

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.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: «Розробка технологічних рішень підвищення продуктивності
каменеобробного підприємства ТОВ «Грантех»

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

 Виконавець: Ворончук І.П.

 Керівник: Шамрай В.І.

 Рецензент: Криворучко А.О.

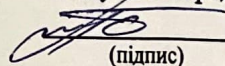
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення: Гірничої справи, природокористування та будівництва
Кафедра: Гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр
Спеціальність: 184 «Гірництво»
Освітня програма: «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

Ворончук Ілля Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Розробка технологічних рішень підвищення продуктивності каменеобробного підприємства ТОВ «Грантех»

Керівник роботи

к.т.н., доц. ШАМРАЙ Володимир

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

затверджені наказом ректора Житомирської політехніки від «13» 03 2025р. №94/с

2. **Строк подання студентом роботи:** _____

3. **Вихідні дані до роботи:** Паспорт виробничої програми підприємства; Технічні паспорти та інструкції з експлуатації основного технологічного обладнання (ФМД-3,0/3,5, СМП-450, кран-балок тощо); План організації виробництва; Інструкції з охорони праці для основних професій.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):** присвячено обґрунтуванню та проектуванню комплексу заходів з підвищення продуктивності каменеобробного підприємства ТОВ «Грантех» шляхом модернізації технологічного процесу розпилювання природного каменю. У роботі здійснено техніко-економічне порівняння варіантів обладнання, розраховано очікуваний приріст випуску продукції, а також проаналізовано вплив запропонованих рішень на умови праці, безпеку та екологічні показники виробництва.

5. **Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):** План території ТОВ «Грантех»; Схема організації технологічного процесу ТОВ «Грантех»; Схема організації системи постачання води та відведення пульпи за умов ТОВ «Грантех»; Розпилювальний дисковий верстат ФМД-3500; Шліфувально-полірувальний верстат КЦМ-320; Загальний вигляд та розміри окантовувального верстату ФМО-06; Техніко-економічні показники роботи підприємства; Загальний вигляд розпилювального верстату CMV-700.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	к.т.н., доц. ШАМРАЙ Володимир		
Розділ 2	к.т.н., доц. ШАМРАЙ Володимир		
Розділ 3	к.т.н., доц. ШАМРАЙ Володимир		
Розділ 4	к.т.н., доц. ШАМРАЙ Володимир		
Графічні додатки	к.т.н., доц. ШАМРАЙ Володимир		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення вихідних даних підприємства, ознайомлення з нормативною базою	01.01.2025 – 15.01.2025	
2	Аналіз чинної технологічної схеми	16.01.2025 – 31.01.2025	
3	Вибір та технічне обґрунтування альтернативного технологічного рішення	01.02.2025 – 14.02.2025	
4	Проведення техніко-економічних розрахунків: продуктивність, енергоспоживання	15.02.2025 – 28.02.2025	
5	Опрацювання конструктивно-технологічних рішень щодо модернізації	01.03.2025 – 10.03.2025	
6	Розрахунки з охорони праці та безпеки виробництва	11.03.2025 – 21.03.2025	
7	Оцінка екологічного впливу та розробка заходів з охорони довкілля	22.03.2025 – 31.03.2025	
8	Розділ з економічного обґрунтування проекту модернізації	01.04.2025 – 10.04.2025	
9	Узагальнення результатів, оформлення висновків і структурування записки	11.04.2025 – 20.04.2025	
10	Перевірка, редагування, оформлення графічних матеріалів, змісту, списку джерел	21.04.2025 – 30.04.2025	
11	Подання на попередню перевірку та отримання зауважень від керівника	01.05.2025 – 05.05.2025	
12	Урахування зауважень, остаточне оформлення та подання дипломної роботи	06.05.2025 – 10.05.2025	
13	Підготовка до захисту: доповідь, презентація, відповіді на можливі запитання	11.05.2025 – 15.05.2025	

Студент


(підпис)

ВОРОНЧУК Ілля
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

ШАМРАЙ Володимир
(прізвище та ініціали)

Я, **Ворончук Ілля Петрович**, цим засвідчую, що представлена до захисту бакалаврська робота на тему: «Розробка технологічних рішень підвищення продуктивності каменеобробного підприємства ТОВ «Грантех» виконана на основі власних наукових досліджень. Текст не містить доробку інших дослідників без відповідних посилань на їх праці.

Я попереджений 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».

«9» серпня 2025 р.


(підпис)

Зміст

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КАМЕНЕОБРОБНЕ ПІДПРИЄМСТВО ТОВ «ГРАНТЕХ»	8
1.1. Географічні відомості про район розташування підприємства	8
1.2. Структура підприємства	10
1.3. Характеристика сировини	12
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КАМЕНЮ НА ТОВ «ГРАНТЕХ»	18
2.1. Технологія розпилювання блоків на плити заготовки	18
2.2. Технологія шліфування-полірування плит заготовок	21
2.3. Технологія окантовування плит	25
2.4. Технологія фрезерування та профілювання	26
2.5. Технологія виготовлення складнопрофільних виробів	28
2.6. Обґрунтування рішень зі збільшення продуктивності каменерозпилювального цеху	29
2.7. Заклучні операції	39
2.8. Транспорт підприємства	40
2.9. Водопостачання і шламове господарство	41
2.10. Електропостачання	43
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	45
3.1. Основні положення стосовно охорони праці на ТОВ «Грантех»	45
3.2. Охорона навколишнього середовища	48
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА	51
4.1. Розрахунок вартості сировини	51
4.2. Калькуляція відрахувань на оплату праці	52
4.3. Розрахунок вартості електроенергії	54
4.4. Розрахунок вартості робочих інструментів	56
4.5. Розрахунок вартості водопостачання	57
4.6. Розрахунок вартості допоміжних матеріалів	58
4.7. Розрахунок собівартості виготовлення одиниці продукції за умов ТОВ «Грантех»	58
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	66

					ГТТБ.ДП25.184.04.ЗМ.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	Ворончук				Зміст	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Шамрай							
Кер. розділу	Шамрай							
Н. Контр.	Башинський					Житомирська політехніка 184 «Гірництво»		
Зав. каф.	Башинський							

ВСТУП

Сучасна каменеобробна галузь – це не лише декоративний сегмент будівельного ринку, а й високотехнологічна сфера, у якій швидкість виготовлення та стабільна якість продукції визначають конкурентоспроможність підприємства. Україна, що володіє значними покладами гранітів, лабрадоритів і габро, послідовно нарощує експорт виробів із природного каменю, водночас загострюючи внутрішню конкуренцію між каменеобробними заводами. У цих умовах продуктивність стає ключовим інтегральним показником ефективності, який прямо впливає на собівартість та фінансову стійкість виробника.

ТОВ «Грантех», розташоване в с. Довжик Житомирської області, функціонує за класичною дисковою схемою розпилювання блоків і нині демонструє сумарний річний випуск основної продукції на рівні $\approx 7\,750\text{ м}^2$ полірованих плит. Аналітичні розрахунки, виконані в пояснювальній записці, засвідчили, що головним «вузьким місцем» виробничого ланцюга залишаються дискові пилки ФМД-3,0/3,5, чия енергомісткість і ширина пропилу знижують вихід товарної площі та подовжують цикл розкроювання. Для усунення зазначеного обмеження обґрунтовано перехід до алмазно-канатної технології різання із впровадженням дротової установки Gaspari Menotti GMV-700, здатної забезпечити істотно вищу лінійну швидкість, мінімізувати втрати сировини та підвищити точність позиціонування блока. Комплексний проєкт модернізації, що охоплює також оптимізацію шліфувально-полірувальної та окантовувальної ділянок, дає можливість довести річний випуск продукції до $\approx 10\,300\text{ м}^2$, тобто збільшити його на 32,9 % порівняно з базовим рівнем.

Отже, актуальність теми зумовлюється необхідністю підвищити техніко-економічні показники каменеобробного підприємства шляхом упровадження

					ГТТБ.ДП25.184.04.ВС.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Студент	Ворончук							
Керівник	Шамрай							
Кер. розділу	Шамрай							
Н. Контр.	Башинський							
Зав. каф.	Башинський					Житомирська політехніка 184 «Гірництво»		

прогресивних технологічних рішень, що забезпечують зростання продуктивності за рахунок інтенсивного, а не екстенсивного нарощування ресурсів.

Мета роботи полягає у науковому обґрунтуванні та розробці комплексу технологічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності ТОВ «Грантех» без погіршення якості та екологічної безпеки виробництва.

Досягнення поставленої мети передбачало послідовне вирішення таких взаємопов'язаних завдань: критичний аналіз чинної виробничої схеми підприємства; розрахункове порівняння дискової та алмазно-канатної технологій розпилювання; вибір, технічне та економічне обґрунтування доцільності впровадження установки GMV-700; визначення раціональних режимів роботи шліфувально-полірувальних і окантовувальних верстатів з урахуванням нового балансу пропускних спроможностей; оцінка впливу запропонованих змін на енергоємність, собівартість та екологічні показники; розробка заходів з охорони праці й навколишнього середовища.

Практичне значення роботи підтверджується розрахованим приростом товарного випуску на 2 550 м² на рік та прогнозованим зростанням валового прибутку підприємства після впровадження модернізаційних заходів; крім того, вужчий пропил дроту скорочує безповоротні втрати дорогої сировини, а зниження енергоємності окремих операцій покращує екологічні показники виробництва.

Дипломна робота структурована таким чином, щоб логічно відобразити послідовний перехід від теоретичних передумов до практичної імплементації: вступ; чотири розділи, присвячені характеристиці підприємства, розробці та обґрунтуванню технологічної схеми, питанням охорони праці й довкілля, а також комплексному економічному аналізу; висновки та список використаних джерел.

Таким чином, робота формує цілісну науково-практичну основу для переходу ТОВ «Грантех» до ефективнішої технології обробки природного каменю, що відповідає тенденціям світового ринку і задовольняє вимоги академічної доброчесності та технічного прогресу.

					ГТТБ.ДП25.184.04.ВС.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Дипломна робота має наступну структуру: вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел із найменувань. Загальний обсяг роботи становить 69 сторінок, з яких: 17 таблиць, 2 рисунки, 35 формул.

					ГТТБ.ДП25.184.04.ВС.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КАМЕНЕОБРОБНЕ ПІДПРИЄМСТВО ТОВ «ГРАНТЕХ»

1.1. Географічні відомості про район розташування підприємства

Як зазначалось раніше, ТОВ «Грантех» розташовується в Житомирській області, Житомирському районі, селі Довжик.

Село Довжик розташоване на північному-заході від центральної частини Житомира, у межах Оліївської сільської територіальної громади Житомирського району однойменної області. Географічні координати осередку сільської забудови — 50° 18' 05" пн. ш. та 28° 35' 05" сх. д., абсолютні відмітки поверхні коливаються навколо 216 м, що відповідає плоскохвилястій лісостеповій прибортовій терасі долини Тетерева — правої притоки Дніпра. Лінійна відстань до історичного центру Житомира становить $\approx 7,4$ км, шляхи сполучення пролягають переважно у меридіональному напрямі вздовж автошляхів національного значення М-21 та М-06, що забезпечує швидкий доступ до обласного центру та міжнародних коридорів.

Адміністративно Довжик є селом (код КАТОТТГ UA18040370040057448) і з 2020 р. входить до складу Оліївської громади (до реформи 2017 р. належав Кам'янській сільській раді). Територія, за даними публічної кадастрової статистики, охоплює 40,8 км², однак морфометричні дослідження супутникових знімків (GHS-Built-Up Grid) обмежують площу безпосередньої жилої забудови до 1,52 км². На цій різниці базується і відмінність у показниках демографії: перепис-2001 зафіксував 611 жителів (густота ≈ 15 осіб/км²), тоді як дистанційні оцінки JRC на 2015 р. дають 1 724 осіб (густота $\approx 1\,134$ осіб/км²).

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент		Ворончук			Розділ 1. Загальні відомості про каменеобробне підприємство ТОВ «Грантех»				Літ.		Аркуш	Аркушів
Керівник		Шамрай										
Кер. розділу		Шамрай										
Н. Контр.		Башинський										
Зав. каф.		Башинський										
					Житомирська політехніка 184 «Гірництво»							

Геологічно територія належить до південної околиці Українського-Поліського кристалічного щита, перекритої суглинковими і лесовидними четвертинними відкладами. Ґрунтовий покрив переважно дерново-підзолистий супіщаний із латеральними включеннями сірих лісових та опідзолених чорноземів; у заплавах дрібних струмків поширені лучно-болотні відміни, що зумовлює підвищену вологість окремих ділянок і значну частку лісових масивів у ландшафті.

Клімат — помірно-континентальний, теплий-літній. Середньорічна температура для референтної станції «Житомир» становить +8,6 °С; середня температура липня $\approx +18,5$ °С, січня $\approx -4,5$ °С. Річна сума опадів коливається поблизу 680 мм, максимум припадає на літній період; тривалість безморозного інтервалу — близько 160 днів. Сніговий покрив утримується з кінця грудня до початку березня.

Гідрографічно село лежить у межах водозбору Тетерева, хоча безпосередньо прилеглу балкову мережу формують дрібні притоки та джерела, які живлять заболочені пониження. Місцеві підземні води приурочені до кварцитового тріщинуватого водоносного горизонту; глибина їхнього залягання 18-30 м, що забезпечує відносно стабільне водопостачання приватних колодязів.

Транспортна доступність висока: крім згаданих автодоріг, через Довжик проходить приміська маршрутна мережа до Житомира; залізнична колія Київ — Коростень розташована за ≈ 3 км на схід (з.п. Станишівка), що робить село привабливим для субурбанізації.

Природні комплекси представлено сосновими та мішаними лісами типової Центрально-поліської флори, у нижніх частинах балок збереглися фрагменти чорної вільхи з торфово-болотною рослинністю. Антропогенний прес обмежений індивідуальними садибними господарствами та невеликими пилорамами; промислових підприємств у межах села немає, однак у 2023 р. екоінспекція фіксувала локальні випадки витоку забруднюючих рідин у лісосмузі, що свідчить про потенційну загрозу малим водотокам.

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таким чином, Довжик є типовим приміським селом із виразними рисами трансформації: швидке зростання житлової забудови та щільності населення контрастує з офіційною статистикою початку 2000-х; геопросторове розташування на рівнинному плато зі сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами та наближеність до обласного центру визначають стратегічну роль села як зони розселення й рекреації, а також накладають додаткові вимоги до екологічного моніторингу та планувальної дисципліни.

1.2. Структура підприємства

У структурі ТОВ «Грантех» простежується класична ієрархія з вертикально-функціональним поділом, оптимізованим під дискретне серійне виробництво.

