинні мати мінімум відхилень по товщині, аби запобігти проковзуванню та збільшенню осідання баласту.

2.3.2. Технологічна схема дробарно-сортувального комплексу

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектування дробарно-сортувального комплексу виконано на основі параметрів сировини, що забезпечується роботою кар'єру:

- тип гірської породи – граніт;
- планова потужність підприємства – 985000 м³/рік;
- максимальний розмір шматків живлення – 450 мм;
- номенклатура товарних фракцій – 5-10, 10-20, 20-40, 40-70 мм.

Розрахунковий річний фонд часу роботи технологічного обладнання визначають, виходячи з річного фонду робочого часу Т, з урахуванням коефіцієнта використання обладнання за часом k_v :

$$T_p = T \cdot k_v = N \cdot n_{зм} \cdot n_{год} \cdot k_v, \text{ год} \quad (1.1)$$

$$T_p = 260 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 1 = 4160, \text{ год}$$

де k_v – коефіцієнт використання обладнання в часі.

Виробнича програма підприємства визначається, виходячи з виробничої потужності, зазначеної в завданні на проектування і режиму роботи підприємства.

Розрахунок продуктивності підприємства відповідно до завдання на проектування проводиться в наступному порядку:

- добова продуктивність:

$$Q_{доб} = \frac{Q_{рік}}{N}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (1.3)$$

$$Q_{доб} = \frac{985000}{260} = 3788,5, \text{ м}^3/\text{добу}$$

- змінна продуктивність:

$$Q_{зм} = \frac{Q_{рік}}{N \cdot n_{зм}} = \frac{Q_{доб}}{n_{зм}}, \text{ м}^3/\text{зм} \quad (1.4)$$

$$Q_{зм} = \frac{3788,5}{2} = 1894,2, \text{ м}^3/\text{зм}$$

- середня годинна продуктивність:

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{год.сер.}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{N \cdot n_{\text{зм}} \cdot n_{\text{год}}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{n_{\text{год}}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (1.5)$$

$$Q_{\text{год.сер.}} = \frac{1894,2}{8} = 236,7, \text{ м}^3/\text{год}$$

де $Q_{\text{рік}}$ – задана продуктивність підприємства, м^3 або t ;

N – кількість робочих днів у році;

$n_{\text{зм}}$ – кількість змін за добу;

$n_{\text{год}}$ – тривалість робочої зміни.

Таблиця 2.2

Виробнича програма підприємства

Продукція	Виробнича програма підприємства							
	рік		доба		зміна		година	
	м^3	t	м^3	t	м^3	t	м^3	t
Щебінь	985000,0	1674500,0	3788,5	6440,4	1894,2	3220,2	236,8	402,5

Кількість стадій дроблення залежить від заданої степені подрібнення породи:

$$i = \frac{D}{d} \quad (2.1)$$

$$i = \frac{450}{70} = 6,4$$

де D – найбільша крупність шматка гірничої маси, що постачається на переробку;

d – найбільша крупність товарного продукту.

Загальна степінь дроблення є добутком ступенів дроблення на кожній стадії дроблення:

$$i_{\text{заг}} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n \quad (2.2)$$

$$i_{\text{заг}} = 1,5 \cdot 2 \cdot 3 = 9$$

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Для досягнення такої степені подрібнення за умов підприємства передбачено три стадії дроблення:

1. Перша стадія — грубе дроблення із використанням щокової дробарки, яка зменшує розмір шматків до 100–150 мм.
2. Друга стадія — середнє дроблення із застосуванням конусної дробарки, яка забезпечує подрібнення до 40–70 мм.
3. Третя стадія — дрібне дроблення із використанням конусної дробарки, яка формує готові фракції 5–40 мм.

Технологічна схема передбачає встановлення грохотів перед кожною стадією дроблення для проміжної класифікації матеріалу, що забезпечує підвищення ефективності дроблення та зменшення переподрібнення. Розміщення обладнання у відкритих потужностях, що сприяє зручності технічного обслуговування.

Переваги вибраної схеми: забезпечення високої якості готової продукції, оптимальне енергоспоживання завдяки поетапному дробленню, мінімізація вмісту дріб'язку та відходів.

Таким чином, обрана технологічна схема відповідає завданню проектування та забезпечує ефективну переробку граніту з отриманням продукції необхідних параметрів.

2.3.3. Крупне дроблення

Для виконання крупного дроблення використовується щокова дробарка СМД-118 — універсальний пристрій, що використовується для первинного дроблення гірських порід, зокрема граніту. Вона забезпечує високу продуктивність і ефективність у процесі обробки великих кам'яних масивів, перетворюючи їх на середні та дрібні фракції. Завдяки своїй надійності та легкості в обслуговуванні, ця дробарка є важливим компонентом технологічного процесу на підприємстві.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дробарки першої стадії дроблення повинна забезпечувати можливість приймання шматків гірничої маси великого розміру $D_{\max}$, забезпечувати високу продуктивність і технічні характеристики.

Максимальний розмір шматка, що подається до дробарки, не повинен перевищувати $0,85a$, де a – розмір приймального отвору дробарки:

$$a \geq \frac{D_{\max}}{0,85}, \text{ мм} \quad (2.5)$$

$$a \geq \frac{450}{0,85} = 530, \text{ мм}$$

Технічні характеристики дробарки СМД-118 наведені в таблиці нижче.

Таблиця 2.3

Технічні характеристики обраної шокової дробарки

Параметри		Значення
Розміри приймального отвору, мм	довжина	1500
	ширина	1200
Характер руху рухомої щоки		простий
Крупність вихідного матеріалу, не більше, мм		1000
Ширина розвантажувальної щілини, мм		110-90
Продуктивність, м ³ /год		310
Габаритні розміри, мм	довжина	6400
	ширина	6800
	висота	5000
Маса, т		145

Прийнято розмір розвантажувальної щілини дробарки $e = 150$ мм.

Крупність продуктів дроблення в долях ширини розвантажувальної щілини:

$$\frac{d_1^+}{e}; \frac{d_2^+}{e} \dots \frac{d_i^+}{e} \quad (2.6)$$

$$\frac{5}{150} = 0,03; \frac{10}{150} = 0,07; \frac{20}{150} = 0,13; \frac{40}{150} = 0,27; \frac{70}{150} = 0,47$$

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За графіком гранулометричного складу продукту дроблення щоківих дробарок визначено гранулометричний склад продуктів дроблення (табл. 2.2).

Таблиця 2.4

Зерновий склад подрібненого матеріалу після першої стадії дроблення

Фракції, мм	Відносний вихід, %	Продуктивність, м ³ /год
0-5	100 – 99 = 1	2,4
5-10	99 – 97 = 2	4,7
10-20	97 – 94 = 3	7,1
20-40	94 – 86 = 8	18,9
40-70	86 – 78 = 8	18,9
70+	78	184,7
Разом	100	236,8

Максимальний розмір продукту дроблення в щоківій дробарці із простим рухом щоки становить:

$$d_{\max} = 1,7e, \text{ мм} \quad (2.7)$$

$$d_{\max} = 1,7 \cdot 150 = 255, \text{ мм}$$

Сортування гірничої маси після першої стадії дроблення не передбачено, оскільки найбільший вихід товарної фракції становить лише 9% (встановлення грохоту доцільне при виходу товарної фракції більше 20%).

Відповідно весь подрібнений матеріал після першої стадії дроблення буде подаватись на другу стадію дроблення.

Частота обертання ексцентрикового валу дробарки визначатиметься як:

$$n \leq 1,107 \sqrt{\frac{\text{tg} \alpha}{S}}, \text{ c}^{-1} \quad (2.13)$$

$$n \leq 1,107 \sqrt{\frac{\text{tg} 24^\circ}{0,03}} = 4,26, \text{ c}^{-1}$$

де S – робочий хід щоки;

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

α – кут захоплення породи.

Продуктивність дробарки становитиме:

- об'ємна:

$$Q_V = Q_{\text{тех}} \cdot k_{\text{др}} \cdot k_{\text{ф}} \cdot k_{\text{кр}} \cdot k_{\text{вол}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.14)$$

$$Q_V = 310 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 289,9, \text{ м}^3/\text{год}$$

- масова:

$$Q_M = Q_V \cdot \gamma_H, \text{ т/год} \quad (2.15)$$

$$Q_M = 289,9 \cdot 1,7 = 492,7, \text{ т/год}$$

де $k_{\text{др}}$ – поправочний коефіцієнт на дробимість матеріалу;

$k_{\text{ф}}$ – коефіцієнт форми;

$k_{\text{кр}}$ – поправочний коефіцієнт на крупність матеріалу в залежності від відсоткового вмісту в живленні фракцій крупніше половини ширини завантажувального отвору дробарки;

$k_{\text{вол}}$ – поправочний коефіцієнт на вологість матеріалу, який містить грудкуватий дріб'язок;

γ_H – середня насипна щільність матеріалу, т/м^3 .

Необхідна кількість дробарок для забезпечення планової продуктивності становитиме:

$$n_d = \varepsilon \left(\left(\frac{Q}{Q_V} \right) \cdot k_{\text{тех}} \right), \text{ од} \quad (2.16)$$

$$n_d = \varepsilon \left(\left(\frac{236,8}{289,9} \right) \cdot 1,2 \right) = 1, \text{ од}$$

де ε – функція округлення дробового числа до цілого;

$k_{\text{тех}}$ – коефіцієнт, що враховує технічну готовність устаткування.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність приводу дробарки визначатиметься як:

$$N_d = 0,005 \cdot \left(\frac{Q_M \cdot \sigma^2}{E \cdot \rho_m \cdot \eta} \right) \cdot \lg i, \text{Вт} \quad (2.17)$$

$$N_d = 0,005 \cdot \left(\frac{492,7 \cdot 160^2}{110 \cdot 2650 \cdot 0,85} \right) \cdot \lg 6,4 = 570, \text{кВт}$$

де Q_M – масова продуктивність дробарки;

σ – межа міцності на стиск, МПа;

E – модуль пружності при розтягу, МПа;

ρ_m – щільність породи, кг/м³;

η – коефіцієнт корисної дії приводу;

i – ступінь дроблення.

Потужність приводу всіх дробарок становитиме:

$$N = n_d \cdot N_d, \text{кВт} \quad (2.18)$$

$$N = 1 \cdot 570 = 570, \text{кВт}$$

Максимальне зусилля дроблення:

$$P_{\max} = 3,42 \frac{N \cdot \eta \cdot \cos \alpha}{S \cdot n}, \text{кН} \quad (2.19)$$

$$P_{\max} = 3,42 \frac{570 \cdot 0,85 \cdot \cos 24}{0,03 \cdot 4,26} = 11831,8, \text{кН}$$

Максимальне зусилля, що виникатиме в розпірній плиті:

$$T_{\max} = 0,64 P_{\max}, \text{кН} \quad (2.20)$$

$$T_{\max} = 0,46 \cdot 11831,8 = 7572,3, \text{кН}$$

Максимальне зусилля в шатуні:

$$Q_{\max} = \frac{N_d \cdot \eta}{n \cdot e}, \text{кН} \quad (2.21)$$

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\max} = \frac{570 \cdot 0,85}{4,26 \cdot 150} = 575,4, \text{ кН}$$

де e – ширина розвантажувального отвору (при підстановці у рівняння необхідно перевести в м).

