

Н.П. Кириленко, пров. спец., досл.

В.І. Шамрай, к.т.н., доц.

Л.А. Ковалевич, ст. вик.

М.В. Лебля, асп.

А.М. Махно, дослідник

Державний університет «Житомирська політехніка»

ОБҐРУНТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ РОБІТ В УМОВАХ БЛОЧНОГО КАР'ЄРУ

N. Kyrylenko, leading Expert, Researcher,

V. Shamrai, PhD, Assoc. Prof.

L. Kovalevych, senior Lect.

M. Leblya, PhD stud.

A. Makhno, researcher

Zhytomyr Polytechnic State University

JUSTIFICATION OF TRANSPORT WORKS IN THE CONDITIONS OF A BLOCK QUARRY

Підвищення цін на нафтопродукти, витратні матеріали та інструмент обумовлюють необхідність у переоснащенні гірничодобувних підприємств України. Частка автомобільного транспорту в собівартості (С/В) видобування товарних блоків сягає 35–50 %.

Метою роботи є визначення С/В транспортування 1 м³ блоків в залежності від об'єму та відстані транспортування в межах кар'єру; удосконалення плану перевезень шляхом розв'язання транспортних задач лінійного програмування.

На основі комплексного дослідження вперше розраховано витрати палива та С/В транспортування блоків облицювального каменю для трьох моделей колісних фронтальних навантажувачів (КФН). Проведено порівняння економічної доцільності застосування КФН та автосамоскида (АС) для певних гірничотехнічних умов. Вперше запропоновано план раціоналізації (ПР) транспортування товарних блоків в межах блочного кар'єру.

Дослідження виконувались на кар'єрі блочного габро, транспортування блоків на якому виконується КФН САТ 988F (1) та АС КраЗ–256Б. Для співставлення були прийняті КФН САТ 988Н (2) та САТ 986Н (3).

Визначено середньорічні витрати палива: серед КФН, що розглядаються в роботі, найменше споживає (3), а (1), що застосовується підприємством, споживає на 22,7 % та 9,7 % більше палива в порівнянні з (3) та (2) відповідно в аналогічних умовах. Транспортування товарних блоків КФН є економічно доцільнішим в порівнянні з АС при відстані транспортування до 300–400 м.

Визначено, що С/В транспортування товарних блоків (2) та (3) відповідно на 5,3 % та 12,6 % нижча в порівнянні з (1).

Також в даній роботі розглядається транспортна задача для КФН, у якій блоки з декількох уступів потрібно розподілити між декількома майданчиками складування за умови мінімізації витрат на транспортування. Згідно запропонованого ПР вантажоперевезень, економія коштів складатиме до 13 % в порівнянні з початковими умовами, що в грошовому вираженні становить 41538–

48639 грн/рік в залежності від моделі КФН. Заміна (1) на (3) дозволить знизити С/В транспортування блоків на 12,6 % (47000 грн/рік) в поточних умовах. Вартість транспортування КФН (3) згідно запропонованого ПР становитиме 285303,5 грн, що на 23,7 % (88476 грн/рік) менше, ніж при застосуванні (1) до раціоналізації.

Ключові слова: блочний облицювальний камінь; колісний фронтальний навантажувач; собівартість транспортування товарних блоків; транспортна задача; раціоналізація вантажоперевезень; витрати палива; ухил кар'єрних доріг.

ВСТУП

Зростання цін на нафтопродукти, витратні матеріали та інструмент, підвищення вимог до стандартів продукції з каменю обумовлюють необхідність у переоснащенні гірничодобувних підприємств України та перехід на більш сучасні, щадні та економічно вигідні технології видобування блоків природного каменю.