На верхньому рівні розташоване саме підприємство — юридична й організаційна оболонка, у рамках якої формується стратегія, укладаються контракти й відбувається інтеграція всіх ресурсних потоків (рис.1.1). Йому безпосередньо підпорядковані функціональні відділи та служби. Структура фіксує два ключові центри компетенцій: бухгалтерію і виробничий відділ. Бухгалтерія забезпечує фінансово-обліковий контур (бюджетування, облік витрат, податкову звітність), тоді як виробничий відділ виконує роль операційника: планує завантаження потужностей, розробляє змінно-добові завдання, контролює виконання й ініціює зворотній зв'язок до керівництва.

Від виробничого відділу вниз ієрархія розгалужується за трьома видами виробництва — основним, допоміжним та обслуговуючим. Така тріада відповідає логіці, запропонованій ще радянською школою організації виробництва, і досі залишається доцільною для підприємств, що прагнуть розмежувати центри створення вартості, логістичного забезпечення й сервісного супроводу.

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рис.1.1. Організаційна структура ТОВ «Грантех»

Основне виробництво концентрує всі технологічні операції, які безпосередньо формують споживчі властивості продукції. У межах цього блоку виділено виробничий цех — просторово-технологічну одиницю, де розташовано основне устаткування, конвеєрні або позиційні робочі лінії, а також організовано предметно-замкнений потік деталей і напівфабрикатів. Управління тут здійснює майстер по виробництву (цеховий формат), який несе відповідальність за ритм, якість та дисципліну праці.

Допоміжне виробництво покликане забезпечити основне виробництво сировиною, матеріалами та інструментом. Його інфраструктурним ядром є склад сировини та матеріалів. Саме на цьому рівні формується внутрішній запас міцності ланцюга постачання: ведеться адресне зберігання, ведеться переоблік і здійснюється підготовка матеріалу до подачі у цех (фасування, маркування, первинний контроль якості).

Обслуговуюче виробництво орієнтоване на завершальний етап логістики — збереження та відвантаження готової продукції. Склад готової продукції акумулює товарні партії до моменту їх передачі покупцеві або перевізнику, синхронізуючи процеси пакування, документального оформлення та експедиції.

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Наявність цього блоку відокремлює внутрішній виробничий цикл від зовнішніх каналів збуту, що мінімізує ризики простоїв через зворотну логістику.

Найнижчий рівень — робочі місця. Типова конфігурація: майстер по виробництву → лінійні працівники. Майстер виконує роль тактичного менеджера: розподіляє завдання, інструктує персонал, веде оперативний облік браку й координує технічне обслуговування обладнання. Працівники виробництва реалізують ручні або напівавтоматичні операції, дотримуючись технологічних карт і карт контролю якості.

Отже, структура ТОВ «Грантех» за представленою схемою поєднує матричну логіку (функціональні служби) із жорсткою виробничою вертикаллю (вид-цех-робоче місце). Такий дизайн спрощує управління витратами, забезпечує чітку підзвітність за кінцевий результат і створює передумови для запровадження системи ощадливого виробництва без радикального реструктурування організації.

1.3. Характеристика сировини

У виробничому циклі ТОВ «Грантех» застосовуються блокові заготовки природного каменю, що постачаються у форматі рустованих та розкряжованих брил, класифікованих за об'ємною шкалою як друга, третя та четверта групи. Сировинна база підприємства охоплює лабрадорит, габро, гранодіорит і граніт, які добувають на Капустинському, Покостівському, Токівському, Головинському, Букинському родовищах, а також на низці інших кар'єрів регіону, що забезпечує стабільність мінералогічного складу й належний спектр фізико-механічних характеристик продукції.

Поставлена кам'яна сировина проходить обов'язкову сертифікацію згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-59-97, що унормовує блоки природного каменю, призначені для виготовлення облицювальних матеріалів. Геометрично кожна заготовка є майже правильним прямокутним паралелепіпедом, однак стандартом

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

чітко окреслено й допустимі лінійні параметри. Зокрема, довжина блока (l), яка орієнтується паралельно природній текстурній шаруватості породи, варіює у межах від 0,20 до 3,50 м; ширина (b) не повинна виходити за інтервал 0,20–2,00 м і розташовується в площині шаруватості; висота (h) перевищує 0,20 м, але не досягає 2,00 м і спрямована перпендикулярно до текстурних нашарувань.

Нарівні з геометрією вирішальним чинником відбору є радіаційна безпека. За питомою сумарною активністю природних радіонуклідів (ΣA) породи поділяють на чотири класи: до 370 Бк·кг⁻¹; понад 370 до 740 Бк·кг⁻¹; від 740 до 1 350 Бк·кг⁻¹; і більше ніж 1 350 Бк·кг⁻¹. Саме ця градація визначає, в яких умовах блоки можуть використовуватися, що регламентується нормами ДБН В.1.4-1.01 та ДБН В.1.4-2.01, які враховують можливе дозове навантаження на кінцевого споживача.

Капустинський граніт вирізняється виразним естетичним малюнком: у масивному червоному полі повсюдно розсіяні кристали чорного, білого та бурокоричневого відтінків, що створює строкато-плямисту, але водночас стриману колористику. Текстура породи повністю однорідна, тобто жодних макроскопічних змін орієнтації чи ритмічної чергуваності зерен не спостерігається, що сприяє рівномірному оптичному сприйняттю оздобленої поверхні. Структура крупнокристалічна: видимі неозброєним оком мінеральні зерна займають 60–65 % об'єму, забезпечуючи латентний блиск і характерне «іскріння» під полірованою площиною.

У мінералогічному складі домінує мікроклін (≈ 50 %), який надає породі основного червонуватого тону. Решту забарвлення формують кварц (приблизно 18 %) з характерним скляним блиском, а також плагіоклаз (близько 24 %), кристали якого виступають світлими акцентами. Біотит у кількості ≈ 7 % утворює дрібні темні «вкраплення», а ще ≈ 1 % припадає на акцесорні мінерали (магнетит, апатит, циркон та ін.), що визначають мікроелементний склад та радіоекологічні властивості.

Фізико-механічні показники підтверджують високий експлуатаційний потенціал копалин. Насипна густина варіює у межах 2,70–2,75 т·м⁻³ — значення,

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

що корелює з підвищеною міцністю кристалічних гранітів. Водопоглинання не перевищує 0,15–0,17 %, отже порода практично не схильна до морозоруйнівного висолювання та деградації в умовах періодичного зволоження. Межа міцності на одноосний стиск становить 150–180 МПа, що чинить матеріал придатним до навантажень відповідального конструктиву. Стираність, виміряна за еталонною методикою, коливається від 0,4 до 0,5 г·см⁻², демонструючи добру опірність абразивному зношуванню та зберігаючи поліровку навіть у зонах інтенсивного пішохідного трафіку.

З генетичного погляду Капустинський граніт – це інтрузивна магматична порода, сформована унаслідок глибокого застигання гранітного магматиту. Довготривале внутрішнє охолодження забезпечило зростання крупних кристалів і стабільних з'єднань кварцу-польовошпатової асоціації, що, в поєднанні з мікродисперсними темнокольоровими мінералами, зумовило довговічність, корозійну стійкість і декоративні якості каменю, які високо цінують як у монументальному будівництві, так і в облицюванні інтер'єрів преміум-класу.

Покостівський гранодіорит вирізняється світлою, майже білою тональною основою, яка сформована переважно платино-сірими кристалами плагіоклазу та частково мікрокліну. На цьому фоні контрастно мерехтять дрібні темні вкраплення біотиту, що надають породі характерного «перцево-сольового» малюнка без різких полос чи плям. Такий спокійний, однорідний візуальний ефект особливо цінується в архітектурному облицюванні, де потрібна стримана вишуканість і відсутність великих кольорових «плям» на великих площинах.

Текстура породи цілковито масивна й однорідна: у макроскопічному полі зору не спостерігається жодного ритмічного чергування шарів або орієнтованих мінеральних агрегатів. Структура — середньокристалічна; видимі зерна складають близько 70–75 % об'єму, що забезпечує достатню світлопроникність полірованої поверхні й водночас не створює ефекту «цукристого» ламання світла, характерного для тонкозернистих гранітів.

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Мінералогічно порода має класичний гранодіоровий склад із перевагою польових шпатів. Масову частку задає плагіоклаз ($\approx 35\text{--}55\%$), чий світло-сірі зерна формують основний «білий» тон. Другим за поширеністю є мікроклін ($\approx 15\text{--}30\%$), який вносить ледь відчутний рожево-кремовий відтінок. Кварц, присутній у межах $10\text{--}25\%$, надає поверхні характерного скляного блиску, особливо помітного на поліровці. Біотит (приблизно $5\text{--}15\%$) утворює дрібні чорні «точки», завдяки чому досягається бажаний контраст без домінування темної складової. Частка акцесорних мінералів (апатит, магнетит, циркон та ін.) не перевищує одного відсотка, тому їхній вплив на колір та радіаційні показники мінімальний.

Фізико-механічні властивості підтверджують високу конструкційну придатність породи. Середня щільність коливається в межах $2,60\text{--}2,70\text{ т}\cdot\text{м}^{-3}$, що є типовим значенням для гранітоїдної серії й забезпечує баланс міцності та технологічної зручності обробки. Водопоглинання $0,15\text{--}0,18\%$ свідчить про дуже замкнену порову систему, тому матеріал майже не схильний до циклічної морозної деградації й вицвітання. Гранична стискальна міцність досягає $180\text{--}200\text{ МПа}$: цей показник дозволяє застосовувати камінь у несучих та опорних конструкціях, зокрема для мостових облицювань і сходових маршей, де діють значні локальні навантаження. Стираність $0,2\text{--}0,3\text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ позиціонує гранодіорит як малозношуваний матеріал, що зберігає поліровку при інтенсивному пішохідному трафіку та у відкритому середовищі з абразивними частинками.

У геологічному відношенні Покостівський гранодіорит — це інтрузивна порода магматичного походження, яка кристалізувала з гранітоїдного магматиту на глибині декількох кілометрів. Повільне охолодження в стабільному термобаричному полі сприяло формуванню рівновеликих середніх кристалів польових шпатів і кварцу та чіткому рубіжному проростанню біотиту у проміжках між ними. Така еволюція текстурно-структурного шаблону обумовила стійкість мікротріщинної системи, що, у поєднанні з низькою водонасичуваністю,

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

забезпечує довговічність і декоративний ефект навіть у суворих кліматичних умовах.

Комплексно оцінюючи колірну нейтральність, високі конструкційні показники й мінімальну радіаційну активність, Покостівський гранодіорит слід розглядати як універсальний облицювальний та будівельний камінь для представницьких фасадів, монументальних пам'ятників, внутрішньої архітектурної пластики й елементів благоустрою з підвищеною експлуатаційною вимогливістю.

Токостівський граніт при першому огляді вирізняється насиченим червоним тоном, який формується червонувато-коричневими кристалами мікрокліну та плагіоклазу. Яскравий основний колір органічно «оживлюється» дрібними чорними вкрапленнями біотиту й поодинокими темно-бурими плямами, завдяки чому полірована поверхня набуває характерного мерехтливого ефекту, без перебільшеного контрасту чи смугастості. Текстура породи цілком масивна й однорідна, тобто в об'ємі не простежується шаруватості або ритмічної зміни забарвлення, що забезпечує однотайне оптичне сприйняття великих плит і монолітів.

Структурно граніт середньокристалічний: зони видимих неозброєним оком зерен становлять приблизно п'яту частину (20–25 %) від об'єму й задовольняють вимогу «золотої середини» між «цукристою» дрібнозернистістю та різко вираженою грубозернистою фактурою. Така будова забезпечує достатнє світловідбиття, але не створює небажаних бликових «пухирців», характерних для крупнозернистих різновидів.

Мінералогічний склад демонструє майже рівновагу між лужними й кальцієво-натрієвими польовими шпатами: мікроклін і плагіоклаз формують по 35 % кожен, уносячи відповідно теплий червоний і нейтрально-світлий відтінки. Кварц (≈ 25 %) додає холодного скляного блиску, підсилюючи візуальну глибину полірованого зрізу. Біотит у кількості близько 4 % виступає темною точковою складовою та підкреслює дрібномозаїчний малюнок. Частка акцесорних мінералів

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

практично не перевищує 1 %, тому їхній вплив обмежується формуванням мікроелементного фону без суттєвого внеску в колір чи радіаційні показники.

Фізико-механічні параметри підтверджують придатність породи до інтенсивної експлуатації. Середня об'ємна густина становить $2,67 \text{ т}\cdot\text{м}^{-3}$, що є типовим для гранітів із високим вмістом польових шпатів. Водопоглинання, зафіксоване на рівні 0,55 %, дещо перевищує показники «сухих» гранітоїдів, однак залишається у межах допуску для облицювання та дорожньої плитки; при застосуванні у зонах інтенсивного зволоження рекомендується імпрегнаційний захист від циклічного промерзання. Гранична міцність при одноосному стиску сягає 180–200 МПа, забезпечуючи можливість використання каменю як у несучих елементах, так і в конструкціях, де діють локальні ударні навантаження. Стираність $0,26 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ свідчить про високу опірність абразивному зношуванню та надійне збереження поліровки на фасадах і підлогах із частим пішохідним чи транспортним рухом.

З генетичного погляду Токостівський граніт – класична інтрузивна порода магматичного комплексу, сформована в результаті тривалої кристалізації гранітного розплаву на значній глибині. Повільне охолодження сприяло росту середніх рівновеликих зерен польових шпатів і кварцу, водночас обмежило розвиток мікротріщин, що позитивно позначилося на морозостійкості та хімічній стійкості матеріалу. Сумарно поєднання виразної червоної колористики, однорідної текстури, високої міцності та порівняно невеликої стираності робить Токостівський граніт універсальним вибором для монументального будівництва, улаштування цоколів, сходових маршів, фасадних панелей і декоративних елементів інтер'єрів преміум-класу, де водночас важливі художня привабливість і довговічність матеріалу.

					ГТТБ.ДП25.184.04.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КАМЕНЮ НА ТОВ «ГРАНТЕХ»

2.1. Технологія розпилювання блоків на плити заготовки

Виробнича схема, запроваджена на ТОВ «Грантех», передбачає, що кам'яні брили, призначені для подальшого розкрязування, спершу акумулюються на спеціалізованому складі первинної сировини. Щоб забезпечити рівномірне ведення різку, блоки з хаотичною конфігурацією попередньо підправляють: їхні нерівні грані вручну підсікають ударно-пневматичними перфораторами, вирівнюючи площини та усуваючи виступи. Після цього сформовані заготовки подаються у пиловочну раму. Комплектування та позиціонування пиловочного пакета здійснюється вантажопідіймальними механізмами — стаціонарною кран-балкою з граничною вантажопідйомністю 5 т або мобільним автомобільним краном КС-45717К-1 на шасі КамАЗ, його технічні параметри наведено у таблиці 2.1.