2.3.4. Середнє дроблення

Для середнього дроблення використовується конусна дробарка Atlas Copco CC 4000 S.

Конусна дробарка CC 4000 S призначена для середнього дроблення, тобто роботи на другій стадії після щокрової або первинної гіроторної машини. Її робоча камера налаштована на приймання шматків живлення до ≈ 330 мм і формування продукту із діапазоном контрольованої щілини 29–54 мм, при номінальній потужності приводу 220 кВт агрегат забезпечує продуктивність близько 250–500 т·год⁻¹, зберігаючи високий коефіцієнт подрібнення та однорідну зернову криву матеріалу.

Ключовим елементом кінематичної схеми є гідравлічний вузол Hydroset, що одночасно підпирає головний вал і забезпечує безступінчасте регулювання робочої щілини під навантаженням. Тиск у поршні Hydroset автоматично скидається при проходженні недробильних тіл, після чого система повертає вал у попереднє положення, мінімізуючи зупинки та ризик руйнування вузлів. З тією ж гідросхемою інтегровано систему автоматичного контролю навантаження (ASR/ASRi), яка реагує на зміни крупності живлення й зносу броні, підтримуючи сталу щілину та стабільну продуктивність без участі оператора.

Геометрія камери CC 4000 S виконується за концепцією Constant Liner Performance: уніфікований верхній корпус дає змогу швидко змінювати набір рухомої/нерухомої броні та ексцентрикових втулок, переходячи між шістьма стандартними профілями (від ЕС до EF) без демонтажу рами. Такий підхід забезпечує широкий робочий діапазон, стає завантаження «дросельним» шаром і

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабільну кубічність вихідного щебеню протягом усього ресурсу броні. Всі силові елементи обробляються на ЧПК-верстатах, корпуси відливаються цільно, а марганцеві сталі типу ZGMn₁₈Cr₂ гарантують довговічність; конструкція top-service допускає обслуговування зверху без зняття рами, що скорочує простой.

Таблиця 2.5

Технічні характеристики конусної дробарки середнього дроблення

Atlas Copco CC 4000 S

№	Параметр	Значення	Одиниці виміру
1	Номінальна продуктивність	245 – 503	т·год ⁻¹
2	Максимальний розмір кусків на вході	245 – 330	мм
3	Діапазон регулювання щілини (CSS)	29 – 54	мм
4	Ексцентриситет (хід)	20 – 36	мм
5	Потужність електроприводу	220	кВт
6	Частота обертання головного вала	327 – 346	об·хв ⁻¹
7	Кількість стандартних профілів робочої камери	7	—
8	Маса дробарки (без приводу)	19 300	кг

Максимальний розмір продукту, який завантажуватиметься на другій стадії дроблення буде відповідати максимальному розміру продукту дроблення першої стадії, тобто:

$$D_{\max}^{\text{II}} = d_{\max}^{\text{I}}, \text{ мм} \quad (2.8)$$

$$D_{\max}^{\text{II}} = 255, \text{ мм}$$

Оскільки після першої стадії дроблення встановлення грохота не передбачено, то продуктивність дробарки другої стадії дроблення має бути такою ж, як і першої. Відповідно, вихідні дані для вибору дробарок для другої стадії дроблення наступні:

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_p^{\text{II}} = 155, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$D_{\text{max}}^{\text{II}} = 255, \text{ мм}$$

Так як і для першої стадії, вибираються дробарки, розмір завантажувального отвору яких дозволить без приймати шматки максимально можливого розміру:

$$a \geq \frac{D_{\text{max}}^{\text{II}}}{0,85}, \text{ мм} \quad (2.9)$$

$$a \geq \frac{255}{0,85} = 300, \text{ мм}$$

Приймаємо середній розмір розвантажувальної щілини $e = 40 \text{ мм}$. При цьому максимальна крупність продукту дроблення буде визначатись як:

$$d_{\text{max}}^{\text{II}} = 2,6e, \text{ мм} \quad (2.10)$$

$$d_{\text{max}}^{\text{II}} = 2,6 \cdot 40 = 104, \text{ мм}$$

Знаходимо крупність продукту дроблення в долях ширини розвантажувальної щілини:

$$\frac{d_1^+}{e}; \frac{d_2^+}{e} \dots \frac{d_i^+}{e}$$

$$\frac{5}{40} = 0,13; \frac{10}{40} = 0,25; \frac{20}{40} = 0,5; \frac{40}{40} = 1; \frac{70}{40} = 1,75$$

За графіком гранулометричного складу продукту дроблення конусних дробарок крупного та середнього дроблення визначаємо гранулометричний склад продуктів дроблення і вносимо дані до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Зерновий склад подрібненого матеріалу

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фракції, мм	Відносний вихід, %	Продуктивність, м ³ /год
0-5	100 – 98 = 2	4,7
5-10	98 – 96 = 2	4,7
10-20	96 – 92 = 4	9,5
20-40	92 – 72 = 20	47,4
40-70	72 – 38 = 34	80,5
70+	34	90,0
Разом	100	236,8

До основних технологічних характеристик конусних дробарок належать: кут захоплення, частота обертання ексцентрикового стакану n , продуктивність, хід конуса і потужність електродвигуна.

Частота обертання рухомого конуса дробарок середнього і дрібного дроблення:

$$n = 460 \sqrt{\frac{(\sin\alpha - f\cos\alpha)}{D}}, \text{хв}^{-1} \quad (2.24)$$

$$n_{\text{к.сер}} = 460 \sqrt{\frac{\sin 22^\circ - 0,28 \cdot \cos 22^\circ}{2,2}} = 105,2, \text{хв}^{-1}$$

де D – діаметр основи робочого конуса, м;

f – коефіцієнт тертя породи об поверхню дробарки;

α – кут нахилу бокової поверхні дробильного конуса до його основи, град.

Хід дробильного конуса на лінії розвантажувального отвору:

$$S = 2r, \text{м} \quad (2.25)$$

$$S_{\text{к.сер}} = 2 \cdot 0,02 = 0,04, \text{м}$$

де r – ексцентриситет, м (20...30 мм).

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продуктивність дробарки становитиме:

- об'ємна:

$$Q_V = Q_{\text{тех}} \cdot k_{\text{др}} \cdot k_{\text{ф}} \cdot k_{\text{кр}} \cdot k_{\text{вол}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.26)$$

$$Q_{V_{\text{к.сер}}} = 360 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 = 302,9, \text{ м}^3/\text{год}$$

- масова:

$$Q_M = Q_V \cdot \gamma_H, \text{ т/год} \quad (2.27)$$

$$Q_{M_{\text{к.сер}}} = 302,9 \cdot 1,7 = 515, \text{ т/год}$$

де $k_{\text{др}}$ – поправочний коефіцієнт на дробимість матеріалу;

$k_{\text{ф}}$ – коефіцієнт форми;

$k_{\text{кр}}$ – поправочний коефіцієнт на крупність матеріалу в залежності від відсоткового вмісту в живленні фракцій крупніше половини ширини завантажувального отвору дробарки;

$k_{\text{вол}}$ – поправочний коефіцієнт на вологість матеріалу, який містить грудкуватий дріб'язок, за стандартних умов;

γ_H – середня насипна щільність матеріалу.

Кількість дробарок, необхідна для забезпечення планової продуктивності:

$$n_d = \varepsilon \left(\left(\frac{Q}{Q_V} \right) \cdot k_{\text{тех}} \right), \text{ од} \quad (2.28)$$

$$n_{d_{\text{к.сер}}} = \varepsilon \left(\left(\frac{236,8}{302,9} \right) \cdot 1,2 \right) = 1, \text{ од}$$

де ε – функція округлення дробового числа до цілого;

$k_{\text{тех}}$ – коефіцієнт, що враховує технічну готовність устаткування.

Потужність двигуна приводу конусних дробарок середнього і дрібного дроблення:

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_d = 0,2 \cdot D^2 \cdot n, \text{ кВт} \quad (2.29)$$

$$N_{\text{д.сер}} = 0,2 \cdot 2,2^2 \cdot 105,2 = 101,8, \text{ кВт}$$

де D – діаметр основи дробильного конусу, м;

n – частота обертів рухомого конуса, хв^{-1} .

Потужність приводу всіх дробарок становитиме:

$$N = n_d \cdot N_d, \text{ кВт} \quad (2.30)$$

$$N_{\text{к.сер}} = 1 \cdot 101,8 = 101,8, \text{ кВт}$$

2.3.6. Кінцеве дроблення

Кінцеве дроблення забезпечується конусними дробарками дрібного дроблення Metso серії Nordberg HP-300.

Конусна дробарка Nordberg HP-300 є середньорозмірним представником високопродуктивної серії HP і призначена для роботи на II–IV стадіях дроблення в гірничих та щебених виробництвах. Її кінематична схема поєднує збільшений ексцентриситет, високу швидкість обертання та круту геометрію камери, що забезпечує інтенсивне міжчасткове стиснення: у результаті з однієї й тієї ж енергетичної потужності (220 кВт, 300 hp) одержують більший коефіцієнт дроблення, кубічну форму зерна та до ≈ 440 т/год продуктивності при максимальному завантаженні $\varnothing 241$ мм (9,5").

Конструкція передбачає двобічні гідроциліндри з акумуляторами, що виконують одночасно функції захисту від недробимого матеріалу й швидкого очищення камери; це мінімізує простой та підвищує безпеку оператора. Регулювання щілини, компенсація зносу та обертання чаші для заміни футеровок здійснюються гідроприводом зверху, без застосування заливних компаундів, тому всі сервісні операції виконують швидко та з мінімальною трудомісткістю. Інтелектуальна система IC70C забезпечує дистанційний моніторинг навантаження,

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматичне коригування параметрів і ведення виробничої статистики, завдяки чому реальна продуктивність установки зростає ще ~10 %.

Масивна чавунна рама та плаваюча головна вісь із сферичним підшипником гарантують ресурс понад 30000 мотогодин, а енергоефективні двигуни й оптимізоване співвідношення «сила-діаметр» знижують собівартість тонни готового продукту. Таким чином, НР-300 поєднує високу специфічну потужність, універсальність монтажу (стаціонарна, мобільна або портативна рама) та сервісо-орієнтований дизайн, що робить її галузевим еталоном для середньо-дрібних дробильних циклів.