На сучасних блочних кар'єрах в умовах Українського кристалічного щита для транспортування блоків та відходів виробництва застосовується автомобільний транспорт, а саме колісні фронтальні навантажувачі (КФН) та автосамоскиди (АС). Кар'єрний транспорт по трудомісткості та витратам відноситься до одного з основних технологічних процесів гірничого виробництва. Частка автомобільного транспорту в собівартості (С/В) видобування товарних блоків сягає 35–50 %, а в трудомісткості – 40–60 % всіх трудових витрат на кар'єрі [1]. Тому обсяги витрат на транспортування товарних блоків значно впливають на С/В товарної продукції підприємств.

Аналіз останніх публікацій. В дослідженнях останніх років розглядалися питання зміни витрат палива автомобільним транспортом в залежності від якості дорожнього покриття [2], питомих витрат енергії великовантажних автосамоскидів від ухилу траси [3]. В роботі [4] найбільш детально описано методику розрахунку витрат палива автомобільного транспорту з врахуванням характеристик автомобіля, швидкості руху та дорожніх умов. Проте, в даних роботах здебільшого описані дослідження, проведені не в умовах гірничих підприємств, або для автомобільного транспорту, який не використовується на кар'єрах блочного облицювального каменю.

Питання доцільності застосування КФН та АС на кар'єрах блочного каменю, нормування витрат палива на кар'єрному транспорті розглядалися в більш ранніх дослідженнях.

Питання організації та планування гірничих робіт, в тому числі і опис вирішення транспортних задач на рудних підприємствах розглядалися вченими Житомирського державного технологічного університету [5]. Проте, в роботі не розглядалось питання застосування запропонованих методів раціоналізації транспортних робіт на блочних кар'єрах. Крім того, в дослідженнях останніх років недостатньо детально обґрунтовано економічну доцільність застосування КФН в умовах невеликих родовищ блочного облицювального каменю.

В зв'язку з цим раціоналізація витрат на доставку блоків каменю з вибою на майданчик складування є **актуальною** науковою задачею, а її вирішення дозволяє обрати найбільш прийнятний технологічний комплекс для транспортування товарних блоків у визначених гірничотехнічних умовах.

Постановка проблеми. Для навантаження та транспортування блоків на родовищах високоміцного блочного облицювального каменю найчастіше застосовуються КФН. Сучасний кар'єр важко собі уявити без навантажувача, що підтверджує досвід останніх років роботи кар'єрів Європи, Канади, США [6]. Хоча вартість КФН в кілька разів вище вартості дерик–крана, питома маса їх використання набагато перевищує використання

дерик–кранів. В Апуанських Альпах співвідношення КФН до дерик–кранів складає 10:1, причому це співвідношення постійно змінюється на користь навантажувачів. На фінських гранітних кар'єрах на один КФН припадає 10–15 тис. м³ гірської маси, що видобувається, в Італії на мармурових кар'єрах – 5–10 тис. м³ [7]. Здатність здійснювати навантажування навіть за умови обмеженого простору робить їх придатними і для виконання багатьох інших операцій.

Транспортування околу та некондиційних блоків найчастіше виконується АС з попереднім навантаженням КФН або екскаватором та подальшим розвантаженням краном [8]. Якщо відстань транспортування блоків невелика, зникає необхідність у використанні АС, адже економічно вигідніше переміщувати блоки навантажувачем. Якщо відстань транспортування перевищує 300–400 м (залежно від технічних характеристик навантажувача), з точки зору С/В транспортування блоків необхідно розглядати доцільність застосування АС в конкретних гірничо–технічних умовах [9].

В рамках даного дослідження вирішено дослідити С/В транспортування блоків облицювального каменю в межах конкретного підприємства, порівняти грошові витрати при використанні кількох моделей КФН та автосамоскида, обрати найбільш раціональний спосіб транспортування блоків до майданчику складування та визначити економічний ефект від запропонованих змін.