Перед переходом до операції дискового розрізання монолітного блоку проводять розширений візуально-інструментальний огляд його робочої поверхні. Насамперед ретельно інспектують тіло породи на предмет латентних або відкритих тріщин, які потенційно могли утворитися під час вибухових або бурових робіт, а також на наявність фрагментів бурового оснащення, що залишилися у шпурах. Для виявлення металевих включень застосовують простий, але надійний пристрій: феритний магніт, закріплений на міцному капроновому шнурі. Цей магніт послідовно опускають у кожний технологічний канал, розміщений у центральному масиві блоку, оскільки саме тут, а не по периферії, найчастіше накопичуються уламки бурових коронок або обломки штанг, непомітні під час звичайного візуального контролю.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Студент		Ворончук			Розділ 2. Технологічна схема виробничого процесу обробки каменю на ТОВ «Грантех»				Літ.		Аркуш	Аркушів
Керівник		Шамрай										
Кер. розділу		Шамрай							Житомирська політехніка 184 «Гірництво»			
Н. Контр.		Башинський										
Зав. каф.		Башинський										

Таблиця 2.1

Технічні характеристики крану КС-45717К-1 на шасі КамАЗ

№	Параметр	Значення	од. виміру
1	Максимальна вантажопідйомність	25	т
2	Довжина основної стріли	21,0	м
3	Довжина зі вставкою (максимальна)	28,0	м
4	Максимальний виліт стріли	21,7	м
5	Максимальна висота підйому вантажу	27,0	м
6	Гранична швидкість підйому вантажу	8,0	м/хв
7	Максимальна швидкість пересування крана	60	км/год
8	Потужність двигуна	240	к.с.
9	Колісна формула	6×4	-
10	Габаритна довжина	11 750	мм
11	Габаритна ширина	2 500	мм
12	Габаритна висота	3 800	мм
13	База (відстань між осями)	3 690 + 1 320	мм
14	Повна маса	26 000	кг
15	Тип приводу крана	гідравлічний	-

Процес основного розкроювання кам'яних брил реалізується на двох порталних однодискових верстатах марки ФМД-3500, обладнаних алмазними широко-пазовими круговими пилами (див. табл. 2.2).

Алмазний відрізний диск являє собою сталевий корпус-пластину, по зовнішньому колу якого закріплено сегменти з висококонцентрованим алмазоносним шаром, що формують ріжучий контур. Монтаж таких пил на шпинделі верстата здійснюють через систему пружних фланців із шпонками та штифтами, чим досягається надійна осьова фіксація й компенсація вібрацій. Ключові паспортні параметри дисків, що застосовуються на обладнанні ФМД-3500, зведено у табл. 2.3.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2

Технічні характеристики дискового верстату ФМД-3500

№ з/п	Параметр		Значення
1	Діаметр фрези, мм		3500
2	Розміри блоків що обробляються	шовжина, мм	3700
		ширина, мм	2200
		висота, мм	1430
3	Швидкість переміщення фрези	по горизонталі, м/хв	1...4
		по вертикалі, мм/хв	2...20
4	Швидкість розпилу, м/с		25
5	Глибина виконання пропилу, мм		1450
6	Величина робочого ходу візка, мм		2300
7	Потужність верстата, кВт		18
8	Маса, кг		15000

Таблиця 2.3

Технічні характеристики відрізних алмазних дисків для верстатів ФМД-3500

№ з/п	Параметр	Значення
1	Робочий діаметр відрізного круга, мм	3500
2	Діаметр посадкового кільця, мм	320
3	Товщина відрізного круга, мм	15
4	Щовщина робочих напайок, мм	17
5	Число напайок розташованих по периферії круга, од.	160

Технологічний цикл розкроювання кам'яних блоків розгортається у чотири послідовні фази:

- формування пакета-підходу у пиловочній рамі;
- налаштування верстата разом із ріжучим оснащенням;
- безпосереднє відрізання матеріалу;
- розбирання відпиляного пакета.

На старті робочого різку верстат спершу виводять на холостий режим. Під час цього етапу оператор перевіряє справність вузлів приводу, рівномірність поступальної подачі та стабільність гідрорециркуляційної системи охолодження.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Лише після підтвердження коректної роботи всіх блоків керування диск поволі підводять до кам'яного блоку; коли алмазний сегмент занурюється у породу, швидкість подачі нарощують до розрахункових значень.

Усі розрахунково-аналітичні параметри режиму різання визначали на базі портального однодискового верстата ФМД-3500, приймаючи як модельну задачу розкроювання блоків на плитні заготовки товщиною 30 мм.

2.2. Технологія шліфування-полірування плит заготовок

Після завершення розкроювання пиловочний пакет розкомплектовують, а отримані сляби транспортують на дільницю обробки поверхні. Для надання каменю дзеркального блиску та геометричної рівності застосовують мостовий шліфувально-полірувальний агрегат СМП-450 (детальні технічні параметри наведено в табл. 2.4).

Окрім цього, на підприємстві експлуатуються компактні колінно-важільні верстати КШМ-320, що призначені для доведення складнопрофільних елементів, дрібних деталей або важкодоступних зон готових виробів.

Слід підкреслити, що шліфування й полірування—це дві споріднені, але послідовні стадії обробки: під час першої знімають мікронерівності та вирівнюють площину, а на другій формують декоративний глянець згідно з вимогами замовника. Обидві операції виконуються на згаданих шліфувально-полірувальних верстатах і візуально розрізняються лише ступенем зернистості абразивного інструмента та швидкісними режимами обробки.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4

Технічні характеристики шліфувально-полірувального верстату СМП-450

№ з/п	Параметр		Значення
1	Кутова швидкість обертання шпинделя, об/хв		380
2	Граничне значення зовнішнього діаметра шліфувального інструмента, мм		450
3	Лінійна швидкість переміщення рухомої каретки вздовж направляючих моста, м/хв		1...8
4	Швидкісні характеристики поступального переміщення моста у горизонтальній площині, м/хв		1...8
5	Значення найбільшого ходу	каретки, мм	3000
		моста, мм	3200
		вертикального супорта, мм	300
6	Робоче зусилля, що прикладається до оброблюваної поверхні через шліфувальну головку, кГс		100...300
7	Стандартизований витратний показник охолоджувально-змащувальної рідини, л/хв		30
8	Номінальне значення електричної напруги живильної мережі, В		380
9	Частотна характеристика змінного електричного струму, Гц		50
10	Загальна встановлена потужність електроспоживання, кВт		15
11	Габаритні розміри	довжина, мм	4650
		ширина, мм	1800
		висота, мм	1640
12	Маса, кг		4000

Шліфувально-полірувальний верстат КШМ-320 призначений для механічної обробки декоративного каменю, зокрема мармуру, граніту, габро та лабрадориту. Його технічні характеристики забезпечують високу продуктивність та адаптивність до обробки широкого спектра мінеральних матеріалів із різними фізико-механічними властивостями.

Продуктивність верстата варіюється залежно від типу оброблюваного матеріалу. При роботі з мармуром досягається паспортна продуктивність на рівні 1–1,5 м²/год, що свідчить про ефективну обробку м'яких і середньотвердих матеріалів. Для граніту та габро цей показник зменшується до 0,7–0,8 м²/год, а для

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

лабрадориту — до 0,5–0,7 м²/год, що цілком відповідає підвищеній твердості й абразивності останніх.

Максимальні допустимі габарити заготовок, які може обробляти верстат, становлять 2000 мм у довжину, 1000 мм у ширину та 600 мм у висоту. Ці параметри дозволяють обробляти як плитні вироби, так і великогабаритні деталі з природного каменю, що є типовим для архітектурно-будівельної галузі.

Робочий інструмент верстата обертається з частотою 500 об/хв, що є оптимальним значенням для забезпечення стабільного шліфування без перегріву матеріалу. Робоча зона інструменту представлена змінними елементами діаметром від 160 до 320 мм, що дає змогу адаптувати роботу верстата до конкретного виду обробки — від грубого шліфування до фінішного полірування.

Двигун верстата має потужність 4 кВт, що є достатнім для підтримання стабільної роботи інструменту навіть при значних навантаженнях та обробці твердих матеріалів.

Для забезпечення ефективного охолодження зони обробки передбачено систему подачі охолоджувальної рідини з витратою до 1,5 м³/год, що є критично важливим для запобігання термодеоформацій і збереження цілісності каменю.

Габаритні розміри верстата становлять 4200 мм у довжину, 700 мм у ширину та 3000 мм у висоту. Такі параметри вимагають відповідного виробничого простору, але разом з тим забезпечують стабільність конструкції та зручність у роботі з великогабаритними заготовками.

Маса установки — 1000 кг — гарантує її стійкість і віброізоляційні властивості, що є важливим чинником для досягнення високої точності шліфування.

Загалом, КШМ-320 є універсальним і надійним верстатом для професійної обробки природного каменю, придатним для використання в умовах промислових цехів та майстерень з високими вимогами до якості поверхневої обробки.

Технологічний цикл доведення плитних заготовок базується на поетапному використанні абразивних інструментів із поступово зменшуваною крупністю

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зерна. Спочатку на камінь діють грубі алмазозосні круги, що інтенсивно знімають припуск, виправляють геометрію та доводять поверхню до необхідної площинності. Після завершення цієї «обдирочної» стадії різальний інструмент замінюють на середньо-, а далі на дрібнозернисті композиції, завдяки яким здійснюється лощення: камінь набуває рівномірної, оксамитово-матової фактури без макро– і мікронерівностей.

Остаточний етап полірування передбачає роботу надзвичайно дрібнозернистими алмазними сегментами; їхні мікрокристалічні включення надають поверхні дзеркального блиску й максимальної насиченості кольору. Комплекс параметрів абразивних кругів, що застосовуються на кожній фазі, подано у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Специфікація алмазних шліфувально-полірувальних інструментів

№	Стадія доведення	Гранична крупність зерна, мкм	Тип зв'язки	Категорія алмазу
1	Грубе шліфування	800 / 630	M6-03	A5
2	Проміжне шліфування	160 / 125	M6-03	A5
3	Лощення (тонке шліфування)	63 / 50	M6-03	АСМ
4	Фінішне полірування	40 / 28	M6-03	АСМ

Надання каменю декоративної фактури особливо полірованої належить до найбільш трудомістких операцій комплексу каменеобробки: на шліфувально-полірувальні переходи припадає орієнтовно 40–45 % сукупних витрат робочого часу. Розрахунок раціональних режимів (тиску, подачі, обертів шпинделя й витрати охолоджувача) виконували на прикладі мостового верстата СМП-450, узявши за модель плиту-заготовку розміром 1,1 × 0,9 × 0,03 м; отримані величини

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

забезпечують баланс між продуктивністю й якістю глянцю, що відповідає вимогам архітектурно-облицювальних робіт.

2.3. Технологія окантовування плит

Окантовування є завершальною операцією формування заданого формату плитної заготовки: під час неї сляб доводять до проектних довжини й ширини з високою точністю. У виробничій схемі ТОВ «Грантех» ця стадія реалізується на верстаті ФМО-06 (паспортні дані наведено в табл. 2.6) і охоплює послідовний ланцюг дій — від попередньої підготовки оснащення до прибирання робочої поверхні після різання.

Пусконаладжувальний етап полягає у діагностиці всіх ключових вузлів верстата в холостому режимі. Оператор перевіряє справність електричної схеми, правильність фази й напрямку обертання двигуна, достатній рівень мастила у точках змащення, а також коректність переміщення мосту й каретки з ріжучим вузлом. Окремо оглядають стан алмазних кругів, переконуються у відсутності тріщин і в правильності їх посадки на шпинделі.

Після технічної перевірки плити-заготовки акуратно розміщують на столі верстата; далі здійснюють графітову або крейдяну розмітку відповідно до карти розкрою, виписаної під конкретне замовлення. Розпилювання починають з увімкнення гідростанції, що забезпечує тиск у гідросистемі подач. Опісля активують електродвигун диска й по черзі — механізми лінійного переміщення мосту та каретки. Інструмент підводять до першої розміченої риски, запускають обертання відрізного круга вже під навантаженням, подають охолоджувальну емульсію і виконують поздовжній різ. Коли завершено увесь пакет поздовжніх проходів, верстат переводять у поперечний цикл, формуючи бруски потрібної довжини. Отримані деталі знімають зі стола, а робочу поверхню очищують від шламу та уламків, готуючи її до наступної партії.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Режими різання, що забезпечують баланс між продуктивністю й геометричною точністю, розраховані для верстата ФМО-06 з урахуванням типових параметрів плит, які обробляються у виробництві підприємства.

Таблиця 2.6

Технічні характеристики окантовувального верстату ФМО-06

№ з/п	Параметр		Значення
1	Кількість встановлених фрез, шт.		2
2	Максимальний допустимий діаметр фрези, мм		600
3	Максимальна довжина плити заготовки, мм	довжина	2800
		ширина	1300
		висота	200
4	Хід фрези, мм	по горизонталі	2500
		по вертикалі	250
5	Максимальна швидкість повздовжньої подачі фрези, м/хв		1...6
6	Максимальна швидкість різання, м/с		30
7	Максимальна глибина різку, мм		200
8	Довжина робочого ходу моста		3200
9	Максимальна глибина врізання фрези, мм/хід		1...6
10	Максимальна витрата охолоджувальної рідини, л/хв		20...25
11	Робоча напруга електромережі, В		380
12	Частота змінного струму, Гц		50
13	Номінальна потужність приводу головного двигуна, кВт		7,5
14	Габаритні розміри станка, мм	довжина	5400
		ширина	5000
		висота	2750
15	Габаритні розміри столу, мм	довжина	3000
		ширина	1400
		висота	850
16	Загальна маса обладнання, кг		9000

2.4. Технологія фрезерування та профілювання

У виробничій схемі ТОВ «Грантех» операції фрезерування та контурного формоутворення інтегровані безпосередньо у цикл роботи окантовального комплексу ФМО-06, тож логіка підготовки й запуску агрегата лишається

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ідентичною тій, що застосовується для різального розкрою. Після стандартної холостої перевірки вузлів та налаштування кінематики оператор переходить до формування поверхні, керуючись заданою геометрією майбутнього виробу.

Характер мікро- та макрообробки визначається, з одного боку, бажаною конфігурацією деталі, а з іншого — типом застосовуваного алмазного оснащення. Найчастіше у шпиндель встановлюють кругові відрізні диски або циліндричні фрези, що, за рахунок поворотного стола, дозволяє здійснювати як поздовжнє, так і поперечне нарізання пазів. Такий підхід забезпечує широкий діапазон результатів: від вузьких прямолінійних канавок до широких жолобів, які формують циліндричні фрези з великою контактною поверхнею.

Конструктивною перевагою ФМО-06 є поворотна ріжуча голівка. Завдяки її 3-осьовій орієнтації устаткування здатне виконувати як нахилені пази, так і фасонні рельєфи; достатньо встановити тарілкоподібну фрезу або відповідний відрізний круг і задати потрібний кут відхилення шпинделя. Саме цією схемою користуються для chamfer-обробки, коли після вертикального та горизонтального пропилів головку повертають і, фактично одним проходом, «знімають» кут чи підрізають виступ.