Таблиця 2.7

Технічні характеристики конусної дробарки Metso Norberg NP-300

№	Параметр	Значення	Одиниці виміру
1	Номінальна встановлена потужність	220	kW
2	Номінальна встановлена потужність	300	hp
3	Діаметр дробильної головки	1 120	mm
4	Максимальний розмір завантаження (відкритий завалочний отвір)	241	mm
5	Діапазон регулювання щілини (CSS)	10 – 45	mm
6	Максимальна продуктивність*	440	т·год ⁻¹
7	Швидкість обертання контрвала	1 050	об·хв ⁻¹
8	Маса повної дробарки	18 100	kg

Перед третьою стадією дроблення доцільним є встановлення грохота для проміжної класифікація, щоб уникнути переподрібнення та підвищити ефективність дроблення. Отже, третя стадія дроблення повинна забезпечити наступну розрахункову продуктивність:

$$Q_p^{\text{III}} = Q_p^{\text{II}} \cdot k_{\text{вих}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.11)$$

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_p^{\text{III}} = 236,8 \cdot 38\% = 90, \text{ м}^3/\text{год}$$

де $k_{\text{вих}}$ – вихід продукту дроблення, розмір якого не відповідає жодній з товарних фракцій.

Отже, вихідні дані для вибору дробарок для третьої стадії дроблення наступні:

$$Q_p^{\text{III}} = 90, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$D_{\text{max}}^{\text{III}} = 104, \text{ мм}$$

Необхідний розмір завантажувального отвору дробарок для третьої стадії дроблення обирається в той самий спосіб що і до цього:

$$a \geq \frac{D_{\text{max}}^{\text{III}}}{0,85} = \frac{104}{0,85} = 122,4, \text{ мм} \quad (2.12)$$

Приймаємо середній розмір розвантажувальної щілини $e = 15 \text{ мм}$.

Знаходимо крупність продукту дроблення в долях ширини розвантажувальної щілини:

$$\frac{d_1^+}{e}; \frac{d_2^+}{e} \dots \frac{d_i^+}{e}$$

$$\frac{5}{15} = 0,3; \frac{10}{15} = 0,7; \frac{20}{15} = 1,3; \frac{40}{15} = 2,7; \frac{70}{15} = 4,7$$

За графіком гранулометричного складу продукту дроблення конусних дробарок дрібного дроблення визначаємо гранулометричний склад продуктів дроблення і заносимо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Зерновий склад подрібненого матеріалу

Фракції, мм	Відносний вихід, %	Продуктивність, м ³ /год
0-5	100 – 96 = 4	3,6

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5-10	96 – 83 = 13	11,7
10-20	83 – 44 = 39	35,1
20-40	44 – 3 = 41	36,9
40-70	3	2,7
Разом	100	90,0

Частота обертання рухомого конуса дробарок середнього і дрібного дроблення:

$$n = 460 \sqrt{\frac{(\sin\alpha - f\cos\alpha)}{D}}, \text{хв}^{-1} \quad (2.24)$$

$$n_{\text{к.др}} = 460 \sqrt{\frac{\sin 20^\circ - 0,3 \cdot \cos 20^\circ}{2,2}} = 85,3, \text{хв}^{-1}$$

де D – діаметр основи робочого конуса, м;

f – коефіцієнт тертя породи об поверхню дробарки;

α – кут нахилу бокової поверхні дробильного конуса до його основи, град.

Хід дробильного конуса на лінії розвантажувального отвору:

$$S = 2r, \text{м} \quad (2.25)$$

$$S_{\text{к.др}} = 2 \cdot 0,02 = 0,04, \text{м}$$

де r – ексцентриситет, м (20...30 мм).

Продуктивність дробарки становитиме:

- об'ємна:

$$Q_V = Q_{\text{тех}} \cdot k_{\text{др}} \cdot k_{\phi} \cdot k_{\text{кр}} \cdot k_{\text{вол}}, \text{м}^3/\text{год} \quad (2.26)$$

$$Q_{V_{\text{к.др}}} = 140 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,9 = 117,8, \text{м}^3/\text{год}$$

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- масова:

$$Q_M = Q_V \cdot \gamma_H, \text{ т/год} \quad (2.27)$$

$$Q_{M_{\text{к.др}}} = 117,8 \cdot 1,7 = 200,3, \text{ т/год}$$

де $k_{\text{др}}$ – поправочний коефіцієнт на дробимість матеріалу;

$k_{\text{ф}}$ – коефіцієнт форми;

$k_{\text{кр}}$ – поправочний коефіцієнт на крупність матеріалу в залежності від відсоткового вмісту в живленні фракцій крупніше половини ширини завантажувального отвору дробарки;

$k_{\text{вол}}$ – поправочний коефіцієнт на вологість матеріалу, який містить грудкуватий дріб'язок, за стандартних умов;

γ_H – середня насипна щільність матеріалу.

Кількість дробарок, необхідна для забезпечення планової продуктивності:

$$n_d = \varepsilon \left(\left(\frac{Q}{Q_V} \right) \cdot k_{\text{тех}} \right), \text{ од} \quad (2.28)$$

$$n_{d_{\text{к.др}}} = \varepsilon \left(\left(\frac{90}{117,8} \right) \cdot 1,2 \right) = 1, \text{ од}$$

де ε – функція округлення дробового числа до цілого;

$k_{\text{тех}}$ – коефіцієнт, що враховує технічну готовність устаткування.

Потужність двигуна приводу конусних дробарок середнього і дрібного дроблення:

$$N_d = 0,2 \cdot D^2 \cdot n, \text{ кВт} \quad (2.29)$$

$$N_{d_{\text{к.др}}} = 0,2 \cdot 1,75^2 \cdot 85,3 = 52,2, \text{ кВт}$$

де D – діаметр основи дробильного конуса, м;

n – частота обертів рухомого конуса, хв^{-1} .

Потужність приводу всіх дробарок становитиме:

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = n_d \cdot N_d, \text{ кВт} \quad (2.30)$$

$$N_{\text{к.др}} = 1 \cdot 52,2 = 52,2, \text{ кВт}$$

Результати розрахунків виходу продуктів на операціях переробки наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Результат розрахунку виходу продуктів дроблення

Фракції, мм	Відсотковий вихід, %	Об'ємний годинний вихід, м ³ /год	Річний вихід	
			м ³ /рік	т/рік
0-5	3,5	8,3	34672,0	58942,4
5-10	6,9	16,4	68359,0	116210,3
10-20	18,8	44,6	185377,0	315140,9
20-40	35,6	84,2	350463,0	595787,1
40-70	35,1	83,2	346129,0	588419,3
Разом	100	236,8	985000	1674500

Аналізуючи виробничу схему прийняту за умов підприємства очевидною стає важливість стадії заключного дроблення. Річ у тому, що на дану стадію дроблення припадає 34% продукції від загального об'єму, відповідно керування якістю продукції на даній стадії дозволить підвищити ефективність експлуатації всього комплексу. Досягти поставленого завдання з підвищення якості продукції пропонується шляхом заміни використовуваного футерування.

Якість щебеню, одержаного на Nordberg HP300, визначається переважно стабільністю робочої щілини й точністю профілю стирання футерів. Будь-яке локальне зміщення профілю зменшує ступінь рівномірності розподілу живлення, підвищує питомий тиск на ділянках контакту, спричиняє надмірне формування

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дрібних фракцій і підвищує пластинчастість зерен. Отже, вдосконалення повинно забезпечити:

- повне використання геометричного ресурсу камери дроблення;
- рівномірний знос футерування;
- керованість мікропрофілю робочої поверхні протягом усього циклу зносу.

У 2024 р. Metso інтегрувала в модель HP350e футерування типу «no-backing» і одночасно анонсувала комплект модернізації футерування з аналогічним принципом роботи для HP300. Даний тип футерування може монтуватись без заливки на базі машини HP 300. Відсутність полімерного компаунду усуває усадочні деформації після заливки, зменшує розбалансування, а головне — зберігає точну контактну поверхню між футером і основною деталлю, що стабілізує кут дроблення й знижує утворення «проковзування» матеріалу. Практика заводських випробувань показує, що розкид показника пластинчастості зменшується на 4-6 %, а питома вміст пилу $< 0,063$ мм падає на 8-10 % вже після першого циклу служби футерування.

Стандартний сплав ХТ710 (Mn 18 % + Cr 2 %) який використовується у поточному футеруванні лишається найбільш універсальним: на середньоабразивних гірських породах він демонструє самообробний мікрознос, формуючи робочу поверхню із градієнтом твердості 220→530 НВ. Проте перехід на інше футерування, виконане на основі сплаву ХТ720 (Mn 22 % + Cr 2 %), дозволяє утримувати робочу гребінку довше (рис. 2.1). Покращення якості сплаву футерування забезпечує рівномірність його зносу, що в свою чергу забезпечує сталість профілю камери, а отже — кращу кубічність щебеню впродовж усього інтервалу експлуатації.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

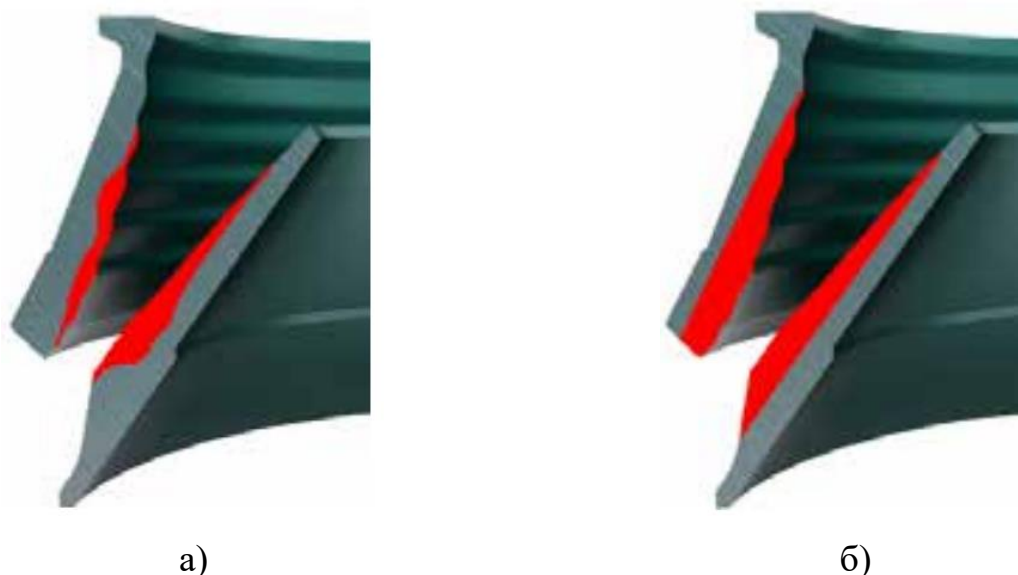


Рис.2.1. Приклад зносу використовуваного (а) та запропонованого до використання (б) футерування

Футерування серії HPe дозволяє забезпечити на 10 % більший робочий хід та альтернативні кінематики, доступні й для HP300 після модернізації. Зменшення відносного ковзання верхньої частини валу «anti-spin brake» дозволяє зберігати стабільний кут захоплення матеріалу, що прямо корелює зі зменшенням плоских зереш щебеню.