Метою роботи є визначення С/В транспортування 1 м³ блоків в залежності від об'єму та відстані транспортування в межах діючого підприємства; раціоналізація плану перевезень (мінімізація витрат на транспортування товарних блоків) шляхом розв'язання транспортних задач лінійного програмування за допомогою табличного процесора Microsoft Office Excel.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Методологія. Дослідження виконувались на кар'єрі блочного габро (ТОВ «Гарніт–інвест», Кам'янобрідське Північне родовище габро, Житомирська обл.), транспортування блоків на якому виконується КФН САТ 988F (1) та АС КраЗ–256Б. Для співставлення були прийняті близькі за технічними характеристиками КФН – САТ 988Н (2) та САТ 986Н (3) (з дещо більшою та меншою потужністю двигуна відповідно), що розглядаються підприємством як альтернатива для (1) в зв'язку з закінченням строку його корисної експлуатації. Блоки на даному кар'єрі видобуваються за двостадійною схемою, монолітами об'ємом 150–200 м³. Висота монолітів зазвичай відповідає відстані між природними тріщинами в масиві гірських порід (3 м).

При визначенні витрат палива враховувались: швидкість руху, складові сил опору руху та витрати потужності на рух за методикою, яка описана в роботі [10]. В основі розрахунку витрат палива лежить математична модель, побудована на синтезі рівнянь руху автомобіля та різних характеристик режимів роботи двигунів. Згідно даної моделі загальне рівняння витрат палива представлено у вигляді (1):

$$G_s = \frac{1}{\eta_i} (A i_k + B i_k v + C (G_a \psi + 0,077 k F v_a^2)), \quad (1)$$

де i_k – передаточне число передачі, що використовується;

A, B, C – коефіцієнти, що залежать від конструкції автомобіля і враховують об'єм двигуна, передаточне число головної передачі, радіус кочення колеса, ширину профілю шини, коефіцієнт радіальної деформації, діаметр обода шини тощо;

v – швидкість руху автомобіля по досліджуваній ділянці, м/с;

G_a – маса автомобіля з вантажем, Н;

ψ – дорожній опір;

kF – фактор обтічності, Нс²м⁻²;

Гірнична справа

V_a – швидкість руху автомобіля по ділянці з врахуванням передаточного числа передачі, на якій рухається автомобіль, км/год; становить 10 км/год в межах ТОВ «Граніт-інвест».

На кар'єрі в середньому за 1 тиждень видобувається (відокремлюється, пасерується та транспортується на склад готової продукції/відвал) 160 м³ гірської маси. Фактичний вихід товарних блоків підприємства становить в середньому 20 % (82 м³/міс). Об'єм товарних блоків коливається в межах 0,15–2,25 м³ і в середньому становить 0,8 м³.

При розрахунку річних витрат палива для транспортування товарних блоків та відходів виробництва враховуються виробничі показники підприємства, зазначені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні виробничі показники ТОВ «Граніт-інвест»

Характеристика	Показник
Розмір моноліту (в середньому), м ³	160
Тривалість видобування, розбирання та транспортування одного моноліту, днів	6–7
Розмір товарних блоків, в середньому, м ³	0,8
Річний обсяг виробництва товарних блоків, шт	1225
Річний об'єм видобування, м ³ :	7500
– товарних блоків	980
– некондиційних блоків та відходів виробництва	6520
Об'єм транспортування за один рейс, м ³ :	
– КФН (товарні блоки)	0,8
– автосамоскидом (некондиційних блоків та відходів виробництва)	5,6

Середньорічні витрати палива на транспортування (за умови, що товарні блоки транспортуватимуться виключно КФН, решта гірничої маси – АС) розраховуються за формулою (2):

$$V_{\text{пал}}^{\text{річ}} = V_{\text{пал}}^1 \cdot n_{\text{рейс}} \quad (2)$$

де $n_{\text{рейс}}$ – загальна кількість рейсів, виконаних одиницею техніки за рік:

$$n_{\text{рейс}} = V_{\text{г.м.}}^{\text{річ}} / V_{\text{г.м.}}^{\text{рейс}} \quad (3)$$

де $V_{\text{г.м.}}^{\text{річ}}$ – річний об'єм товарних блоків/відходів, що підлягає транспортуванню, м³;

$V_{\text{г.м.}}^{\text{рейс}}$ – об'єм товарних блоків/відходів, що транспортується одиницею техніки за 1 рейс.