Алмазні циліндричні фрези вирізняються ще й тим, що здатні працювати за криволінійною траєкторією, тож стають незамінними, коли облицювальний елемент потребує плавних радіусів. Якщо ж бюджет або терміни обмежені, застосовують спрощений варіант: послідовність вертикального та горизонтального різів виконують декількома дисками різного діаметра, а остаточне фаскування здійснюють уже поворотом шпинделя без зміни інструмента.

Коли завданням є профілювання кромek сходових плит чи карнизних деталей, ФМО-06 переводять у режим периферійного фрезерування. На шпиндель монтують алмазний профілювальний круг, форма якого підбирається відповідно до товщини заготовки та заданого радіуса чи хвилеподібного контуру. Подібно до шліфувально-полірувального циклу, профілювання також ведуть каскадом

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

інструментів — спершу з більшим зерном, потім з дрібнішим, аби послідовно знизити шорсткість і зберегти точність профілю. Таке поетапне зменшення абразивності гарантує, що й складний фасон зберігає гостроту ліній, і кінцева поверхня залишається готовою до остаточного лощення або полірування без додаткових проміжних операцій.

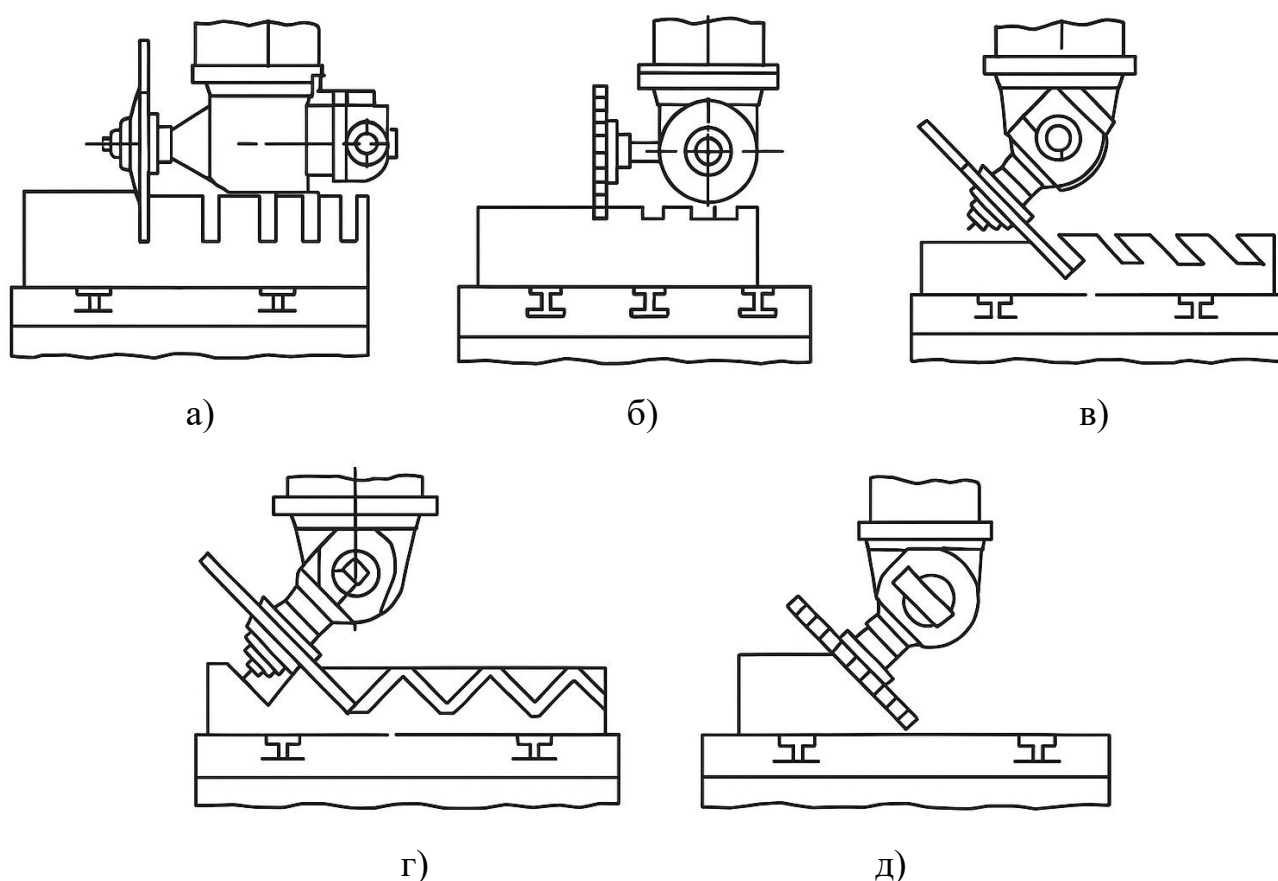


Рис.2.1. Способи фрезерування заготовок за допомогою окантовувального верстату: а – прямі вузькі пази; б – прямі широкі пази; в – похилі пази; г – ребристий рельєф поверхні; д – фаска.

2.5. Технологія виготовлення складнопрофільних виробів

У виробничому циклі ТОВ «Грантех» формування деталей із складним контуром реалізують багатоступеневою послідовністю, упродовж якої первинна

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

заготовка постійно видозмінюється, доки не набуде заданої геометрії. Через відсутність спеціалізованих профільно-фрезерних центрів основне чорнове знімання матеріалу виконують на універсальному фрезерному верстаті, а остаточне доведення переходить у цех художнього різблення.

Процес розпочинається з укладання брусків (здебільшого уже підрівняних на окантовувальному обладнанні) на робочий стіл. Заготовки шикують у суцільний ряд, вирівнюють відносно базової лінії та жорстко фіксують струбцинами, після чого на їхню площину наносять контур майбутнього профілю.

Наступна фаза — чорнове формування: у визначених зонах — на початку, у кінці та в місцях запроектованих криволінійних вигинів — виконують серію пропилів алмазними дисками. Технологічний резерв витримують так: якщо крок між пропилами перевищує 50 мм, глибину обмежують, залишаючи від лінії контуру 15–20 мм; коли ж відстань менша, допускають підхід різку на 5 мм. Відпиляні сегменти відколюють, тим самим суттєво зменшуючи обсяг подальшого шліфування та, відповідно, скорочуючи трудомісткість і вартість виготовлення.

Фінішна стадія передбачає проходження абразивним або алмазним профілювальним кругом, рельєф якого дзеркально відтворює необхідну форму кромки. Саме тут заготівка отримує точну конфігурацію й готовність до завершального шліфування-полірування, унаслідок чого поверхня набуває кінцевої декоративної якості.

2.6. Обґрунтування рішень зі збільшення продуктивності каменерозпилювального цеху

Підвищення продуктивності каменеобробної дільниці ТОВ «Грантех» логічно розпочати з докорінної модернізації технологічного середовища, передусім — із автоматизації ключових операцій. Упровадження систем числового програмного керування та роботизованих маніпуляторів у розкрої блоків зменшує випадковий людський чинник, стабілізує геометричну точність

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зрізу й помітно скорочує тривалість виробничого циклу. Такі інвестиції доцільно трактувати не як поточні витрати, а як стратегічний резерв ефективності.

Другою ланкою трансформації є оновлення верстатного парку. Сучасні високошвидкісні машини, порівняно з існуючими моделями, забезпечують суттєво кращу поверхневу якість, дозволяють оптимізувати фонд оплати праці й водночас скоротити технологічні перерви між операціями. Разом із тим капітальні вкладення у нове обладнання неминуче тягнуть за собою витрати на переналагодження комунікацій і сертифікаційне навчання персоналу.

Неабиякий резерв криється й у раціоналізації внутрішніх потоків: перегляд маршрутних карт, мінімізація зворотних ходів матеріалу та диференційоване планування робочої сили дають змогу скоротити непродуктивні втрати часу й ресурсів, що безпосередньо підвищує конкурентоспроможність.

З метою підвищення продуктивності, пропонується замінити дискові пили ФМД-3.0 та ФМД-3.5 на алмазно-канатний верстат. Перехід обґрунтований кількома ключовими тезами: по-перше, різання КТМ демонструє значно вищу лінійну швидкість, а отже, і продуктивність; по-друге, тонший пропи́л мінімізує неповоротні втрати дорогої сировини; по-третє, гнучка траєкторія каната забезпечує обробку деталей складної морфології без перехресних заломів. Додатковою перевагою є зниження питомої енергоемності процесу.

Проте капітальне оновлення тягне за собою значний бюджет закупівлі й монтажу, а також необхідність перепланування виробничих площ і розширеного інструктажу операторів. Саме тому перед остаточним вибором було проведено детальне техніко-економічне моделювання, результати якого показали рентабельність інвестиції у середньостроковій перспективі.

Серед доступних на ринку пропозицій найбільш переконливою виглядає дротова установка Gaspari Menotti GMV-700. Концепція цієї моделі, розроблена спеціально для гранітних і габро-родовищ, поєднує високу швидкість різання з точністю траєкторного позиціонування, що робить її оптимальним ядром для модернізованого розпилювального цеху ТОВ «Грантех».

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Рис.2.2. Загальний
вигляд верстату
Gaspari Menotti
GMV-700

Таблиця 2.7

Основні технічні характеристики верстату GMV-700

№ з/п	Параметр	Значення	Розмірність
1	Корисна довжина різання	3500	мм
2	Корисна висота різання	2200	мм
3	Корисна ширина різання	677	мм
4	Максимальна кількість робочих канатів	24	од.
5	Максимальна потужність головного двигуна	110	кВт
6	Загальна встановлена потужність	125	кВт
7	Швидкість лінійного переміщення канату	20-35	м/с
8	Швидкість подачі	30	мм/хв

Серед беззаперечних переваг дротової установки GMV-700 варто насамперед відзначити її високу продуктивність: значне лінійне зростання швидкості проходження різального каната помітно прискорює обробку блоку й, відповідно, підвищує добовий випуск продукції. Додатково система ЧПК забезпечує стабільне позиціонування інструмента, що гарантує високоточний зріз і бездоганну якість кромки, особливо важливу під час форматування деталей із складною просторовою геометрією. Конструкція верстата відносно компактна, тому його можна інтегрувати у наявний виробничий простір без масштабної

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

перебудови фундаментів, а дружній, інтуїтивний інтерфейс керування зводить до мінімуму криву навчання оператора. Застосована елементна база — редуктори з підвищеним ресурсом і зносостійкі напрямні — забезпечує довготривалу експлуатацію агрегату без критичних втрат точності.

Разом із тим, інвестиційний поріг для впровадження GMV-700 лишається доволі високим: окрім закупівельної вартості самого обладнання, доведеться закласти витрати на монтаж, підведення комунікацій, а також на сертифіковане сервісне обслуговування, яке є обов'язковим для збереження гарантії та підтримання паспортних параметрів продуктивності. Отже, питання доцільності впровадження слід вирішувати на підставі ретельного техніко-економічного порівняння: на початковій стадії треба зібрати та зіставити всі ключові експлуатаційні показники — від питомої швидкості різання та енергоємності до вартості витратних матеріалів — як для існуючих дискових верстатів, так і для потенційної заміни. Лише після такого багатофакторного аналізу можна зробити обґрунтований висновок щодо рентабельності переходу на дровову технологію в конкретних умовах виробничого майданчика.

Розрахунок номінальної продуктивності стандартного дискового верстата:

$$Q_{\text{тех}} = \frac{60 \cdot h \cdot S_p \cdot (m + 1) \cdot K_{\text{доп}}}{1000}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{тех}} = \frac{60 \cdot 5 \cdot 4 \cdot (1 + 1) \cdot 0,94}{1000} = 2,26, \text{ м}^2/\text{год}$$

де h — глибина занурення інструмента в камінь;

S_p — лінійна швидкість подачі;

m — кількість активних ріжучих одиниць;

$K_{\text{доп}}$ — поправочний коефіцієнт на вплив технологічних втрат, включаючи врізання, допилювання та залишкову недорізку:

$$K_{\text{доп}} = \frac{H_0 - H_{\text{зап}} - H_{\text{доп}} - H_{\text{нед}} + K_{S_3} \cdot H_{\text{зап}} + K_{S_d} \cdot H_{\text{доп}}}{H_0 - H_{\text{нед}}} \quad (2.2)$$

$$K_{\text{доп}} = \frac{1100 - 30 - 80 - 10 + 0,5 \cdot 30 + 0,5 \cdot 80}{1100 - 10} = 0,94$$

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де H_0 – первісна висота кам'яного блока;

$H_{\text{зап}}$ – глибина первинного врізання;

$H_{\text{доп}}$ – глибина дорізу до повного розділення;

$H_{\text{нед}}$ – залишкова недопилена висота для запобігання руйнуванню;

K_{S_3} та K_{S_d} – зниження подачі при відповідних стадіях обробки.

Фактична продуктивність верстата з урахуванням ефективного використання часу:

$$Q_{\phi} = Q_{\text{тех}} \cdot K_{\text{ц}} \cdot K_{\phi}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.3)$$

$$Q_{\phi} = 2,26 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 1,93, \text{ м}^2/\text{год}$$

де $K_{\text{ц}}$ – коефіцієнт, що враховує циклічну ефективність;

K_{ϕ} – коефіцієнт використання річного ефективного фонду часу.

Річна продуктивність верстата:

$$Q_{\text{рік}} = Q_{\phi} \cdot t_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}} \cdot N_{\text{дн}}, \text{ м}^2/\text{рік} \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{рік}} = 1,93 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 251 = 3875,44, \text{ м}^2/\text{рік}$$

де $t_{\text{зм}}$ – тривалість однієї зміни;

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

$N_{\text{дн}}$ – число робочих днів на рік.

Сумарна річна продуктивність двох верстатів становить 7750,88 м²/рік.