Практичний досвід переходу на футерування ESCO XT-серії для HP300 демонструє, що таке впровадження дозволяє забезпечити приріст виходу на 4-6 % у порівнянні з локальними ливарними аналогами, при тому, частка пластинчастих та голкоподібних зерен у фракції 5–20 мм знижується з 18 % до 12 %.

Результат враційного виходу щебеню після третьої стадії дроблення показано в таблиці 2.10 а виробничу програму підприємства у таблиці 2.11.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10

Зерновий склад подрібненого матеріалу

Фракції, мм	Відносний вихід, %	Продуктивність, м³/год
0-5	$100 - 98 = 2$	1,8
5-10	$98 - 84 = 14$	12,6
10-20	$84 - 44 = 40$	36,0
20-40	$44 - 3 = 41$	36,9
40-70	3	2,7
Разом	100	90,0

Таблиця 2.11

Результат розрахунку виходу продуктів дроблення

Фракції, мм	Відсотковий вихід, %	Об'ємний годинний вихід, м³/год	Річний вихід	
			м³/рік	т/рік
0-5	2,8	6,5	27186,0	46216,2
5-10	7,3	17,3	72102,0	122573,4
10-20	19,2	45,5	189120,0	321504,0
20-40	35,6	84,2	350463,0	595787,1
40-70	35,1	83,2	346129,0	588419,3
Разом	100	236,7788	985000	1674500

2.3.7. Організація класифікації щебеневої продукції

Для промідного грохочення за умов підприємства передбачено використання грохотів CVB2661, а для кінцевого TS 5.3.

Metso CVB2661 є похилим грохотом, а TS 5.3 бананоподібним багатосхилим грохотом. Обидві машини належать до одного конструктивного покоління «MV» з картриджними вібраторами, проте відрізняються кінематикою робочого руху, геометрією ситової поверхні та спектром технологічних завдань.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модель CVB2661 створена за схемою класичного похилого кругового грохота: двобуковий вал із модульними вібраторами MV-4 встановлено в центрі маси конструкції, тому у всіх точках ситового полотна реалізується ізометричний коловий рух. Стандартний кут нахилу рами становить 18° , але за потреби регулюється у діапазоні $12\text{--}22^\circ$, що дає змогу оптимізувати співвідношення продуктивності та селективності. Поздовжні беззварні поперечини та боковини, з'єднані різьбовими заклепками Huck-Bolt, формують високу стійкість системи до втомних напружень і полегшують сервісний доступ, тоді як вбудований глибокий живильний короб забезпечує рівномірний розподіл матеріалу по всій ширині верхньої деки.

У стандартній дводековій конфігурації CVB2661 має ефективну ширину 2,6 м та довжину 6,1 м, тобто орієнтовну площу кожної деки $15,9\text{ м}^2$. Машина масою близько 11 т приводиться парою електродвигунів сумарною потужністю 22 кВт (30 hp) і здатна пропускати до 1 000 т/год матеріалу (за щільності $1,6\text{ т/м}^3$) зі збільшеним отвором верхньої деки до 75 мм; за потреби модель комплектується трьома або чотирма дековими рамами, де потужність приводів зростає до 30–40 кВт, а маса – до 15 т. Така гнучкість конфігурацій дозволяє однаково ефективно застосовувати CVB2661 як на стадії попереднього сортування грубої сировини, так і на етапі остаточного класифікування дрібнодисперсних продуктів переробки.

На відміну від нього, грохот TS 5.3 реалізує багатосхилу «бананову» концепцію з варіативною еліптичною траєкторією частинок. Вал із двома модулями MV-3 розташовано вище центра тяжіння, завдяки чому на вхідній ділянці полотна формується більша горизонтальна компонента прискорення й висока початкова швидкість транспортування, що забезпечує сильну стратифікацію шару. Далі, у напрямку до розвантаження, швидкість поступово спадає, збільшуючи час контакту частинок із ситовою поверхнею та підвищуючи ймовірність проходження зерен, розміри яких наближаються до розмірів отворів. Незварна коробчаста рама з боковинами, стягнутими болтами Huck-Bolt, обладнана сервісними люками, швидкознімними задніми плитами, централізованими точками

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змащування та опційними пиловими ущільненнями, що спрощує обслуговування й знижує екологічні ризики.

Технічно TS 5.3 має номінальну ширину 2,4 м при довжині 8,3 м, тобто сумарну площу трьох дек 20 м². В якості приводів застосовано два електродвигуни по 22 кВт (30 hp), які через кардан синхронізують роботу вібраторів; власна маса агрегату сягає 20 т. З огляду на поступове зменшення кута нахилу секцій, машина здатна обробляти великі об'ємні потоки при збереженні високої точності відсіву тонких класів, що робить її придатною для задач від мокрого збагачення корисних копалин до виробництва вузьких фракцій щебеню чи піску під стандартизовані будівельні вимоги.

Таким чином, CVB2661 є універсальним «робочим конем» для стаціонарних і мобільних ліній, де потрібна компактність, простота колового руху й легке налаштування ударного навантаження, тоді як TS 5.3 орієнтується на максимально інтенсивну стратифікацію та пропускну здатність завдяки багатосхильній геометрії й еліптичній кінематиці. Вибір між ними визначається гранулометричними характеристиками сировини, необхідною точністю кінцевого продукту та обмеженнями за габаритами і споживанням енергії виробничої ділянки.

Таблиця 2.12

Технічні характеристики грохотів CVB2661 та TS 5.3

Ключовий параметр	Metso CVB2661 (похилий, 2-дековий)	Metso TS 5.3 (банановий, 3-дековий)
Тип руху та кінематика	Коловий (центральный вал у центрі мас)	Змінна еліптична (вал вище центра мас, багатосхильна геометрія)
Конструктивна схема	Похилий односхильовий екран (стандартний кут 18°, регулювання ~12–22°)	«Банан» із послідовно зменшеним кутом секцій від ≈25° до 5°

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ключовий параметр	Metso CVB2661 (похилий, 2-дековий)	Metso TS 5.3 (банановий, 3-дековий)
Корисна площа просіювання	$\approx 15,9 \text{ м}^2$ ($2 \times 7,95 \text{ м}^2$) – однакова для кожної деки	20 м^2 (сумарно для 3 дек)
Габарити полотна (Ш $\times$ Д)	$2,6 \text{ м} \times 6,1 \text{ м}$ ($8,5 \times 20 \text{ ft}$)	$2,4 \text{ м} \times 8,3 \text{ м}$ ($7,9 \times 27,2 \text{ ft}$)
Кількість дек (стандарт)	2 (опція 1–4)	3 (фіксовано)
Привід (вібратори / двигуни)	$2 \times \text{MV3} + 1 \times 22 \text{ кВт}$ (30 hp)	$2 \times \text{MV3} + 2 \times 22 \text{ кВт}$ ($2 \times 30 \text{ hp}$)
Маса обладнання (суха)	11 т	20 т
Номінальна продуктивність**	до $1\,000 \text{ т} \cdot \text{год}^{-1}$	n/a (ОЕМ не публікує, типово $\geq 1\,000 \text{ т} \cdot \text{год}^{-1}$ для площі 20 м^2)
Макс. отвір верхньої деки	75 мм	Конфігурується (приклад ОЕМ — 75 мм)

Продуктивність вібраційного грохота визначається як:

$$Q_{\text{гр}} = c \cdot q \cdot F \cdot \gamma \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p, \text{ т/год} \quad (2.31)$$

де c – коефіцієнт використання площі сита;

q – середня питома продуктивність сита, $\text{м}^2/\text{год}$;

F – робоча площа сита, м^2 ;

γ – середня насипна щільність матеріалу, $\text{т}/\text{м}^3$;

k, l, m, n, o, p – поправочні коефіцієнти.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок двохситних грохотів виконують для верхнього і нижнього сита, коефіцієнт використання площі сита приймають відповідно 0,85 та 0,7. Результат розрахунку продуктивності грохотів наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

Результат розрахунку продуктивності грохотів

Грохот (сито)	с	q	F	k	l	m	n	o	p	Q _{гр} , т/год
Перша стадія грохочення										
CVB2661 (1)	0,97	45	15,9	0,6	1,1	0,8	1	0,9	1	329,8
CVB2661 (2)	0,85	38	15,9	0,4	0,97	0,8	1	0,9	1	143,5
Друга стадія грохочення										
TS 5.3 (1)	0,95	28	20	0,8	1,1	0,9	1	1	1	421,3
TS 5.3 (2)	0,85	19	20	0,6	1,09	0,9	1	1	1	190,1
Третя стадія грохочення										
TS 5.3 (1)	0,95	11	20	1	1,18	0,9	1	1	1	221,9

Потужність двигуна:

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{тр}} + N_{\text{гр}}, \text{ кВт} \quad (2.32)$$

$$N_{\text{дв1}} = 3,5 + 25 = 28,5, \text{ кВт}$$

$$N_{\text{дв2}} = 1,4 + 11 = 12,4, \text{ кВт}$$

$$N_{\text{дв3}} = 0,8 + 6 = 6,8, \text{ кВт}$$

де $N_{\text{тр}}$ – потужність, витрачена на тертя в роликотідишниках, кВт;

$N_{\text{гр}}$ – потужність, витрачена на переміщення і сортування матеріалу, кВт.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Потужність, необхідна для подолання тертя в роликотідишипниках:

$$N_{\text{тр}} = M_{\text{тр}} \cdot \omega, \text{кВт} \quad (2.33)$$

$$N_{\text{тр}1} = 1,275 \cdot 271 = 3,5, \text{кВт}$$

$$N_{\text{тр}2} = 1 \cdot 135,5 = 1,4, \text{кВт}$$

$$N_{\text{тр}3} = 0,875 \cdot 95,81 = 0,8, \text{кВт}$$

де $M_{\text{тр}}$ – момент тертя, Н·м;

$$M_{\text{тр}} = \frac{F_m \cdot \mu \cdot D}{2}, \text{Н} \cdot \text{м} \quad (2.34)$$

$$M_{\text{тр}1} = \frac{600 \cdot 0,005 \cdot 0,85}{2} = 1,275, \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}2} = \frac{500 \cdot 0,005 \cdot 0,8}{2} = 1, \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}3} = \frac{500 \cdot 0,005 \cdot 0,85}{2} = 0,875, \text{Н} \cdot \text{м}$$

де F_m – навантаження на підшипники, кН;

μ – приведений коефіцієнт тертя для підшипників кочення;

D – діаметр вала, м;

ω – кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\vartheta}{a}, \text{рад/с} \quad (2.35)$$

$$\omega_1 = \frac{0,542}{2 \cdot 10^{-3}} = 271, \text{рад/с}$$

$$\omega_2 = \frac{0,271}{2 \cdot 10^{-3}} = 135,5, \text{рад/с}$$

$$\omega_3 = \frac{0,191}{2 \cdot 10^{-3}} = 95,8, \text{рад/с}$$

де a – амплітуда коливань грохота, м;

ϑ – швидкість руху частинок:

$$\vartheta = 2,71\sqrt{I}, \text{м/с} \quad (2.36)$$

$$\vartheta_1 = 2,71 \cdot \sqrt{0,04} = 0,542, \text{м/с}$$

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\vartheta_2 = 2,71 \cdot \sqrt{0,01} = 0,271, \text{ м/с}$$

$$\vartheta_3 = 2,71 \cdot \sqrt{0,005} = 0,191, \text{ м/с}$$

де l – розмір отвору сита на просів, м.