С/В перевезення 1 м³ товарних блоків визначається за формулою (4):

$$S_T = \frac{A \cdot C_T e}{Q_6} \quad (4)$$

де A – загальна кількість автомобілів, од;

C – С/В утримання автомобіля в експлуатації, грн/год (5):

$$C = C_{\text{пал}} + E_B + A + \sum Z_{\text{п}} \quad (5)$$

$C_{\text{пал}}$ – вартість палива, витраченого за рейс, грн;

E_B – поточні експлуатаційні витрати (мастильні матеріали, запчастини, поточний ремонт та обслуговування), приймаються із розрахунку 5 % від вартості витраченого палива, грн;

$Z_{\text{п}}$ – заробітна плата водіїв автомобільної техніки, стропувальників, задіяних на операціях навантаження, транспортування та розвантаження заданого об'єму блоків, грн/год;

A – амортизаційні нарахування, грн/год;

T_e – період експлуатації одиниці автомобільного транспорту для транспортування заданого обсягу вантажу, год;

Q_6 – об'єм перевезених блоків, м³.

Попередній стандарт України ДСТУ Б В.2.7–59–97 «Блоки із природного каменю для виробництва облицювальних виробів. Загальні технічні умови» передбачає поділ блоків за об'ємом на шість груп (м³): I – >5; II – 3,5–5; III – 2,0–3,5; IV – 1,0–2,0; V – 0,7–1,0; VI – 0,01–0,7. На ТОВ «Граніт–інвест» видобуваються здебільшого блоки IV групи (близько 43 %). Для прикладу в табл. 2 наведено обсяги видобутку товарних блоків протягом 1 місяця.

Таблиця 2 – Середньомісячні обсяги видобутку товарних блоків в межах ТОВ "Граніт–інвест"

Гор.	Сер. відстань транспортування, м	Середньомісячний обсяг видобутку блоків								Всього	
		III 2,0–3,5		IV 1,0–2,0		V 0,7–1,0		VI 0,01–0,7			
		м ³	шт	м ³	шт	м ³	шт	м ³	шт	м ³	шт
+183	225	0	0	5,9	6	3,2	5	3,9	10	13	21
+177	250	0	0	10,2	9	5,5	8	6,9	18	22,6	35
+171	275	4,5	2	19	16	10,2	14	12,8	31	46,5	63
Сер. розмір блоків, м ³		2,25		1,32		0,81		0,46			
Разом		4,5	2	35,1	31	18,9	27	23,6	59	82,1	119
		5,5 %		42,8 %		23 %		28,7 %			

У практиці проектування і наукового дослідження відкритих гірничих робіт частіше за інші використовується метод лінійного програмування для вирішення транспортних і розподільних задач – таких, наприклад, як вибір раціонального порядку розробки групи покладів, вибір місця розташування збагачувальної фабрики або відвала для групи кар'єрів, встановлення раціонального розподілу видобутих корисних копалин декількох кар'єрів між декількома фабриками тощо.

Для розв'язання транспортної задачі потрібно:

1. Скласти невироджений опорний план.
2. Знайти потенціали постачальників і споживачів, що відповідають знайденому опорному плану.
3. Перевірити опорний план на оптимальність:
 - 3.1. Якщо план оптимальний, то розв'язок задачі знайдено.
 - 3.2. Якщо план неоптимальний, то він потребує поліпшення.
4. Поліпшити існуючий неоптимальний опорний план (далі – перехід до пункту 2) [5].