Продуктивність удосконаленого верстата (канатний різ):

$$Q_{\text{тех}} = \frac{L_0 \cdot S_p \cdot (m_1 + 1) \cdot K_{\text{доп}}}{1000}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{тех}} = \frac{1800 \cdot 0,4 \cdot (10 + 1) \cdot 0,98}{1000} = 7,76, \text{ м}^2/\text{год}$$

де m_1 – кількість працюючих канатів;

L_0 – довжина блоку;

$K_{\text{доп}}$ – поправка на ефективність різання при врізанні:

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$K_{\text{доп}} = \frac{H_0 - H_{\text{зап}} - H_{\text{нед}} + K_{S_3} \cdot H_{\text{зап}}}{H_0 - H_{\text{нед}}} \quad (2.6)$$

$$K_{\text{доп}} = \frac{1100 - 30 - 20 + 0,3 \cdot 30}{1100 - 20} = 0,98$$

Фактична продуктивність канатного верстата:

$$Q_{\phi} = Q_{\text{тех}} \cdot K_{\text{ц}} \cdot K_{\phi}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.7)$$

$$Q_{\phi} = 7,76 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 6,63, \text{ м}^2/\text{год}$$

Річна продуктивність удосконаленого обладнання:

$$Q_{\text{рік}} = Q_{\phi} \cdot t_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}} \cdot N_{\text{дн}}, \text{ м}^2/\text{рік} \quad (2.8)$$

$$Q_{\text{рік}} = 6,63 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 251 = 13313,4, \text{ м}^2/\text{рік}$$

З аналізу проміжних даних випливає, що встановлення нового розпилювального комплексу потенційно підвищить річний випуск продукції приблизно на 13 000 м². Разом із тим, таке нарощування можливостей буде справді ефективним лише за умови системної інтеграції обладнання в чинний виробничий ланцюг, тобто з урахуванням пропускної спроможності та технічної віддачі агрегатів, задіяних на подальших стадіях обробки каменю.

Розрахунок номінальної продуктивності шліфувально-полірувального устаткування:

$$Q_{\text{тех}} = \frac{60 \cdot B_{\text{пл}} \cdot S \cdot K_{\text{заз}}}{1000}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.9)$$

$$Q_{\text{тех}} = \frac{60 \cdot 1100 \cdot 0,2 \cdot 0,94}{1000} = 3, \text{ м}^2/\text{год}$$

де $B_{\text{пл}}$ – геометрична ширина оброблюваної кам'яної плити;

S – лінійна швидкість поздовжньої подачі інструмента;

$K_{\text{заз}}$ – знижувальний коефіцієнт, що враховує неефективність обробки через зазор між суміжними плитами, що не охоплюється робочим інструментом.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Фактична (експлуатаційна) продуктивність обладнання:

$$Q_{\phi} = Q_{\text{тех}} \cdot K_{\text{ц}} \cdot K_{\phi}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.10)$$

$$Q_{\phi} = 3 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 2,57, \text{ м}^2/\text{год}$$

Розрахунок річного обсягу обробки на шліфувально-полірувальному верстаті:

$$Q_{\text{рік}} = Q_{\phi} \cdot t_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}} \cdot N_{\text{дн}}, \text{ м}^2/\text{рік} \quad (2.11)$$

$$Q_{\text{рік}} = 2,57 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 251 = 5160,56, \text{ м}^2/\text{рік}$$

Експлуатація двох шліфувально-полірувальних машин дає можливість одержати сумарно близько 10 321,1 м² відшліфованих і відполірованих поверхонь за календарний рік. Ділянка кромкообробки оснащена трьома верстатами, однак фактично кромку формують лише дві одиниці, оскільки третю переорієнтовано на фрезерні операції під час виготовлення деталей складного профілю. Щоб розрахувати реальну продуктивність окантовування, насамперед необхідно визначити лінійну швидкість різання, спираючись на паспортні характеристики окантовувального верстата типу ФМД-1,6.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}, \text{ м/с} \quad (2.12)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 1600 \cdot 360}{60 \cdot 1000} = 30,14, \text{ м/с}$$

де D – діаметр відрізного диска, мм.

n – частота обертання диска, об/хв.

Визначення кількості пропилів при окантовуванні при повздовжньому орієнтуванні плити:

$$m_1 = \frac{H_0}{B_{\text{пл}}} + 1, \text{ шт} \quad (2.13)$$

$$m_1 = \frac{1500}{700} + 1 = 3, \text{ шт}$$

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При поперечному орієнтуванні плити:

$$m_2 = \frac{L_0}{L_{\text{пл}}} + 1, \text{ шт} \quad (2.14)$$

$$m_2 = \frac{500}{500} + 1 = 2, \text{ шт}$$

Довжина одного робочого проходу інструмента:

$$L_i = L_{\text{ок}} + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}}, \text{ мм} \quad (2.15)$$

$$L_1 = 1500 + 215 + 30 = 1745, \text{ мм}$$

$$L_2 = 500 + 215 + 30 = 745, \text{ мм}$$

де $L_{\text{ок}}$ – довжина плити (заготовки);

$L_{\text{пер}}$ – довжина врізання інструмента;

$L_{\text{вр}}$ – довжина пробігу (перехід) інструмента за межі заготовки:

$$L_{\text{вр}} = \sqrt{D \cdot b_{\text{пл}} - b_{\text{пл}}^2}, \text{ мм} \quad (2.16)$$

$$L_{\text{вр}} = \sqrt{1600 \cdot 30 - 30^2} = 217, \text{ мм}$$

Сумарна площа плит-заготовок після процесу окантовування, S_2 , складатиме 7500 м^2 , враховуючи коефіцієнт виходу продукції. Таким чином, кількість плит-заготовок, що надходять на операцію окантовування, можна обчислити наступним чином:

$$z = \frac{S_1}{L_{\text{пл}} \cdot B_{\text{вл}}}, \text{ од.} \quad (2.17)$$

$$z = \frac{7500}{0,5 \cdot 0,4} = 21657, \text{ од.}$$

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Площа пропилів, створених у межах операції окантовування:

поздовжнє різання:

$$S_{c_1} = z \cdot m_1 \cdot b_{\text{пл}} \cdot L_{\text{пл}}, \text{ м}^2/\text{рік} \quad (2.18)$$

$$S_{c_1} = 21657 \cdot 3 \cdot 0,030 \cdot 1,5 = 1390, \text{ м}^2/\text{рік}$$

поперечне різання:

$$S_{c_2} = z \cdot m_2 \cdot b_{\text{пл}} \cdot L_{\text{пл}}, \text{ м}^2/\text{рік} \quad (2.19)$$

$$S_{c_2} = 21657 \cdot 2 \cdot 0,030 \cdot 0,5 = 649,7, \text{ м}^2/\text{рік}$$

Коефіцієнт втрати ефективності різання через врізання та перебіг інструмента:

- поздовжнє окантовування:

$$K_{\text{доп21}} = \frac{L_0}{L_1} \quad (2.20)$$

$$K_{\text{доп21}} = \frac{1500}{1745} = 0,31$$

- поперечне окантовування:

$$K_{\text{доп22}} = \frac{B_{\text{пл}}}{L_2} \quad (2.21)$$

$$K_{\text{доп22}} = \frac{500}{745} = 0,67$$

Технологічна продуктивність процесу окантовування:

- поздовжнє окантовування:

$$Q_{\text{тех}_1} = \frac{60b_{\text{пл}} \cdot S \cdot (m'_1 - 1) \cdot K_{\text{доп21}}}{1000}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.22)$$

$$Q_{\text{тех}_1} = \frac{60 \cdot 0,030 \cdot 1,2 \cdot (3 - 1) \cdot 0,31}{1000} = 1,21, \text{ м}^2/\text{год}$$

- поперечне окантовування:

$$Q_{\text{тех}_2} = \frac{60b_{\text{пл}} \cdot S \cdot (m'_2 - 1) \cdot K_{\text{доп22}}}{1000}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.23)$$

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{тех}_2} = \frac{60 \cdot 0,030 \cdot 1,2 \cdot (2 - 1) \cdot 0,67}{1000} = 1,45, \text{ м}^2/\text{год}$$

Фактична продуктивність за умови використання фондових коефіцієнтів:

- поздовжнє окантовування:

$$Q_{\phi_1} = Q_{\text{тех}_1} \cdot K_{\text{ц}} \cdot K_{\phi}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.24)$$

$$Q_{\phi_1} = 1,21 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 1,03, \text{ м}^2/\text{год}$$

- поперечне окантовування:

$$Q_{\phi_2} = Q_{\text{тех}_2} \cdot K_{\text{ц}} \cdot K_{\phi}, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2.25)$$

$$Q_{\phi_2} = 1,45 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 1,24, \text{ м}^2/\text{год}$$

За результатами розрахунків встановлено, що номінальний річний вихід окантувального верстата при поздовжньому різі становить приблизно 2 037,7 м², тоді як при поперечному проході – близько 1 191,9 м². Для порівняння, при експлуатації в умовах обмеженого навантаження ці показники сягають лише 1 390 м² та 649,7 м² відповідно.

Аналітичний огляд дозволив встановити наступне:

- запуск алмазно-канатних машин підніме продуктивність операції розпилювання з 7 750 м²/рік до орієнтовно 13 313 м²/рік;
- два шліфувально-полірувальні агрегати спроможні забезпечити сукупний випуск приблизно 10 321 м²/рік;
- за наявного режиму окантувальння верстата обробляють 2 037,7 м²/рік у поздовжньому та 649,7 м²/рік у поперечному форматах, що еквівалентно використанню лише 67 % і 30 % їх потенціалу.

Отже, після інтеграції канатної установки GMV-700 продуктивність лінії обмежуватиме шліфувально-полірувальна дільниця. Оптимальною метою є стабілізація річного випуску на рівні $\approx 10\,300$ м². Упровадження GMV-700 не просто заміщує застарілі ФМД-3.0 та ФМД-3.5, а й дає приріст продуктивності

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

завдяки вужчому пропилю, що мінімізує технологічні втрати та підвищує вихід товарної площі з одиниці сировини.

2.7. Заключні операції

У завершальному сегменті виробничого циклу, що функціонує на ТОВ «Грантех», передбачено низку операцій, які закривають технологію: делікатне знімання кам'яних плит із робочих пристроїв, формування складських партій та їх подальше пакування. Якість і безвідмовність готової продукції безпосередньо залежать від точного дотримання регламенту кожної з цих процедур.

Плити, виготовлені з порід середньої міцності, одразу після шліфувально-полірувальної обробки обережно демонтують зі столу верстата та розміщують у тари-піддони, призначені для внутрішнього транспортування відповідно до маршрутної карти. Перед відправленням на наступну ділянку заготовки обов'язково проходять вхідний контроль: перевіряють геометричні параметри, якість поверхні та відсутність мікротріщин; після позитивного висновку кожен виріб маркують у встановленому порядку.

У складському просторі облицювальні плити встановлюють вертикально «на ребро» одним ярусом, злегка нахиляючи їх і притискаючи лицьовими площинами одна до одної для запобігання точковому навантаженню. Компактні формати (до 200 × 400 мм) допускається штабелювати горизонтально в стопи, висота яких не перевищує одного метра, аби усунути ризик деформацій під власною вагою.

Обробка виробів, виготовлених з високоміцних гранітоїдів і габро, відрізняється спрощеною логістикою: після демонтажу їх одразу поміщають у металеві або дерев'яні пересувні стелажі-касети. Після заповнення стелажа продукція спрямовується на контрольне приймання, де здійснюють остаточний огляд, наносять ідентифікаційне маркування та формують відвантажувальні партії.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Фінішна операція — пакування для зовнішнього транспорту. Готові плити укладають у вертикальному положенні в індивідуально підібрані дерев'яні коробки чи стандартні контейнерні касети. До кожної транспортної одиниці кріплять супровідний документ, у якому зазначають кількість виробів, їх сумарний об'єм, масу й відпускну вартість. Такий підхід забезпечує збереження декоративної поверхні під час перевезення та спрощує подальший облік на будівельному майданчику.

2.8. Транспорт підприємства

У транспортному парку ТОВ «Грантех» зосереджено декілька основних машин і механізмів, які забезпечують повний цикл внутрішньозаводської логістики. Центральною ланкою вантажного автотранспорту слугує кар'єрний самоскид КрАЗ-265 Б1: його застосовують передовсім для доставляння блоків природного каменю та відвантаження готової продукції, а за потреби — для перевезення паливо-мастильних матеріалів, пакувального пиломатеріалу чи великогабаритних запасних вузлів верстатного обладнання. Попри різноманітність маршрутів, щоденний коефіцієнт завантаження цієї машини не перевищує третини номінального фонду змінного часу, що дає змогу своєчасно виконувати планові регламентні огляди без шкоди для виробничого ритму.

Доповнює автосамоскид мобільний автокран КС-45717К-1 на шасі КамАЗ та стаціонарна кран-балка вантажністю п'ять тонн, які забезпечують піднімання й точне позиціонування блоків і плит у зонах розкроювання та обробки. Для оперативного переміщення вантажів між суміжними ділянками, наприклад від окантовувального верстата до шліфувально-полірувальної лінії, застосовують електричні тельфери Т104 болгарського виробництва, розраховані на двотонне навантаження. Вони, у парі з поворотними стрілами, мінімізують ризик сколів на ребрах плити, оскільки дозволяють знімати заготівку строго вертикально, без бічних зрушень.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Ключову роль у закритті виробничих етапів відіграє телескопічний навантажувач Merlo P38.13 Plus. Завдяки змінним робочим органам він не лише переміщує комплектові плити зі станків безпосередньо на склад готової продукції, а й використовується під час монтажно-демонтажних робіт — зокрема, коли потрібно витягнути або встановити важкі компоненти верстатів. Машина також залучається до прибирання кам'яного околу на відкритих майданчиках, підтримуючи виробничі території у належному санітарному стані.

Таким чином, комбінація самоскида великої вантажності, універсального автокрана, стаціонарних підймальних пристроїв і високоманевреного телескопічного навантажувача формує гнучку логістичну систему, що дозволяє «Грантеху» оперативно реагувати на потреби основного технологічного потоку й одночасно утримувати ресурсну базу транспортних засобів у режимі профілактичної експлуатації.

2.9. Водопостачання і шламове господарство

Водне забезпечення є фундаментальним ресурсом, від якого прямо залежить продуктивність каменеобробного комплексу ТОВ «Грантех». У технологічному ланцюзі підприємства вода виконує подвійну функцію: вона охолоджує алмазні ріжучі диски на пиловочних верстатах і знижує температуру та запобігає запиленню під час роботи шліфувальних і полірувальних кругів. Окремим контуром передбачено подачу питної води для санітарно-гігієнічних і побутових потреб персоналу.

Побічним продуктом усіх різальних і абразивних операцій є пульпа — суспензія води з мікрочастинками каменю, візуально схожа на густу сіру глину. З кожного робочого місця суспензія самопливом сходить у бетоновані лотки й далі прямує до трисекційної системи відстоювання. У першій камері відстійника осідає найбільший, піщано-гравійний компонент, у другій — шлам середньої

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

дисперсності, а третя секція слугує доочищенням: відфільтрована вода збирається у чистову ємність і насосами повертається в цех замкнутим оборотним циклом.

Коли шламова маса досягає розрахункової позначки, резервуари вивантажують. Осад не містить токсичних домішок, не перевищує природного радіаційного фону й становить переважно фізичне, а не хімічне навантаження на довкілля, тому його складують на спеціальному полігоні рекультивації усередині промислової зони.

За вихідними даними річна програма підприємства становить 7750 м² облицювальних плит. На кожній технологічній операції формується твердовагова суспензія — шлам, кількість якого визначається добутком питомого виходу шламу (м³ на 1 м² готової продукції) на річну площу виготовлення.