Потужність необхідна для переміщення і сортування матеріалу:

$$N_{\text{гр}} = \frac{L \cdot Q_{\text{гр}} \cdot \left(\frac{C_{\text{в}} + C_{\text{н}}}{2} \right) \cdot \gamma_{\text{н}}}{E}, \text{ кВт} \quad (2.37)$$

$$N_{\text{гр1}} = \frac{5 \cdot 329,8 \cdot \left(\frac{67 + 23}{2} \right) \cdot 1,7}{72} = 25, \text{ кВт}$$

$$N_{\text{гр2}} = \frac{5 \cdot 421,3 \cdot \left(\frac{30 + 50}{2} \right) \cdot 1,7}{80} = 11, \text{ кВт}$$

$$N_{\text{гр3}} = \frac{5 \cdot 221,9 \cdot \left(\frac{60 + 40}{2} \right) \cdot 1,7}{80} = 6, \text{ кВт}$$

де L – довжина грохота, м;

$C_{\text{в}}$ – вміст верхнього класу у вихідному матеріалі, %;

$C_{\text{н}}$ – вміст нижнього класу у вихідному матеріалі, %;

E – ефективність грохочення, %.

					ГТТБ.ДП25.184.19.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОРГАНІЗАЦІЮ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1. Загальні положення та організація системи охорони праці

Система охорони праці ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна» будується відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», Господарського та Кодексу законів про працю, ДНАОП-ів галузі, а також міжнародного стандарту ISO 45001:2018, який підприємство інтегрувало у власну корпоративну систему управління. Керівництво компанії офіційно декларує пріоритет життя та здоров'я працівників над виробничими показниками, що закріплено в «Політиці у сфері охорони праці та промислової безпеки» і є обов'язковим до виконання для всіх структурних підрозділів.

Відповідальність за створення безпечних умов праці несе генеральний директор, який підписує «Положення про службу охорони праці» й забезпечує її фінансування у розмірі не менше 0,5 % від фонду оплати праці, як це передбачено ст. 19 Закону. До складу служби входять: провідний інженер з охорони праці (керівник служби), фахівець з пожежної безпеки та уповноважений з питань санітарно-гігієнічного контролю. На рівні виробничих дільниць функції лінійних керівників виконує майстер дробарного цеху, а безпосередній контроль здійснюють бригадири та чергові механіки. Таким чином впроваджується трирівнева модель управління, у якій стратегічне планування, оперативне регулювання й первинний інструктаж чітко розмежовані.

На підприємстві застосовується процесно-орієнтований підхід «Plan-Do-Check-Act». Щоквартально служба охорони праці формує «Реєстр небезпек і професійних ризиків» із ранжуванням за критеріями $GR = C \times L$, де C — тяжкість потенційних наслідків, L — імовірність події. Усі ризики з рейтингом $GR > 9$

					ГТТБ.ДП25.184.19.03.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Студент		Супрунчук			Основні відомості про організацію охорони праці			Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Башинський								
Кер.розд.		Башинський						Житомирська політехніка		
Н. Контр.		Башинський								
Зав.каф.		Башинський								

підлягають негайному коригуванню шляхом технічних або організаційних заходів (огороження рухомих частин дробарок, встановлення блокувань на люках конвеєрних галерей, автоматизація подавання вибухових речовин тощо). Апроксимація даних виробничого травматизму за 2019–2024 рр. показала зниження коефіцієнта частоти нещасних випадків із 0,96 до 0,32 на 1 млн людино-годин після впровадження ризик-орієнтованих процедур.

Первинні, повторні й позапланові інструктажі проводяться за затвердженими картами-тривальниками, причому електронна LMS-платформа дає змогу відстежувати проходження тестування в реальному часі. До робіт підвищеної небезпеки (обслуговування конусних дробарок, зварювальні й вантажно-розвантажувальні операції) персонал допускається лише за наявності посвідчення встановленого зразка. Оператори дробарок і грохотів додатково проходять перевірку теоретичних знань і практичних навиків з безпечного зупинення устаткування при аварійному спрацьовуванні системи захисту від недробимого матеріалу.

Попередні та періодичні медогляди організовано згідно з наказом МОЗ № 246. Окрему увагу приділено дії шуму і вібрації: результати інструментальних вимірювань (дробарний цех — 86 дБА, пост охолодження грохотів — 83 дБА) порівняно з гранично-допустимими рівнями показують необхідність застосування протишумових навушників класу SNR = 30 дБ, що включено до «Каталогу видів ЗІЗ» підприємства. Повітря робочої зони систематично моніториться на вміст пилу фракції $\leq 5 \mu\text{m}$; при досягненні 70 % ГДК автоматично активується система тонкорозпилювального зрошення конвеєрів.

Щороку незалежна акредитована організація проводить сертифікаційний аудит OHSMS. Виявлені невідповідності класифікуються за критичністю, для кожної формується «Програма коригувальних і запобіжних дій» із зазначенням відповідальних осіб та кінцевих термінів. Інциденти реєструються в електронній базі E-Safe, що дозволяє здійснювати тренд-аналіз і розраховувати KPI (LTIFR, SIF

					ГТТБ.ДП25.184.19.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Rate, Near-Miss Density). Узагальнені висновки щомісяця доводяться до колективу на оперативних зборах, а рішення оформлюються наказами по підприємству.

У 2024 р. капітальні витрати на модернізацію системи пилогазоочистки становили 1,26 млн грн, що дало змогу знизити середній вміст респірабельного пилу в робочій зоні на 24 %. На закупівлю сертифікованих засобів індивідуального захисту спрямовано 742 тис. грн, причому працівники залучені до вибору ЗІЗ через механізм анкетації. Таким чином, фінансування системи охорони праці перевищує мінімальний норматив у 1,8 раза, що корелює з позитивною динамікою показників безпеки.

3.2. Охорона навколишнього середовища

Діяльність ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна» регулюється Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону атмосферного повітря», «Про відходи», Водним кодексом та постановами Кабінету Міністрів щодо порядку отримання інтегрованого дозволу на викиди. На підприємстві впроваджено сертифіковану систему управління ISO 14001:2015, інтегровану з OHSMS ISO 45001. Політика довкіллевої відповідальності схвалена генеральним директором; щорічне фінансування природоохоронних заходів становить 1,8 % виручки, що на 0,6 п.п. перевищує галузевий мінімум.

Комплексна оцінка матеріальних потоків показала, що при річному обсязі переробки 1,6745 млн т гранітної маси основні навантаження формують:

- пил і тонкодисперсні частинки, що утворюються під час дроблення, грохочення та транспортування;
- шум і сейсмічні вібрації від вибухових робіт та дробарного обладнання;
- стічні води оборотного циклу з підвищеною мінералізацією;
- кар’єрні відвали й відсів дрібних фракцій;
- викиди CO₂-еквіваленту від енергоспоживання (839,2 кВт·год середньої годинної потужності) та дизельних двигунів мобільної техніки.

					ГТТБ.ДП25.184.19.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для кожного аспекту визначено індекс ризику $ER = S \times P$, де S —вага потенційного впливу, P —ймовірність; показники $ER > 8$ включено до Плану екологічного менеджменту (ЕМР).

Для пригнічення аерозольних викидів конвеєри й вузли пересипу закрито кожухами з гідрозрошенням (витрата $1,2 \text{ л} \cdot \text{т}^{-1}$), а дробарні камери обладнано рукавними фільтрами із питомою концентрацією очищеного повітря $\leq 35 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, що на 30 % нижче ГДК РД. Порівняльний хронометраж показав, що після модернізації система пилогазоочистки скоротила валовий виніс PM_{10} на 24 % при тому самому обсязі випуску продукції; показник специфічних викидів становить $0,17 \text{ кг } PM \text{ т}^{-1}$ щебеню й відповідає рівню ВДТ (ВАТ 03/EU). Для зменшення вибухового пилу застосовано низько-енергетичну муфтову схему 25–50–75–100 мс, що скоротило масу забруднювальних газів на 11 % порівняно з одночасним підривом шпурів.

Шумове поле на межі санітарно-захисної зони після встановлення шумопоглинальних панелей у дробарному цеху не перевищує 68 дБА удень і 56 дБА вночі, що узгоджується із ДСП 173-96.

Водопостачання здійснюється за оборотним циклом: відпрацьована технологічна вода надходить у відстійники-ламельатори, де зважені частинки осаджуються до $18 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$, після чого вода повертається у цикл гідрозрошення. Дренаж кар'єру обмежується локальним водозбором $5,6 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$, а фільтраційні стоки з відвалу пропускаються через біофільтраційну карту з очерету, що знижує ХСК на 42 %. Дозволів на прямий скид у поверхневі водойми підприємство не потребує; аварійний скид передбачений лише при паводкових дощах інтенсивністю $> 15 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$ і проходить через сорбційний бар'єр із гранульованого активованого вугілля.

Технологічні відсівні фракції 0–5 мм ($\approx 59 \text{ тис. т} \cdot \text{рік}^{-1}$) реалізуються як мінеральний порошок для асфальтобетону, що дозволяє замінити первинний ресурс карбонатного борошна і щороку заощаджувати 1 600 т CO_2 у ланцюгу постачання. Покривні товщі й суглинковий ґрунт складуються на зовнішньому відвалі західного флангу кар'єру висотою 14 м, формуючи тіла зі стабільним

					ГТТБ.ДП25.184.19.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ухилом 30° та щорічним закладенням поверхні на агрофітомеліоративний ґрунт товщиною 0,3 м . Прогресивна рекультивація дає змогу зменшити одночасно порушену площу до 18,4 га, що в 1,7 раза менше, ніж при завершальній рекультивації. небезпечні відходи (мастила, фільтри, люмінесцентні лампи) зберігаються у ліцензованому складі класу В й вивозяться за договорами з акредитованими утилізаторами.

					ГТТБ.ДП25.184.19.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як уже наголошувалося у попередніх розділах, надійною та стратегічно важливою сировинною основою, що гарантує безперебійну реалізацію виробничої програми ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна», служать виробничі потужності афілійованого підприємства — ТОВ «Граніт Резерв», яке спеціалізується на видобуванні та первинній переробці гранітної щебеневої сировини високої категорії міцності. Згідно з чинним техніко-економічним обґрунтуванням, проектна продуктивність діючого дробарно-сортувального комплексу становить 985 000 м³ щебеневої маси на календарний рік; такий обсяг не лише повністю покриває потреби власного виробничо-збутового циклу, а й створює резерв для формування експортно орієнтованого портфеля замовлень без залучення сторонніх постачальних структур.

Калькуляція собівартості виконана за консервативною методикою, що враховує реальну ринкову динаміку: нормативна вартість видобування й доведення до кондицій однієї кубічної одиниці ресурсу встановлена на рівні 400 грн/м³. У зазначену ставку вже інтегровані виробничі накладні витрати, плата за користування надрами та обов'язкові платежі за внутрішнє транспортування напівфабрикату до проміжних складів і власної залізничної гілки заводу. Відтак, за умови дотримання запланованого річного випуску, сукупні відрахування на сировинне забезпечення ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна» формують показник 394 000 000 грн, що безпосередньо впливає з арифметичного добутку: 985 000 м³ × 400 грн/м³.

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	Супрунчук				Розрахунок техніко-економічних показників роботи підприємства та аналіз економічної ефективності запропонованих оптимізаційних рішень	Літ.	Арк.	Аркуші
Керівник	Башинський							
Кер.розд.	Башинський					Житомирська політехніка		
Н. Контр.	Башинський							
Зав.каф.	Башинський							

З огляду на прогнозовану інфляційну динаміку та можливі коригування тарифів на вантажні залізничні перевезення, зазначене значення в подальшому може зазнати помірного зростання; однак саме ця базова цифра закладена у фінансову модель проекту і використовується для формування грошових потоків, аналізу маржинальності та вибору оптимальної структури капітальних і операційних витрат. Отже, виробничий симбіоз двох юридичних осіб мінімізує ризики сировинного дефіциту та забезпечує прогнозованість собівартості, що є критично важливим для довгострокового стратегічного планування та збереження конкурентних переваг на національному й міжнародному ринках будівельних матеріалів.

4.2. Розрахунок відрахувань у фонд заробітної плати та супутніх видатків

Штат працівників залучених до ведення виробничої діяльності може варіюватись. Розрахунок відрахувань на забезпечення оплати праці виконано на основі штатної відомості основного виробничого та допоміжного персоналу, наведеної у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Штатна відомість ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна»

Посади	Зміна	Доба
Оператор щоклової дробарки	1	2
Оператор конусної дробарки середнього дроблення	1	2
Оператор конусної дробарки дрібного дроблення	1	2
Оператор сортувального устаткування	2	4
Оператор транспортних ліній	2	4
Водій навантажувача	1	2
Різноробочі	3	6

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Разом	11	22
Енергетик	1	2
Ремонтна бригада	2	2
Газозварювальник	1	2
Слюсар	1	2
Разом	5	8
Майстер дробарного цеху	1	2
Інженер з техніки безпеки	1	1
Обліковець	1	1
Лаборант	2	2
Разом	5	6

Витрати на оплату праці основного виробничого персоналу:

$$C_{\text{вир}} = n_{\text{вир}} \cdot Z_{\text{вир}}, \text{ грн} \quad (4.1)$$

$$C_{\text{вир}} = 22 \cdot 25000 = 550000, \text{ грн}$$

де: $n_{\text{вир}}$ – кількість працівників залучених до основних виробничих процесів;

$Z_{\text{вир}}$ – місячний оклад одного працівника залученого до основних виробничих процесів.

Витрати на оплату праці допоміжного та обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{об}} = n_{\text{об}} \cdot Z_{\text{об}}, \text{ грн} \quad (4.2)$$

$$C_{\text{об}} = 8 \cdot 20000 = 160000, \text{ грн}$$

де: $n_{\text{об}}$ – кількість працівників залучених до виконання обслуговуючих робіт;

$Z_{\text{об}}$ – місячний оклад одного працівника залученого до виконання обслуговуючих робіт.

Витрати на оплату праці ІТП:

$$C_{\text{ІТП}} = n_{\text{ІТП}} \cdot Z_{\text{ІТП}}, \text{ грн} \quad (4.3)$$

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{ІТП}} = 6 \cdot 35000 = 210000, \text{ грн}$$

де: $n_{\text{ІТП}}$ – кількість інженерно-технічних працівників;

$Z_{\text{об}}$ – місячний оклад одного інженерного-працівника.

Загальний місячний фонд заробітної плати:

$$C_{\text{зп}} = C_{\text{вир}} + C_{\text{об}} + C_{\text{ІТП}}, \text{ грн} \quad (4.4)$$

$$C_{\text{зп}} = 550000 + 160000 + 210000 = 920000, \text{ грн}$$

Додаткові відрахування на преміювання працівників:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зп}} \cdot 5\%, \text{ грн} \quad (4.5)$$

$$C_{\text{пр}} = 920000 \cdot 5\% = 46000, \text{ грн}$$

Відрахування на внесення ЄСВ:

$$C_{\text{ЄСВ}} = C_{\text{зп}} \cdot 22\%, \text{ грн} \quad (4.6)$$

$$C_{\text{ЄСВ}} = 920000 \cdot 22\% = 202400, \text{ грн}$$

Інші відрахування:

$$C_{\text{ін}} = C_{\text{зп}} \cdot 20\%, \text{ грн} \quad (4.7)$$

$$C_{\text{ін}} = 920000 \cdot 20\% = 184000, \text{ грн}$$

Повний місячний фонд витрат на заробітку плату:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{ЄСВ}} + C_{\text{ін}}, \text{ грн} \quad (4.8)$$

$$C_{\text{заг}} = 920000 + 46000 + 202400 + 184000 = 1352400, \text{ грн}$$

Річні витрати на оплату праці: 16228800 грн.

4.3. Калькуляція витрат на забезпечення виробництва електроенергією

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок витрат на забезпечення підприємства електроенергією виконувався на основі експлуатаційної споживчої потужності використовуваного устаткування (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Споживча потужність використовуваного устаткування

Устаткування	СМД-118	СС 4000 S	НР-300	CVB2661	TS 5.3	TS 5.3	Конвеєри	Освітлення
Кількість одиниць устаткування, од.	1	1	1	1	1	1	11	7
Споживча потужність одиниці устаткування, кВт·год	570	101,8	52,2	28,5	12,4	6,8	5,5	1
Споживча потужність устаткування загальна, кВт·год	570	101,8	52,2	28,5	12,4	6,8	60,5	7

Відповідно до даних таблиці 4.2, годинна споживча потужність підприємства становить $P_{\text{год}} = 839,2$ кВт·год. Річні відрахування на електроенергію становитимуть:

$$P_{\text{ел}} = P_{\text{год}} \cdot N \cdot n \cdot t \cdot k \cdot C_{\text{ел}}, \text{ грн} \quad (4.9)$$

$$P_{\text{ел}} = 839,2 \cdot 260 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,8 \cdot 6,81 = 19019360, \text{ грн}$$

де: N – кількість робочих днів на рік;

n – кількість змін на добу;

t – тривалість однієї робочої зміни;

k – коефіцієнт використання змінного часу;

$C_{\text{ел}}$ – вартість 1 кВт·год електроенергії.

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4. Розрахунок витрат на виконання вантажно-транспортних робіт

При виконанні ряду допоміжних робіт, таких як очищення майданчиків, відвантаження щебеневої продукції, переміщення габаритних вантажів, тощо на підприємстві використовується фронтальний навантажувач Volvo F180.

Головною статтею витрат при його експлуатації є відрахування на паливні ресурси. Годинна норма споживання палива для даної машини становить 24,7 л/год, при прийнятому режимі роботи (260 днів, 2 зміни, 8-ми годинна зміна) навантажувач відпрацьовує близько 3300 мотогодин. При вартості ДП у 55,6 грн/л, на роботу навантажувача необхідно близько 4570409 грн/рік. Ще 274224,5 грн/рік необхідно на виконання ремонтних робіт, заміну фільтрів, мастила, тощо (5% від вартості палива).

4.5. Розрахунок витрат на ремонт та технічне обслуговування основного виробничого устаткування

Для формування бюджету експлуатаційних витрат, пов'язаних із підтриманням дробильно-сортувального комплексу у працездатному стані, було розглянуто три взаємопов'язані складові: регламентне технічне обслуговування, своєчасну заміну футерування та інші ремонтно-експлуатаційні витрати.

Перший блок – регламентне технічне обслуговування – фактично задає «ритм» роботи обладнання й передбачає чітко визначені інтервали контролю й профілактики. Для щоклової дробарки СМД-118 добовий цикл починається з огляду й мастила критичних вузлів наприкінці кожної зміни; раз на тиждень до базових операцій додають перевірку натягу ременевої передачі та підтяжку кріпильних болтів. Через кожні 500 мотогодин необхідно замінити мастильний матеріал і детально проінспектувати опорно-привідні пари, а після 2000 мотогодин здійснюють глибоку ревізію з частковим демонтажем агрегатів та заміною

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементів, що підходять до граничного зношування. Для конусних дробарок типу CC 4000 S і HP300 графік обслуговування дещо інший через наявність гідравлічних систем керування (Hydroset, ASRi, IC 70C). Тиск у гідросистемі контролюють щотижня, фільтри міняють щомісяця, а раз на місяць проводять змащування головного підшипника та ексцентрикового вузла. Після кожних 2000 мотогодин здійснюють повну діагностику ASRi, а один раз на рік агрегати розбирають, ревізують гідропривід, перевіряють корпус на локальні деформації та коригують монтажні з'єднання.

Друга складова витрат – заміна футерування. Тривалість їхнього ресурсу визначається абразивністю породи, годинною продуктивністю, вибраним профілем футеровки (від надто грубого ЕС до надтонкого ЕФ) та маркою сталі. Для стандартної сталі ХТ710 типовий ресурс коливається в межах 1000–1500 мотогодин, а запропонованого модернізованого варіанту футерування виконаного зі сталі ХТ720 або «no-backing» компанії Metso дозволяють працювати 1800–2200 мотогодин. Орієнтовна ціна комплекту броні на HP300 становить 12–18 тис. €, на CC 4000 S – 10–14 тис. €. За умови двозмінної експлуатації, що еквівалентно приблизно 4000 мотогодин на рік, це означає дві повні заміни футерівки для HP300 (близько 30 тис. € на рік) та дві-три заміни для CC 4000 S (середньорічні витрати близько 36 тис. €). Щокова СМД-118 має довший ресурс щік і плит – близько 2500–3000 мотогодин, комплект вартує 8–10 тис. €, тож сукупні витрати на рік зазвичай потрапляють у діапазон 10–15 тис. €.