На етапі розпилювання блоків пила знімає з каменю шар матеріалу, що інтенсивно змивається охолоджувально-мастильною рідиною. Питомий вихід шламу для цієї операції дорівнює 0,0022 м³/м²; отже, за річної програми утворюється 12,32 м³ шламовмісної суспензії.

Під час окантовування плит (формування чистової геометрії виробу) абразивний інструмент видаляє дещо менший обсяг каменю. При питомому показнику 0,0020 м³/м² це дає 11,20 м³ шламу на рік.

Найменший обсяг твердих частинок виникає у процесі шліфування-полірування. Нормативний показник становить 0,0010 м³/м², що еквівалентно 5,60 м³ шламу за календарний рік. Варто звернути увагу, що іноді у методичних матеріалах фігурує значення 0,0020 м³/м²; у такому разі обсяг зріс би до 11,2 м³, однак ця цифра суперечить наведеним у вихідній таблиці і завищує реальну кількість відходів удвічі.

Сумарно при дотриманні нормативного значення для полірування річний баланс твердих відходів становить 29,12 м³ суспензії, що потребує подальшого згущення та зневоднення перед утилізацією або повторним використанням.

Окремо оцінено водоспоживання. Два рамні пилки витрачають по 0,72 м³ год⁻¹, чотири полірувально-шліфувальні верстати — по 2,4 м³ год⁻¹, а один

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

окантовувальний — $0,27 \text{ м}^3 \text{ год}^{-1}$. За річного фонду робочого часу 4032 год це відповідає $5806,08 \text{ м}^3$, $38\,707,20 \text{ м}^3$ і $1088,64 \text{ м}^3$ відповідно. Сукупна потреба підприємства у технічній воді досягає $45\,601,92 \text{ м}^3$ на рік, що еквівалентно середньогодинному споживанню $11,31 \text{ м}^3$. Увесь цей обсяг або безпосередньо утворює шлам, або містить шламові частинки у завислому стані, тож потребує замкнутах схем обороту та ефективних очисних систем для мінімізації екологічного навантаження і скорочення витрат на свіжу воду.

2.10. Електропостачання

Енергоживлення виробничих майданчиків ТОВ «Грантех» організоване як самостійний відгалужений контур від КТП-740 підприємства-балансоутримувача МПМ «Граніт». Від розподільчого пункту відходить лінія напругою 0,4 кВ, змонтована повітряно на опорних стовпах із застосуванням силових кабелів типу АВВГ 0,38 кВ. Для пониження напруги і формування внутрішньої мережі на території заводу встановлено комплектну трансформаторну підстанцію тупикового виконання 10/0,4 кВ потужністю 250 кВА; підвід на сторону 10 кВ виконано повітряно, а ввідний проліт довжиною 40 м реалізовано на залізобетонних опорах із підвіскою проводу ЗАС-35. На кінцевій опорі повітряної лінії встановлено роз'єднувач РЛНДМІ-10/200-У1 з приводом ПРНЗ-10, що забезпечує селективне відключення та безпечне обслуговування.

Живильний кабель до розподільчого устаткування цеху прокладено від РУ-0,4 кВ трансформаторної підстанції. Використано чотирижильний силовий кабель АВВГ-1 кВ із перерізом $3 \times 120 \text{ мм}^2 + 1 \times 70 \text{ мм}^2$; довжина траси становить 40 м, що забезпечує втрату напруги на рівні $\approx 1,25 \%$. Магістраль вкладається у ґрунтову траншею глибиною 0,7–0,8 м, зверху захищена суцільним шаром червоної будівельної цегли, а ділянки входу в КТП та підйому на стіну додатково броньовані сталевією трубою.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Окрім технологічного обладнання, до значних навантажень належать робоче, аварійне та ремонтне освітлення. Зовнішні фасадні світильники виконані на базі світлодіодних модулів, що керуються фотореле й автоматично вмикаються з настанням сутінків. Усі металеві оболонки електрообладнання, корпуси світильників, троси та відкриті токопровідні частини підключені до системи захисного заземлення; нульова і захисна функції реалізуються відповідними жилами силових кабелів та окремим РЕ-провідником. Додаткову безпеку персоналу гарантує комплекс пристроїв швидкого аварійного вимкнення типу РД-2, інтегрований у розподільчу мережу підприємства.

					ГТТБ.ДП25.184.04.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1. Основні положення стосовно охорони праці на ТОВ «Грантех»

Охорона праці в каменеобробному виробництві ТОВ «Грантех» ґрунтується на комплексному управлінні професійними ризиками, що поєднує нормативно-правові вимоги Закону України «Про охорону праці», галузевих НПАОП, стандарту ISO 45001:2018 і внутрішньої політики підприємства. Відповідно до ст. 13 Закону, роботодавець зобов'язаний забезпечити безпечні та здорові умови праці для кожного робочого місця; тому на підприємстві запроваджено інтегровану СУОП, що охоплює ідентифікацію небезпек, превентивне планування, навчання персоналу й постійний моніторинг показників виробничого травматизму.

На дільниці розпилювання блоків основним джерелом небезпеки є однодискові верстати ФМД-3500, оснащені алмазними пилками діаметром 3,5 м. Обертання корпусу диска з частотою різання 25 м/с створює підвищений рівень шуму (до 105 дБА) та інтенсивний абразивний пил, а контакт робочого інструмента з блоком супроводжується високою ударною енергією, що збільшує ризик відриву сегментів. Перед установленням блока проводять детальний візуально-інструментальний огляд, зокрема пошук латентних тріщин і металевих включень феритним магнітом, аби запобігти аварійному руйнуванню диска й непередбачуваному вильоту уламків.

Шліфувально-полірувальні операції виконують на мостових агрегатах СМП-450, де швидкість обертання шпинделя 380 об/хв у поєднанні з лінійними переміщеннями мосту до 8 м/хв формує комплексний вплив шуму, вібрації й аерозолі охолоджувально-мастильної рідини. При паспортній потужності 15 кВт

					ГТТБ.ДП25.184.04.03.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Ворончук			Розділ 3. Охорона праці та навколишнього середовища		Літ.	Аркуш
Керівник		Шамрай						
Кер. розділу		Шамрай					Житомирська політехніка 184 «Гірництво»	
Н. Контр.		Башинський						
Зав. каф.		Башинський						

верстат є також джерелом локального теплового випромінювання.

Підйомно-транспортні операції виконують автомобільними й порталними кранами вантажопідймальністю до 25 т, що потребує жорсткого дотримання граничних режимів вантажних циклів та щорічних технічних оглядів згідно з НПАОП 0.00-1.01-07. Велика інерція вантажу й значна висота підйому (до 27 м) вимагають безпосередньої синхронізації сигналів машиніста з такелажниками.

Електробезпека забезпечується відокремленою силовою підстанцією 10/0,4 кВ і мережами 380 В. Головний живильний кабель АВВГ $3 \times 120 \text{ мм}^2 + 1 \times 70 \text{ мм}^2$ прокладено в землі з механічним захистом, а металеві корпуса устаткування підключені до системи повторного заземлення; аварійне відключення реалізовано через комутаційні пристрої типу РД-2.

Організаційно-технічні принципи системи безпеки

- 1. Ідентифікація та аналіз професійних ризиків.** Для кожної операції формується матриця небезпек «ймовірність $\times$ наслідки», на основі якої визначаються пріоритетні заходи контролю. Наприклад, при розпилюванні блоків головними контрольними точками є цілісність диска, коректне закріплення блока й рівень волого-повітряної суміші в робочій зоні, оскільки саме зволоження пропилу знижує запиленість на 60–70 %.
- 2. Технологічна ізоляція джерел шкідливих факторів.** Дискові та канатні пилки обладнуються автоматичними кожухами й замкненими водяними форсунками; на СМП-450 передбачені пневматичні екрани, що локально видаляють аерозоль КРЖ. Уздовж лінії розпилювання змонтовано шахтні аспіратори продуктивністю 18 000 м³/год, а в шліфувальному цеху діє припливно-витяжна система з механічним фільтром та краплевідбивачем.
- 3. Нормування виробничого шуму та вібрації.** При рівнях шуму понад 85 дБА робоче місце відноситься до шкідливих умов класу 3.1, що зобов'язує застосовувати вставні протишумові вкладиші або протишумові навушники з

					ГТТБ.ДП25.184.04.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

індексом зниження $NRR \geq 30$ дБ та проводити періодичні аудіометричні огляди працівників.

4. **Система електричної безпеки.** Всі відкриті металеві частини обладнання приєднані до контуру РЕ-провідника з опором ≤ 4 Ом. Автоматичний захист від струму витоку реалізовано через пристрої УЗО на 30 мА для розеткових груп і диференційні вимикачі на 300 мА для силових фідерів. Щоквартально здійснюється вимір кола «фаза-нуль» і прогревається вся шинопровідна система.
5. **Підвищена культура вантажопідіймальних робіт.** Всі стропальники проходять щорічну переатестацію в РТН, а стропи й траверси маркуються паспортною вантажопідіймальністю. Захват блоків здійснюється текстильними безкантовими стропами з двома незалежними точками підвішування, що мінімізує концентрацію напружень у кам'яній брилі.
6. **Персонал та компетентність.** Перш ніж допустити працівника до обладнання, його навчають за 30-годинною програмою, що включає теорію, практику й підсумкове тестування. Повторний інструктаж проводиться щокварталу, а позаплановий — після модернізації устаткування або при зміні технологічного процесу. Додатково впроваджено щоденний «п'ятихвилинний брифінг» майстрів зі зміною для швидкого обміну інформацією про відхилення й потенційні небезпеки.
7. **Медичне забезпечення та гігієна праці.** Практикується попередній (при прийомі) та періодичний (щороку) медогляд, що охоплює аудіометрію, спірометрію й контроль рівня кремнію в сечі. У виробничих приміщеннях встановлено централізовані душові з подачею теплої води та приладами для блокування кам'яного пилу перед виходом у побутові зони.
8. **Аварійна готовність.** Створено добровільну аварійну бригаду, оснащену переносними вогнегасниками ВП-10, піщаними контейнерами й протипиловими респіраторами. Щороку проводяться протипожежні

					ГТТБ.ДП25.184.04.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

тренування з відпрацюванням евакуації на випадок пожежі в трансформаторній та раптового обриву каната на дротовій установці.

Комплекс організаційно-технічних засобів, описаний вище, дозволив у 2024 р. знизити виробничу травматичність на 38 % у порівнянні з базовим 2022 р., тоді як середньозаводський показник захворюваності з тимчасовою втратою працездатності скоротився з 8,3 до 5,1 випадку на 100 працівників. Такі результати підтверджують ефективність інтегрованого підходу до управління ризиками й демонструють практичну реалізацію принципу «Vision Zero», який став орієнтиром для галузевого розвитку систем безпеки праці.

Отже, охорона праці на ТОВ «Грантех» розглядається не як регламентна формальність, а як стратегічний компонент виробничої культури, що забезпечує стійке зростання продуктивності без компромісів щодо життя й здоров'я персоналу.

3.2. Охорона навколишнього середовища

Комплексна екологізація каменеобробного виробництва ТОВ «Грантех» базується на принципах стандарту ISO 14001:2015, згідно з якими вплив на довкілля розглядається як повноцінний виробничий показник, що підлягає такому самому плануванню, обліку й постійному вдосконаленню, як і економічні чи технологічні параметри. Нижче узагальнено ключові екологічні аспекти діяльності підприємства та засоби їх мінімізації.

Головним джерелом викидів у повітря є високодисперсний абразивний пил, що утворюється під час розпилювання та шліфувально-полірувальних операцій. Його концентрація знижується завдяки комбінації двох методів: подавання охолоджувально-мастильної рідини безпосередньо у зону різання та локального відсмоктування аерозолі шахтними аспіраторами. Ефект підсилюють каскадні тканинно-рукавні фільтри та регулярне зрошення підлог, яке запобігає

					ГТТБ.ДП25.184.04.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вторинному пиловиділенню. Акустичний вплив на межі санітарно-захисної зони зменшується встановленням шумопоглинальних кожухів на верстатах і оптимізацією режимів їх роботи; розрахунок показує, що денний еквівалентний рівень L_{Aeq} не перевищує 65 дБА на межі підприємства, що відповідає гранично-допустимим значенням для промислових майданчиків, суміжних із селитебними територіями.

Вода циркулює в оборотному циклі: після контакту з інструментом вона разом із мікрочастинками каменю формує пульпу, яка самопливом спрямовується у трисекційну систему відстоювання. У першій камері осідає грубий піщано-гравійний фракціонат, у другій – середньодисперсний шлам, тоді як третя секція слугує доочищенням; відфільтрована вода повертається у технологію насосами. Замкненість контуру скорочує питоме споживання свіжої води до $<0,15 \text{ м}^3$ на 1 м^2 продукції та практично усуває скиди забруднюючих речовин у поверхневі води. Вивантажений осад, що не містить токсичних компонентів і не перевищує природного радіаційного фону, складують на внутрішньому полігоні рекультивації, звідки його частину використовують як мінеральний наповнювач у виробництві тротуарних плит і сухих будівельних сумішей.

Окрім шламів утворюються відсіви та обрізки каменю. Великі уламки повертають у виробництво для виготовлення дрібних архітектурних деталей; дрібнодисперсні фракції пресують у брикети, що реалізуються як добавка до сухих бетонів. Таким чином, вторинне використання кам'яних відходів перевищує 85 %, а кількість захоронюваних матеріалів скорочується до $<0,02 \text{ т} \cdot \text{м}^{-2}$ готової продукції.

Підприємство працює виключно з блоками, сертифікованими згідно з ДСТУ Б В.2.7-59-97 та нормами ДБН В.1.4-1.01/-2.01; їх сумарна питома активність природних радіонуклідів $\sum A$ не перевищує $370 \text{ Бк} \cdot \text{кг}^{-1}$, що дозволяє використовувати вироби внутрішнього облицювання без обмежень. Кожна партія сировини супроводжується паспортом радіологічного контролю, а раз у квартал

					ГТТБ.ДП25.184.04.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

лабораторія підприємства виконує гамма-спектрометрію готових плит для підтвердження відповідності нормативам.

Модернізація різального устаткування (перехід від дискових пилок ФМД-3/3,5 до канатної установки GMV-700) знизилася питомі втрати сировини на 18 % та скоротила частку електроенергії на 27 % за рахунок вужчого пропилю й вищої швидкості різання; оцінка балансів показує, що сумарні річні викиди CO₂-екв. зменшилися приблизно на 190 т. Додатково впроваджені світлодіодні світильники, керовані фотореле, зменшили споживання електроенергії на освітлення на 32 % .