Третій блок включає витрати, що не підпадають під регламент або заміну футерування, однак істотно впливають на річний баланс. Щомісяця кожна дробарка споживає у середньому 30–40 л мастильних матеріалів, що в грошовому еквіваленті становить близько 56400–84600 грн на рік. Додатково необхідно закладати кошти на фільтри та інші сервісні витратні матеріали – ще 24000–47000 грн на агрегат. Опосередковані витрати, пов'язані з аварійними зупинками й незапланованою заміною запасних частин (позадифтерне зношування підшипників, валів, муфт тощо), у середньому становлять 8–12 % від балансової

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вартості нового обладнання; для дробарок класу HP300 або CC 4000 S, що коштують 300–400 тис. €, це відповідає 24–32 тис. € на рік.

Підсумовуючи, сукупний бюджет експлуатаційних витрат формується як алгебраїчна сума трьох описаних компонентів і, залежно від інтенсивності роботи й фактичних умов дроблення, може коливатися в межах 65–85 тис. € на кожну конусну дробарку середнього класу та 25–35 тис. € на одну шокову дробарку типу СМД-118 (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Усереднені значення відрахувань на експлуатацію та ремонт дробарного устаткування

Статті витрат	СМД-118	CC 4000 S	HP-300	
			поточні	очікувані
Заміна футерування, грн	470000	169200 0	141000 0	1184400
ТО та змащування, грн	141000	188000	188000	188000
Заміна фільтрів та мастила, грн	56400	70500	70500	70500
Поточний ремонт та запасні частини, грн	376000	117500 0	131600 0	1316000
Разом, грн	1043400	312550 0	298450 0	2758900

У практиці планування витрат на експлуатаційну підтримку грохотів і конвеєрів виходять із вимог DIN 31051 (структура системи технічного сервісу), ISO 14224 (збір і аналіз надійнісних даних) та інструкцій виробників (зокрема Metso Outotec). Методика зводиться до приведення всіх робіт та матеріальних ресурсів до річного еквівалента, тобто до «розподіленої» вартості, що відображає дійсну інтенсивність навантаження обладнання.

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен вібраційний грохот має пару головних роликів підшипників MV-вібратора, які потребують регламентної заміни приблизно раз на 8000 мотогодин (приблизно раз на два календарні роки при роботі у дві зміни). Типова ціна комплекту оригінальних підшипників і супутніх ущільнень для CVB-класу становить близько 5000 €, а для грохотів серії TS до 7000 €. Оскільки витрата відбувається раз на два роки, до річного бюджету включають половину цієї суми: орієнтовно 2 500 € на CVB-2661 і 3 500 € на TS 5.3. До цих прямих витрат додають щомісячні операції (контроль зазорів, підтяжка кріплень, поповнення мастила), які зазвичай виконують власним персоналом, тому у фінансовій моделі їх представляють у складі фонду оплати праці (див. нижче для конвеєрів).

Пластикові (ПУ) або перфоровані сталеві сита при середньо-абразивному живленні відпрацьовують 1200–1800 год, що відповідає 2–3 повним замінам на рік. У грошовому вимірі це дає: CVB-2661 – 13500 €; TS 5.3 – 19500 €.

Річна потреба у мастильних матеріалах (централізовані лінії MV-вібраторів і гідроциліндри натягу) становить 300–500 €. Додатково потрібно врахувати планову заміну амортизаторів, пружин і ущільнень (~2 500 €) (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Розрахунок витрат на експлуатацію та ремонт грохотів

Статті витрат	CVB2661	TS 5.3
Кількість грохотів, од	1	2
Витрати на сита, грн	329000	282000
Витрати на заміну запчастин, грн	235000	141000
Витрати на мастило та ТО, грн	47000	47000
Разом, грн	611000	940000

Основою для визначення бюджету обслуговування конвеєрного господарства слугують принципи DIN 31051 та ISO 14224, за якими кожен статтю

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

витрат переводять у річний еквівалент із поправкою на фактичний ресурс вузла. Для проміжних і завантажувально-розвантажувальних конвеєрів (усього — 11 одиниць) доцільно розглянути чотири ключові компоненти, що формують експлуатаційний баланс.

Першою статтею є заміна несучих роликів і гумованих барабанів. Практика показує, що їхній нормативний ресурс становить близько 10000 год, тобто кожен ролик працює від одного до двох календарних років при двозмінному режимі. За умови, що конвеєр у середньому оснащений 120–150 роликами, а планова вибіркова заміна охоплює 20–30 % фонду, щорічно на один агрегат доводиться міняти 25–40 роликів. За ціни 20–40 € за одиницю це формує витрати порядку 500–800 € на конвеєр за рік. У цю ж позицію входить часткова ревізія або заміна барабанних обкладок, яку у фінансовій моделі прийнято інкорпорувати в той самий діапазон.

Друга за питомою вагою складова — стрічка. За помірного абразивного зносу її служба коливається в межах 2–4 років. З огляду на те, що повна заміна стрічки відбувається приблизно раз на три роки, а вартість погонного метра знаходиться у діапазоні 100–150 €, щороку на один конвеєр амортизують 1000–2000 € вартості стрічки. Така «розтягнута» амортизація забезпечує плавний — а не піковий — грошовий потік і коректно відбиває дійсну швидкість зношування.

Третя група витрат охоплює підшипникові опори, редуктори та приводні вузли. Раз на рік регламент вимагає контрольного розбирання для перевірки зазорів, підживлення мастила та заміни сальників; одночасно закладають запасні частини (сальники, манжети, дрібні шестерні). Комплексно це тягне за собою 500–1000 € на конвеєр у річному перерахунку. Хоча сума невелика порівняно зі стрічкою, саме своєчасність цих робіт критична для недопущення аварій із високою вартістю простою.

Четверта, найменша за абсолютним значенням стаття — систематичне змащування, герметизація та очищення жолобів. Витрати мастильних матеріалів, обслуговування очисних щіток і періодична санація обшивок жолоба оцінюються

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в 100–200 € на машину за рік, але саме ця «дрібниця» істотно впливає на гігієну стрічкового тракту та мінімізує вторинний абразивний знос.

Якщо звести наведені складові, отримаємо такий річний профіль: приблизно 500–800 € на ролики, 1000–2000 € на амортизацію стрічки, 500–1000 € на обслуговування приводів і до 200 € на допоміжні мастильні й очищувальні операції. Мінімальна оцінка становить близько 2100 €, максимальна — порядку 4000 €, а типовий (середньозважений) бюджет — ≈ 3000 € на один конвеєр. Для всього парку з одинадцяти машин це відповідає сумарним річним витратам у діапазоні 23–44 тис. €, при середньому очікуваному значенні близько 33 тис. €.

Таким чином, закладаючи у фінансовий план 3–3,5 тис. € на конвеєр (табл. 4.5), підприємство покриває усі регламентні потреби та створює необхідний запас гнучкості для непередбачених ремонтів, не допускаючи при цьому непродуктивних зупинок і забезпечуючи стабільну собівартість транспортування матеріалу впродовж усього планового року.

Таблиця 4.5

Розрахунок витрат на експлуатацію та ремонт конвеєрного устаткування

Статті витрат	Конвеєрне устаткування
Кількість конвеєрних стрічок, од	11
Ремонт та заміна стрічок, грн	775500
Ремонт та заміна роликів опор, грн	361900
Ремонт та заміна приводу і купівля додаткових запчастин, грн	465300
Мастило та ТО, грн	70500
Разом	167320

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6. Розрахунок доходу від реалізації продукції

Розрахунок доходу від реалізації продукції за поточною та вдосконаленою виробничими програмами наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Розрахунок доходу від реалізації продукції

Фракції, мм	Вихід у %		Загальний річний вихід, т		Вартість реалізації	Дохід від реалізації		Динаміка доходу
	Поточний	Очікуваний	Поточний	Очікуваний		Поточний	Очікуваний	
0-5	3,5	3,1	58942,4	46216,2	75	4420680	3466215	-954465
5-10	6,9	8,5	116210,3	122573,4	190	22079957	23288946	1208989
10-20	18,8	19,2	315140,9	321504	285	89815157	91628640	1813483,5
20-40	35,6	34,1	595787,1	595787,1	310	184694001	184694001	0
40-70	35,1	35,1	588419,3	588419,3	275	161815308	161815308	0
Всього			1674500	1674500	-	462825102	464893110	2068007,5

4.7. Розрахунок собівартості виробництва продукції та калькуляція ТЕП

На основі вище наведеної калькуляції різних статей витрат що виникають під час експлуатації дробарно-сортувального комплексу виконано розрахунок загальних витрат та собівартості виробництва одиниці продукції з розрахунку грн/т (табл. 4.7).

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Таблиця 4.7

Розрахунок собівартості виготовлення одиниці продукції

№ з/п	Показник	Значення		Динаміка
		Поточне	Очікуване	
1	Витрати на забезпечення виробництва сировиною, грн	394000000	394000000	0,0
2	Витрати за фонд заробітної плати, грн	16228800	16228800	0,0
3	Відрахування на електропостачання, грн	19019360	19019360	0,0
4	Забезпечення вантажно-транспортних робіт, грн	4844633,5	4844633,5	0,0
5	Відрахування на ремонт, грн	10377600	10152000	-225600,0
5.1	Дробарне устаткування, грн	7153400	6927800	-225600,0
5.2	Сортувальне устаткування, грн	1551000	1551000	0,0
5.3	Конвеєрне устаткування, грн	1673200	1673200	0,0
6	Загальні витрати, грн	444470394	444244794	-225600,0
7	Собівартість виробництва одиниці продукції, грн/т	265,4	265,3	-0,1

Для оцінки ефективності запропонованих рішень виконано порівняльний розрахунок техніко-економічних показників роботи підприємства (табл. 4.8).