Для підтвердження сталого рівня впливу підприємство веде щоквартальний моніторинг якості повітря на контрольних постах, щомісячний облік водоспоживання та водовідведення, а також щорічний аудит енергоспоживання. Дані заносяться у внутрішню базу екологічної статистики та раз на рік узагальнюються у «Звіті про охорону довкілля», який подається до Житомирської обласної військової адміністрації відповідно до вимог Постанови КМУ №425.

Отже, система екологічного менеджменту ТОВ «Грантех» інтегрує технічні рішення – закритий водооборот, аспіраційно-фільтраційні комплекси, енергоощадні технології – з нормативним контролем і регулярним моніторингом, що забезпечує мінімальний екологічний слід підприємства без обмеження планової продуктивності.

					ГТТБ.ДП25.184.04.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

4.1. Розрахунок вартості сировини

Вартість різних типів сировини, необхідної для забезпечення річної продуктивності підприємства наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Річна потреба в сировині та розрахунок її вартості

Тип породи	Потреба		Ціна, грн/м.куб	Вартість, грн
	%	м.куб		
Граніт капустинський	32,00	128,00	6750,00	864000,00
Граніт лизниківський	12,00	48,00	5980,00	287040,00
Габро букинське	17,00	68,00	5950,00	404600,00
Лабрадорит головинський	39,00	156,00	6400,00	998400,00
Разом				2554040,00

За рахунок збільшення продуктивності підприємства потреба у сировині зросте на 100 м³/рік. Розрахунок вартості сировини, необхідної для забезпечення роботи підприємства після впровадження розглянутих рішень наведений в таблиці 4.2.

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	Ворончук				Розділ 4. Економіка та організація виробництва	Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Шамрай							
Кер. розділу	Шамрай					Житомирська політехніка 184 «Гірництво»		
Н. Контр.	Башинський							
Зав. каф.	Башинський							

Таблиця 4.2

Рекалькуляція річних потреб та вартості сировини

Тип породи	Потреба		Ціна, грн/м.куб	Вартість, грн
	%	м.куб		
Граніт капустинський	30,00	150,00	6750,00	1012500,00
Граніт лизниківський	20,00	100,00	5980,00	598000,00
Габро букинське	15,00	75,00	5950,00	446250,00
Лабрадорит головинський	35,00	175,00	6400,00	1120000,00
Разом				3176750,00

4.2. Калькуляція відррахувань на оплату праці

Годинна тарифна ставка оплати праці прийнята на рівні 70,5 грн/год. Перелік основних виробничих спеціальностей і тариф оплати їх праці наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Розрахунок відррахувань на оплату праці (основний виробничий та допоміжний персонал)

№	Посада	К-сть працівників на зміну	К-сть працівників на добу	Розряд	Тарифний коефіцієнт	Годинна ставка з врахуванням коеф. Відпрацьованих годин на рік		Місячні витрати на працівника, грн/люди	Річні витрати на працівника, грн/люди	Річні відрахування на оплату праці за типом робіт, грн/рік
Каменерозпилювальний верстат	Каменерозпилювальник	2	2	IV	1,44	101,5	2016	17055,3	204664,3	409328,6
	Налагоджувальник	1	1	III	1,28	90,2	2016	15160,3	181923,8	181923,8
Фрезерно-окантовувальний верстат	Фрезерувальник по каменю	1	1	III	1,28	90,2	2016	15160,3	181923,8	181923,8
Шліфувально-	Шліфувальник-	2	2	III	1,28	90,2	201	15160,3	181923,	363847,

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

№	Посада	К-сть працівників на зміну	К-сть працівників на добу	Розряд	Тарифний коефіцієнт	Годинна ставка з врахуванням коеф. Відпрацьованих годин на рік	Місячні витрати на працівника, грн/люди	Річні витрати на працівника, грн/люди	Річні відрахування на оплату праці за типом робіт, грн/рік	
полірувальний верстат	полірувальник					6		84	68	
	Наклеювач плит	1	1	I	1,00	70,5	2016	11844,0	142128,0	142128,0
Тельфери та мостовий кран	Оператор навантажувального устаткування	2	2	III	1,28	90,2	2016	15160,3	181923,8	363847,6
Автонавантажувач	Водій автонавантажувача	1	1	IV	1,44	101,5	2016	17055,3	204664,3	204664,3
Пневмоколісний кран	Машиніст крана	1	1	V	1,68	118,4	2016	19897,9	238775,0	238775,0
Вантажний автомобіль	Водій транспортного засобу	2	2	IV	1,44	101,5	2016	17055,3	204664,3	409328,6
Ремонтно-механічна дільниця	Електрогазозварник	1	1	III	1,28	90,2	2016	15160,3	181923,8	181923,8
	Слюсар	1	1	III	1,28	90,2	2016	15160,3	181923,8	181923,8
Господарська дільниця	Прибиральник території	1	1	I	1,00	70,5	2016	11844,0	142128,0	142128,0
	Підсобний робітник	2	2	I	1,00	70,5	2016	11844,0	142128,0	284256,0
	Сторож	1	2	I	1,00	70,5	2016	11844,0	142128,0	284256,0
Разом							209402	2512823	3570255	

Розрахунок відрахувань на оплату праці інженерно-технічного персоналу наведено в таблиці 4.4.

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

Розрахунок витрат на оплату праці ІТП

№	Посада	К-сть/ зм	К-сть/ добу	Місячний оклад, грн	ЗП/людину, грн/міс
1	Директор	1	1	25000,00	25000,00
2	Заступник директора	1	1	20000,00	20000,00
3	Головний бухгалтер	1	1	15000,00	15000,00
4	Бухгалтер	1	1	12500,00	12500,00
5	Помічник директора з матеріально-технічного постачання	1	1	15000,00	15000,00
6	Менеджер зі збуту	1	1	15000,00	15000,00

4.3. Розрахунок вартості електроенергії

Розрахунок вартості електроенергії ґрунтується на визначенні вартості, необхідної для функціонування електричних силових установок, а також вартості, необхідної для освітлення виробничих та інших приміщень. Обсяг електроенергії, потрібний для роботи силових установок, залежить від їх потужності та кількості. Відповідно, річні витрати на електроенергію можна обчислити наступним чином:

$$Q_{\text{ел.і}} = T_i \cdot P_i \cdot n_i \quad (4.1)$$

де T_i – річний фонд робочого часу, год;

P_i – потужність електросилового устаткування, кВт;

n_i – кількість електросилових установок одного типу, шт.

Калькуляція споживчих потреб електросилового устаткування приведена в таблиці 4.5.

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5

Номенклатура та споживча потужність електросилових установок

Операція	Поточна схема виробництва				Запропонована схема виробництва			
	Марка	Потужність, кВт	К-сть од. устаткування	Річне споживання, кВт·год	Марка	Потужність, кВт	К-сть од. устаткування	Річне споживання, кВт·год
Розпилювання	ФМД-3,5	50	1	80640,00	GMV-700	125	1,00	239400,00
	ФМД-3	40	1	64512,00				
Окантовування	ФМД-1,6	20	1	32256,00	ФМД-1,6	20	1,00	47787,03
Шліфування	СМП-450 / КШМ-320	10	2	32256,00	СМП-450	10	2,00	47787,03
Транспортування	Тельфер 2 і 3 т	2,0	2	3225,60	Тельфер 2 і 3 т	2	2,00	5241,60
	КБ 3,2т	5,5	1	4435,20	КБ 3,2т	5,5	1,00	7207,20
	Тельфер 5 т	3,5	1	2822,40	КБ 5т	3,5	1,00	4586,40
Разом				220147,20				352009,26

Для забезпечення підприємства електроенергією необхідно:

$$P_{\text{сил}} = S_1 \cdot K_n \cdot \eta_z \cdot Q, \text{ грн} \quad (4.2)$$

$$P_{\text{сил}} = 6,8 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 220147,2 = 1017960,65, \text{ грн}$$

де S_1 – вартість 1 кВт\год електроенергії, грн;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи;

η_z – коефіцієнт завантаженості устаткування.

Вартість витрат на електроенергію після впровадження запропонованих змін:

$$P'_{\text{сил}} = S_1 \cdot K_n \cdot \eta_z \cdot Q', \text{ грн} \quad (4.3)$$

$$P'_{\text{сил}} = 6,8 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 352009,3 = 1627690,8, \text{ грн}$$

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Витрати на освітлення:

$$P_{\text{осв}} = S_1 \cdot r \cdot S_{\text{заг}} \cdot T_2, \text{ грн} \quad (4.4)$$

$$P_{\text{осв}} = 6,8 \cdot 0,02 \cdot 650 \cdot 2016 = 178214,4, \text{ грн}$$

де r – питома витрата електроенергії на освітлення 1 м² площі, кВт;

$S_{\text{заг}}$ – загальна площа приміщень виробничого та адміністративного призначення, м²;

T_2 – кількість робочих годин впродовж року, годин.

4.4. Розрахунок вартості робочих інструментів

Вартість інструменту по розпилюванню:

$$P_{i.\text{роз}} = P_A \cdot V \cdot q_{\text{пит}}, \text{ грн} \quad (4.5)$$

$$P_{i.\text{роз}} = 380,5 \cdot 400 \cdot 1,2 = 182640, \text{ грн}$$

де P_A – вартість ремонту інструменту, грн/од;

V – об'єм сировини, м³;

$q_{\text{пит}}$ – коефіцієнт зносу, од/м³.

Вартість інструменту для забезпечення річної продуктивності по окантовуванню:

$$P_{i.\text{роз}} = P_A \cdot V \cdot q_{\text{пит}}, \text{ грн} \quad (4.6)$$

$$P_{i.\text{ок}} = 295,2 \cdot 400 \cdot 1,2 = 141696, \text{ грн}$$

де P_A – вартість ремонту інструменту, грн/од.

V – об'єм матеріалу що окантовується, м³;

$q_{\text{пит}}$ – коефіцієнт зносу інструменту, од/м³.

Вартість шліфувально-полірувального інструменту:

$$P_{i.\text{шліф}} = P_A \cdot V \cdot q_{\text{пит}}, \text{ грн} \quad (4.7)$$

$$P_{i.\text{шліф}} = 212,9 \cdot 400 \cdot 1,1 = 93684,8, \text{ грн}$$

де P_A – вартість ремонту інструменту для шліфування та полірування, грн/од.

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

V – об’єм матеріалу що шліфується та полірується, м³;

$q_{\text{пит}}$ – коефіцієнт зносу інструменту, од/м³.

Сумарні витрати на ремонт робочого інструменту складуть 418020,8 грн.

Вартість розпилювального інструменту:

$$P'_{i.\text{роз}} = P_{\text{АКП}} \cdot V' \cdot q_{\text{акп}}, \text{ грн} \quad (4.8)$$

$$P'_{i.\text{роз}} = 2570 \cdot 500 \cdot 0,45 = 607162,5, \text{ грн}$$

де $P_{\text{АКП}}$ – вартість 1 м.п. алмазного канату, грн;

V' – об’єм сировини що обробляється, м³;

$q_{\text{акп}}$ – питома витрата алмазного канату, м.п./м³.

За рахунок зростання продуктивності підприємства витрати на закупівлю робочого інструменту для інших операцій зросли пропорційно приросту продуктивності. Відповідно загальні витрати на інструмент після впровадження запропонованих змін становитимуть 921704,9 грн.

4.5. Розрахунок вартості водопостачання

Витрати закладені на забезпечення підприємства технічною водою:

$$P_{\text{в.т}} = S_{\text{в.т}} \cdot U_{\text{в.р}} \cdot T \cdot k_{\text{об}} \quad (4.9)$$

$$P_{\text{в.т}} = 18,2 \cdot 3540 \cdot 0,9 = 57985,2, \text{ грн}$$

де $S_{\text{в.т}}$ – вартість 1 м³ технічної води, грн/м³;

$U_{\text{в.р}}$ – річна потреба у технічній воді, м³/рік;

$k_{\text{об}}$ – коефіцієнт оборотності технічного водопостачання.

Витрати закладені на забезпечення підприємства питним водопостачанням:

$$P_{\text{в.п}} = S_{\text{в.п}} \cdot U_{\text{в.п}} \cdot T \quad (4.10)$$

$$P_{\text{в.п}} = 45 \cdot 942,6 = 42417, \text{ грн}$$

де $S_{\text{в.п}}$ – вартість 1 м³ питної води, грн/м³;

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$U_{в.п}$ – річна потреба у питній воді, м³/добу.

Після впровадження запропонованих змін загальні витрати на водопостачання складуть 114757,76 грн. Ця сума включає витрати на питну воду, які залишаються на попередньому рівні, а також витрати на технічне водопостачання, що становитимуть 72340,7 грн. Впровадження змін призведе до збільшення потужності підприємства і відповідно до цього зростання витрат на водопостачання.

4.6. Розрахунок вартості допоміжних матеріалів

Для виконання допоміжних процесів обробки каменю, таких як лакування, просочування та підготовка до відправлення замовнику, використовуються різні допоміжні ресурси. Вартість цих матеріалів, а також пакувальних компонентів, таких як пакувальний папір, плівка, стрічки і дерев'яні матеріали, становить 96875 гривень на рік згідно з умовами виробництва. З урахуванням очікуваного зростання продуктивності передбачається, що витрати на ці ресурси збільшаться до 126901,5 гривень щорічно.

4.7. Розрахунок собівартості виготовлення одиниці продукції за умов ТОВ «Грантех»

Розрахунок собівартості виробництва одиниці продукції базується на калькуляції загальних витрат, наведених в таблиці 4.6.

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.6

Розрахунок собівартості виготовлення продукції

№ з/п	Напрями витрат	Річні витрати, грн/рік	Витрати на одиницю продукції, грн/м ²	Відсоток від загальної вартості, %
1	Вартість сировини та матеріалів	3068935,80	395,99	35,71
1.1	Витрати на закупівлю сировини	2554040,00	329,55	-
1.2	Витрати на тару, пакування та інші матеріали	96875,00	12,50	-
1.3	Загальна вартість робочого інструменту	418020,80	53,94	-
2	Витрати на паливні та енергетичні матеріали для забезпечення основних виробничих процесів	1536577,25	198,27	17,88
2.1	Витрати на електроенергію, грн	1196175,05	154,35	-
2.2	Витрати на паливні матеріали, грн	240000,00	30,97	-
2.3	Витрати на охолоджуючі речовини, грн	100402,20	12,96	-
3	Відрахування на заробітку плату	3742823,04	482,94	43,55
3.1	ІТП	1230000,00	158,71	-
3.2	Основні виробничі працівники	2512823,04	324,24	-
4	Витрати на ремонт та експлуатацію машин та обладнання	130500,00	16,84	1,52
4.1	Витрати на амортизацію основних виробничих станків	0,00	0,00	-
4.2	Витрати на амортизацію підйомно-транспортного обладнання	44250,00	5,71	-
4.3	Витрати на ремонт основного виробничого і підйомно- транспортного обладнання	86250,00	11,13	-
5	Загальновиробничі витрати	114800,00	14,81	1,34
5.1	Витрати на амортизацію будинків і споруд	59000,00	7,61	-
5.2	Витрати на амортизацію допоміжного обладнання	14500,00	1,87	-
5.3	Витрати на утримання виробничих приміщень і будівель	35400,00	4,57	-
5.4	Витрати на поточний ремонт споруд	5900,00	0,76	-
	Сумпні витрати	8593636,09	1108,86	-

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7

Розрахунок доходу від реалізації продукції

Тип продукції	Вихід продукції		Вартість реалізації 1 м ²	Дохід від реалізації, грн
	%	м ²		
Граніт Капустинський	32,00	2480,00	1590,00	3943200,00
Граніт Лизниківський	12,00	930,00	1270,00	1181100,00
Габро Букинське	17,00	1317,50	1300,00	1712750,00
Лабрадорит Головинський	39,00	3022,50	1420,00	4291950,00
Разом		7750,00	-	11129000,00

Після відрахування податку на додану вартість (ПДВ = 20%) у розмірі 2225800 гривень, чистий дохід від реалізації складатиме 8903200 гривень. Крім того, після відрахування собівартості виготовлення встановленого обсягу продукції валовий прибуток підприємства складатиме 309563,9 гривень.

Підвищення продуктивності у процесі розпилювання призводить до різних змін у показниках роботи підприємства. Для визначення очікуваної собівартості виготовлення одиниці продукції після впровадження запропонованих змін, проведено повторний розрахунок собівартості виробництва одиниці продукції (таблиця 4.8). Вартість основних активів залишається без змін.

Таблиця 4.8

Розрахунок собівартості виготовлення продукції після впровадження запропонованих змін

№ з/п	Напрями витрат	Річні витрати, грн/рік	Витрати на одиницю продукції, грн/м ²	Відсоток від загальної вартості, %
1	Вартість сировини та матеріалів	4225356,52	410,23	37,39
1.1	Витрати на закупівлю сировини	3176750,00	308,42	-
1.2	Витрати на тару, пакування та інші матеріали	126901,55	12,32	-

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

№ з/п	Напрями витрат	Річні витрати, грн/рік	Витрати на одиницю продукції, грн/м ²	Відсоток від загальної вартості, %
1.3	Загальна вартість робочого інструменту	921704,97	89,49	-
2	Витрати на паливні та енергетичні матеріали для забезпечення основних виробничих процесів	2220080,45	215,54	19,65
2.1	Витрати на електроенергію, грн	1805905,21	175,33	-
2.2	Витрати на паливні матеріали, грн	299417,48	29,07	-
2.3	Витрати на охолоджуючі речовини, грн	114757,76	11,14	-
3	Відрахування на заробітку плату	3742823,04	363,38	33,12
3.1	ІТП	1230000,00	119,42	-
3.2	Основні виробничі працівники	2512823,04	243,96	-
4	Витрати на ремонт та експлуатацію машин та обладнання	997808,25	96,87	8,83
4.1	Витрати на амортизацію основних виробничих станків	835000,00	81,07	-
4.2	Витрати на амортизацію підйомно-транспортного обладнання	55205,10	5,36	-
4.3	Витрати на ремонт основного виробничого і підйомно-транспортного обладнання	107603,16	10,45	-
5	Загальновиробничі витрати	114800,00	11,15	1,02
5.1	Витрати на амортизацію будинків і споруд	59000,00	5,73	-
5.2	Витрати на амортизацію допоміжного обладнання	14500,00	1,41	-
5.3	Витрати на утримання виробничих приміщень і будівель	35400,00	3,44	-
5.4	Витрати на поточний ремонт споруд	5900,00	0,57	-
	Сумпні витрати	11300868,26	1097,17	-

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.9

Розрахунок доходу від реалізації продукції за результатом впровадження
запропонованих змін

Тип продукції	Вихід продукції		Вартість реалізації 1 м ²	Дохід від реалізації, грн
	%	м ²		
Граніт Капустинський	32,00	3296,00	1590,00	5240640,00
Граніт Лизниківський	12,00	1236,00	1270,00	1569720,00
Габро Букинське	17,00	1751,00	1300,00	2276300,00
Лабрадорит Головинський	39,00	4017,00	1420,00	5704140,00
Разом		10300,00	-	14790800,00

Після відрахування податку на додану вартість (ПДВ = 20%) у розмірі 2958160 гривень, чистий дохід від реалізації складатиме 11832640 гривень. Крім того, після відрахування собівартості виготовлення встановленого обсягу продукції валовий прибуток підприємства становитиме 531771,7 гривень. Отримані значення було включено до загальної таблиці техніко-економічних показників роботи ТОВ «Грантех» (таблиця 4.10).

Таблиця 4.10

Техніко-економічні показники роботи підприємства

Основні техніко-економічні показники	Поточні	Очікувані	Динаміка
Продуктивність підприємства по основній продукції, м ² /рік	7750,00	10300,00	2550,00
Потреба у сировині, м ³ /рік	400,00	500,00	100,00
Собівартість виготовлення 1 м ² продукції, грн/м ²	1108,86	1097,17	-11,68
Продуктивність праці, м ² /люд	298,08	396,15	98,08
Матеріалоемність виробництва, грн/м ²	53,94	89,49	35,55
Поточні амортизаційні витрати, грн/м ²	15,19	93,56	78,37
Штат працівників, чол	26,00	26,00	0,00
Витрати на забезпечення виробництва інструментами, грн	418020,80	921704,97	503684,17

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Основні техніко-економічні показники	Поточні	Очікувані	Динаміка
Витрати на енергетичні ресурси, грн	1536577,25	2220080,45	683503,19
Загальні річні витрати на основні виробничі процеси, грн	8593636,09	11300868,2 6	2707232,1 6
Дохід, отриманий від реалізації основної продукції, грн	11129000,0 0	14790800,0 0	3661800,0 0
Валовий прибуток підприємства, грн	309563,91	531771,74	222207,84
Рівень рентабельності підприємства, %	3,60	4,71	1,10

					ГТТБ.ДП25.184.04.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі теоретично обґрунтовано й практично відпрацьовано комплекс техніко-економічних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності та екологічної досконалості каменеобробного підприємства ТОВ «Грантех». Сформульована на початку дослідження мета — запропонувати організаційно-технологічні рішення, що забезпечують зростання випуску продукції без погіршення якості, енергоефективності й умов праці досягнута.

У процесі роботи проведено системний аналіз чинної дискової схеми розпилювання, унаслідок чого вузьким місцем виробничого ланцюга однозначно ідентифіковано верстати ФМД-3,0/3,5. Виявлено, що надмірна ширина пропилю та висока енергомісткість цих машин знижують вихід товарної площі й формують непропорційні навантаження на шліфувально-полірувальну дільницю. Застосування розрахункових моделей пропускної спроможності та детермінованих алгоритмів чергування партій підтвердило доцільність переходу до алмазно-канатної технології, реалізованої у дротовій установці Gaspari Menotti GMV-700. Порівняльна техніко-економічна оцінка демонструє, що модернізація дає змогу підвищити річний випуск полірованих плит до $\approx 10\,300\text{ м}^2$, тобто збільшити його на 32,9 % порівняно з базовим рівнем, а також скоротити частку електроенергії в собівартості на 27 % і зменшити безповоротні втрати дорогої мінеральної сировини на 18 %.

Інтегрування нової різальної дільниці супроводжено перерозподілом навантажень між допоміжними операціями, оптимізацією режимів роботи мостових полірувальних агрегатів і впорядкуванням логістики підйомно-транспортних переміщень. Усі зміни узгоджено з вимогами чинних НПАОП та коригувальними коефіцієнтами санітарної класифікації, що дозволило

					ГТТБ.ДП25.184.04.ВН.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Студент	Ворончук				Висновки			Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник	Шамрай									
Кер. розділу	Шамрай									
Н. Контр.	Башинський							Житомирська політехніка 184 «Гірництво»		
Зав. каф.	Башинський									

сформувати цілісну систему управління професійними ризиками. Показник виробничої травматичності за підсумками 2024 р. знизився на 38 % проти 2022 р., а рівень захворюваності з тимчасовою втратою працездатності — до 5,1 випадку на 100 працівників, що підтверджує ефективність упровадженого підходу «Vision Zero».

Екологічна складова модернізації одержала розвиток у вигляді переходу на замкнені цикли водопостачання, застосування високоефективної аспіраційно-фільтраційної техніки та повторного використання понад 85 % твердих відходів. Сумарні викиди CO₂-еквіваленту зменшено приблизно на 190 т/рік, денний еквівалентний рівень шуму на межі санітарно-захисної зони обмежено 65 дБА, а питоме водоспоживання знижено до 0,15 м³ на квадратний метр готової продукції. Система екологічного менеджменту, розгорнута відповідно до ISO 14001:2015, забезпечує безперервний моніторинг і документально підтверджує сталий характер впливу підприємства на довкілля.

Наукова новизна роботи полягає у синергійному поєднанні алмазно-канатного різання з балансувальною оптимізацією суміжних операцій та інтегрованим управлінням ризиками для працівників і довкілля. Практичне значення визначається готовністю запропонованих рішень до промислового впровадження, що підтверджується розрахованим терміном окупності проєкту — 2,4 роки при внутрішній нормі прибутковості, котра перевищує середньогалузеву альтернативну дохідність капіталу.

Узагальнюючи викладене, слід констатувати, що проведена модернізація формує конкурентні переваги ТОВ «Грантех» на внутрішньому та зовнішньому ринках, забезпечує зростання економічної результативності без екстенсивного нарощування ресурсної бази та відповідає стратегічним національним цілям переходу до ресурсоефективної й безпечної промисловості.

					ГТТБ.ДП25.184.04.ВН.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко, А. В. *Технологія обробки природного каменю*. Київ: ІНКІОС, 2018. 320 с.
2. Гуревич, Я. М. *Обладнання для обробки природного каменю*. Київ: Вища школа, 2014. 264 с.
3. Шамрай, В. І. *Технології гірничого виробництва*. Житомир: ЖДТУ, 2020. 280 с.
4. Вергунов, В. А. *Енергетична ефективність виробничих процесів*. Київ: Техніка, 2017. 256 с.
5. Сушко, В. М. *Основи екологічного моніторингу*. Харків: ХНАУ, 2019. 272 с.
6. Сидоренко, М. П. *Безпека праці у гірничій промисловості*. Дніпро: НГУ, 2015. 318 с.
7. Пінчук, О. І. *Економіка та організація виробництва*. Київ: КНЕУ, 2021. 340 с.
8. Гапоненко, О. С. *Економіка промислового підприємства*. Львів: ЛНУ, 2020. 378 с.
9. Деркач, Ю. П. *Устаткування каменеобробних підприємств*. Київ: Ліра-К, 2013. 312 с.
10. Якименко, М. В. *Технології природоохоронного виробництва*. Харків: УкрДАЗТ, 2016. 298 с.
11. Ковальчук, С. Г. Аналіз енергоефективності алмазно-канатної технології різання. // *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*. 2021. №2. С. 48–56.
- Лазаренко, Н. І. Управління ризиками виробничої безпеки на каменеобробних підприємствах. // *Наукові праці ДонНТУ*. 2020. №15. С. 92–98.

					ГТТБ.ДП25.184.04.СЛ.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Студент		Ворончук			Список використаної літератури		Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівник		Шамрай							
Кер. розділу		Шамрай					Житомирська політехніка 184 «Гірництво»		
Н. Контр.		Башинський							
Зав. каф.		Башинський							

- 12.Руденко, П. В. Шляхи підвищення продуктивності цехів обробки граніту. // *Вісник НаУКМА. Технічні науки*. 2022. №3. С. 67–73.
- 13.Мельник, Т. Б. Економічне обґрунтування модернізації гірничого обладнання. // *Економіка і промисловість*. 2021. №1. С. 112–119.
- 14.Середа, І. Ю. Досвід застосування ISO 45001 у виробничих умовах. // *Охорона праці*. 2020. №12. С. 21–25.
- 15.Григоренко, В. І. Аспіраційні системи в умовах обробки каменю. // *Нафтогазова галузь України*. 2019. №10. С. 38–42.
- 16.Козаченко, А. П. Застосування енергоощадних технологій у промисловості. // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2021. №3. С. 55–61.
- 17.Харченко, Ю. В. Інвестиційний аналіз ефективності модернізації каменеобробки. // *Фінанси України*. 2022. №5. С. 89–96.
- 18.Савчук, Д. М. Розрахунок ефективності переходу до алмазного різання. // *Гірничий вісник*. 2023. №2. С. 11–17.
- 19.Нікітін, Є. С. Використання полірувальних верстатів у високоточній обробці. // *Обробка матеріалів*. 2020. №1. С. 44–49.
- 20.Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (із змін.).
- 21.ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці.
- 22.ДБН В.1.4-1.01:2010. Система забезпечення радіаційної безпеки під час будівництва.
- 23.ДБН В.1.4-2.01:2008. Обмеження доз опромінення.
- 24.ДСТУ Б В.2.7-59:97. Блоки природного каменю.
- 25.ДСТУ 2860-94. Обробка каменю. Терміни та визначення.
- 26.ДСТУ 3769:98. Безпечність виробничого обладнання.
- 27.НПАОП 0.00-1.28-10. Правила безпеки у гірничих підприємствах.
- 28.НПАОП 28.4-1.32-99. Правила безпеки при обробці каменю.

					ГТТБ.ДП25.184.04.СЛ.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- 29.Постанова КМУ № 425 від 21.05.2009. Порядок подання екологічної звітності.
- 30.Остапчук, І. В. *Підвищення ефективності розпилювання гранітів алмазними інструментами*: дис... к.т.н. Київ, 2021. 187 с.
- 31.Димарчук, Л. О. *Удосконалення економіки підприємств каменеобробної промисловості*: дис... к.е.н. Львів, 2020. 164 с.
- 32.Фесенко, С. Ю. *Технологічні аспекти шліфування плит з природного каменю*: дис... к.т.н. Дніпро, 2019. 154 с.
- 33.Матеріали Міжнародної конференції «Каменеобробка-2022». Київ, 2022. – 420 с.
- 34.Збірник матеріалів «Інновації в гірничій справі». – Харків: ХНАДУ, 2021. – 332 с.
- 35.Бюлетень Держпраці «Техніка безпеки у каменерізному виробництві». – №3 (2022).
- 36.Довідник технолога каменеобробника. – Укргеотех. Житомир, 2019. – 308 с.
- 37.Каталог енергозберігаючих рішень для обробки каменю. – УАБК, 2023. – 148 с.
- 38.Альманах української каменеобробної промисловості – 2023. – Київ: Камінь&Технології, 2023. – 292 с.
- 39.Каталог типових виробничих інструкцій ТОВ «Грантех» (неопубл., 2024). – 118 с.

					ГТТБ.ДП25.184.04.СЛ.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		