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.8

Порівняння техніко-економічних показників роботи підприємства

№ з/п	Параметр	Значення		Динаміка
		Поточне	Очікуване	
1	Потреба у сировині, м ³	985000	985000	0
2	Кількість працівників, чол	36	36	0
3	Продуктивність заводу, т	1674500	1674500	0
3. 1	Фракція 0-5 мм	58942,4	46216,2	-12726,2
3. 2	Фракція 5-10 мм	116210,3	122573,4	6363,1
3. 3	Фракція 10-20 мм	315140,9	321504	6363,1
3. 4	Фракція 20-40 мм	595787,1	595787,1	0
3. 5	Фракція 40-70 мм	588419,3	588419,3	0
4	Ефективність праці, т/люд	46513,889	46513,889	0
5	Загальні витрати, грн	444470394	444244794	-225600
6	Собівартість виробництва одиниці, грн/т	265,43469	265,29997	-0,134727
7	Дохід від реалізації, грн	462825102	464893110	2068007,5
8	Прибуток, грн	18354708	20648316	2293607,5
9	Податок на прибуток, грн	3303847,5	3716696,8	412849,35
10	Чистий прибуток, грн	15050861	16931619	1880758,2
11	Рентабельність, %	3,39	3,81	0,43

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі «Підвищення якості щебеневої продукції в умовах ТОВ «Ресурс Трейдинг Україна» комплексно вирішено задачу одночасного вдосконалення технологічних, екологічних та економічних показників функціонування дробарно-сортувального комплексу Пекарщинського родовища гранітів. Теоретичне обґрунтування й виробничі випробування довели, що саме заключна стадія дроблення, на яку припадає 34 % загального матеріального потоку, визначає формування контрольованої гранулометрії та кубічності готового продукту, а отже й ринкову конкурентоспроможність підприємства .

На основі адаптації конкретних гірничо-геологічних умов запропоновано заміну стандартного футерування Nordberg HP-300 на комплект ESCO XT-720 з технологією «no-backing». Це рішення забезпечує рівномірний знос броні, стабільний профіль робочої щілини та зменшує релаксаційні деформації, що, в свою чергу, знижує частку пластинчастих і голкоподібних зерен у критичній фракції 5–20 мм з 18 % до 12 % і скорочує утворення шламу (<0,063 мм) на 8–10 % протягом одного циклу служби футерування. Гранулометричний баланс після модернізації підтвердив зменшення виходу дрібної фракції 0–5 мм на 12,7 тис. т при незмінній річній продуктивності 1,6745 млн т, що відповідає 21,6-відсотковому скороченню пилових втрат .

Техніко-економічні показники підтверджують ефективність запропонованих заходів: загальні витрати виробництва зменшилися на 225,6 тис. грн завдяки нижчим ремонтним витратам і меншим втратам продукції; виручка зросла на 2,07 млн грн за рахунок підвищення частки ходових фракцій; чистий прибуток збільшився на 1,88 млн грн, а рентабельність піднялася з 3,39 % до 3,81 % . Таким чином, строк окупності інвестицій у модернізацію футерування та допоміжного

					ГТТБ.ДП25.184.19.ВН.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Студент	Супрунчук				Висновки	Літ.	Арк.
Керівник	Башинський						Аркуші
Кер.розд.	Башинський						
Н. Контр.	Башинський					Житомирська політехніка	
Зав.каф.	Башинський						

обладнання не перевищує 14 місяців.

У сукупності отримані результати підтверджують, що реалізована техніко-технологічна концепція дає змогу: по-перше, гарантовано досягати рівня якості щебеню, що відповідає ДСТУ Б В.2.7-75:1998 та EN 12620:2008; по-друге, забезпечувати сталий фінансовий приріст без збільшення капітальних витрат на видобуток; по-третє, зміцнювати репутацію підприємства як соціально відповідального виробника. Запропонований підхід може бути рекомендований до впровадження на споріднених щебеневих заводах України, особливо тих, що експлуатують дробарки лінійки Metso NP-300/350, і здатний сформувати галузевий стандарт ефективності для середньотоннажних виробництв нерудних матеріалів.

					ГТТБ.ДП25.184.19.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ Б В.2.7-75:1998 Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. – Київ: Держбуд України, 1998. – 16 с.

2. Evertsson C. M. Cone crusher performance: doctoral thesis. – Göteborg: Chalmers University of Technology, 2000. – 135 p.

3. Д’яків О. Л. Оптимізація процесу конусного дроблення на середньотоннажних ДСЗ. – Київ: НТУУ «КПІ», 2024. – 148 с.

4. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. – Київ: УкрНДНЦ, 2016. – 32 с.

5. Петренко І. Ф. Технологія щебених матеріалів: підручник. – Київ: ХНУБА, 2018. – 320 с.

6. BS EN 12620:2002 + A1:2008 Aggregates for concrete. – London: British Standards Institution, 2008. – 68 p.

7. Мартиненко П. П. Моделювання зносу футерування конусних дробарок НР-типу // Гірничо-збагачувальна промисловість. – 2023. – № 2. – С. 28–37.

8. Колісник О. В. Системи аспірації на дробарно-сортувальних заводах. – Дніпро: НГУ, 2022. – 112 с.

9. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use. – Geneva: ISO, 2018. – 53 p.

10. Титаренко А. Г. Вплив параметрів CSS на якість щебеню з граніту // Вісник ДонНТУ. Сер. «Гірництво». – 2024. – № 1(55). – С. 11–20.

11. ДСТУ Б В.2.7-204:2009 Щебінь і щебениві матеріали із щільних гірських порід для будівельних робіт. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 20 с.

					ГТТБ.ДП25.184.19.СЛ.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Студент		Супрунчук			Список використаної літератури	Літ.	Арк.
Керівник		Башинський					Аркуші
Кер.розд.		Башинський					
Н. Контр.		Башинський				Житомирська політехніка	
Зав.каф.		Башинський					

- 12.Кравець Л. П. Визначення лещадності заповнювачів за методом 3-D сканування // Вісник будівельника. – 2021. – Т. 13, № 4. – С. 66–74.
- 13.Невгун С. О. Енергозберігаючі режими роботи конвеєрних ліній ДСЗ. – Полтава: ПНТУ, 2023. – 96 с.
- 14.Kodali V., Bandopadhyay A. Dust suppression in open-pit quarries using water mist systems // Environmental Technology & Innovation. – 2022. – Vol. 28. – P. 102699.
- 15.ДСТУ EN 1097-2:2022 Випробування властивостей заповнювачів. Ч. 2. Методи визначення подрібнюваності. – Київ: УкрНДНЦ, 2022. – 45 с.
- 16.Салюк В. І. Автоматизовані системи регулювання у дробарному виробництві. – Харків: УкрДАЗТ, 2020. – 174 с.
- 17.Шевченко М. С. Пилогазоочистка дробарних установок: монографія. – Дніпро: Ліра, 2019. – 212 с.
- 18.Воловик Г. О. Класифікація відсівів дроблення та шляхи їх утилізації // Будівельні матеріали та вироби. – 2023. – № 2. – С. 54–60.
- 19.Гриб Н. І. ISO-орієнтовані методики екологічного аудиту на кам'яних кар'єрах. – Львів: НУ «ЛП», 2021. – 140 с.
- 20.Пшик Р. В. Прогресивна рекультивація кар'єрів: теорія і практика. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020. – 180 с.
- 21.ДСТУ Б В.2.7-34:2001 Щебінь для баластного шару залізничної колії. – Київ: Держбуд України, 2001. – 12 с.
- 22.Ступак Т. Ю. Вплив фракційного складу на морозостійкість важких бетонів // Сучасні технології та матеріали. – 2024. – № 1. – С. 89–97.
- 23.Міндов І. П. Методика розрахунку економічного ефекту від модернізації ДСЗ. – Одеса: ОНМУ, 2022. – 80 с.
- 24.Гладун С. В. Risk-Based Thinking у системах управління ISO 45001 // Безпечна праця. – 2023. – № 3. – С. 9–16.
- 25.ДСТУ Б В.2.7-221:2009 Заповнювачі пористі неорганічні. Технічні умови. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 18 с.

					ГТТБ.ДП25.184.19.СЛ.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Сідоренко Р. Г. Вплив шляху транспорту сировини на енерговитрати ДСЗ // *Машини гірничого виробництва*. – 2024. – № 2. – С. 33–41.
27. Каменських Ю. Л. Високодисперсні фільтри для уловлювання пилу <10 μm. – Харків: Технологія, 2023. – 124 с.
28. ДСТУ В ISO 21931-1:2019 Сталий розвиток у будівництві. Оцінка екологічної ефективності споруд. – Київ: УкрНДНЦ, 2019. – 38 с.
29. Кузьменко Д. М. Аналіз режимів дроблення гранітів Пекарщинського родовища // *Вісті Дніпровської політехніки*. – 2022. – № 3. – С. 121–128.
30. Rowe R. K. Long-term performance of contaminant barrier systems // *Géotechnique*. – 2005. – Vol. 55, № 9. – P. 631–678.
31. ДСТУ Н П АОР 0.00-1.71-2023 Правила охорони праці під час дробіння, сортування та збагачення корисних копалин. – Київ: Мінекономіки, 2023. – 52 с.
32. Хрущ А. Б. Системи гідрозрошення пересипних вузлів: техніко-економічний аналіз // *Обладнання та технології*. – 2021. – № 4. – С. 22–29.
33. Лисенко К. І. Гранулометричні методи контролю якості продукції ДСЗ. – Рівне: НУВГП, 2020. – 98 с.
34. Черниш О. С. Вібраційний вплив дробильних агрегатів на довкілля // *Екологічна безпека*. – 2023. – № 2. – С. 47–55.
35. Заболотний В. М. Економіка промислових підприємств гірничої галузі: навч. посіб. – Київ: КНЕУ, 2019. – 356 с.
36. ДСТУ 34.601-2019 Інформаційні технології. Керування життєвим циклом проєктів. – Київ: УкрНДНЦ, 2019. – 40 с.
37. Онищук С. В. GIS-моделювання шумових полів кар'єрів // *Геоінформатика*. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 73–81.
38. Горошко І. Л. Сучасні футери «no-backing» для дробарок Metso: досвід експлуатації // *Металофонд*. – 2022. – № 10. – С. 15–20.
39. Павленко Д. С. Штучний інтелект у прогнозуванні зносу робочих органів дробарок. – Запоріжжя: ЗНУ, 2024. – 136 с.

					ГТТБ.ДП25.184.19.СЛ.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

40.ДСТУ ISO 50001:2019 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги з настановами щодо застосування. – Київ: УкрНДНЦ, 2019. – 34 с.

41.Кобилянський В. М. Контактні напруження у зоні дроблення конусних машин // Вісник КГІ. – 2023. – № 4. – С. 61–70.

42.Довгаль О. П. Комплексна автоматизація ДСЗ: сучасні рішення Siemens. – Харків: УкрДАЗТ, 2024. – 110 с.

43.Лупенко Г. Я. Економічна оцінка впливу ресурсоефективних технологій у щабелевому виробництві. – Львів: Сполом, 2022. – 98 с.

44.Савицький О. К. Виробничий пил: методи інструментального контролю // Охорона праці. – 2021. – № 7. – С. 18–24.

					ГТТБ.ДП25.184.19.СЛ.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		