В даній роботі розглядається транспортна задача, у якій ресурси з декількох пунктів постачання (уступів) потрібно розподілити між декількома пунктами споживання (майданчиками складування в межах одного кар'єру) за умови мінімізації витрат на транспортування вантажу. Методика розрахунку описана в [5]. В табличному процесорі Microsoft Excel спочатку заносяться початкові дані (номер уступу, відстань транспортування, сумарні об'єми та С/В транспортування 1 м³ середньостатистичних товарних блоків по категоріям) (Рисунок 4, «Початкові дані»); визначається загальна сума витрат і дана клітинка обирається як цільова; вводяться обмеження, параметри пошуку рішення та виконується вирішення лінійної задачі симплекс-методом. В результаті в діапазоні заданих клітинок вказуються об'єми перевезень, що відповідають раціональному плану перевезень, при якому досягається мінімальна С/В перевезення блоків. Раціоналізація плану вантажоперевезень в межах підприємства виконувалась для КФН (1), (2) та (3) з метою визначення найбільш економічно вигідного із запропонованих варіантів.

Гірничча справа

Викладення основного матеріалу. На рис. 1 показано залежність витрат палива від ухилу кар'єрних доріг при транспортуванні блоків природного каменю в умовах ТОВ «Граніт-інвест». Було також розраховано витрати палива вищезазначених одиниць техніки при рухові по окремих ділянках капітальної траншеї. В табл. 3 дано розрахункові показники витрат палива кожною з одиниць техніки в одному напрямку з нижньої точки капітальної траншеї на денну поверхню.

Таблиця 3 – Розрахункові витрати палива при рухові по окремих ділянках капітальної траншеї ТОВ «Граніт-інвест» (в одному напрямку, в середньому)

Транспорт	Ділянка капітальної траншеї	Довжина ділянки, м	Ухили ділянок та їх довжина, м	Витрати палива, л
КрАЗ-256Б	Сумарно для всієї довжини капітальної траншеї (+197,1/+171,0)	214	0,05 – 24;	0,288
САТ 988Н			0,10 – 39;	0,877
САТ 988F			0,06 – 38;	0,971
САТ 986Н			0,10 – 55; 0,10 – 58	0,75

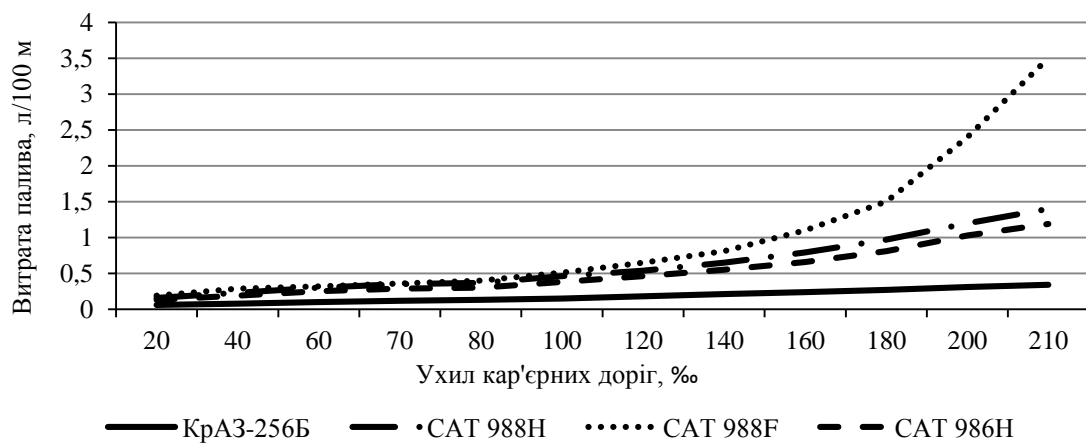


Рисунок 1 – Залежність витрат палива від ухилу кар'єрних доріг при транспортуванні блоків каменю в умовах ТОВ «Граніт-інвест»

Середньорічні витрати палива на транспортування наведені на рис. 2. Розрахунки показують, що серед КФН, що розглядаються в роботі, найменші витрати палива забезпечує КФН (3), а (1), що застосовується підприємством, споживає на 22,7 % та 9,7 % більше палива в порівнянні з (3) та (2) відповідно в аналогічних умовах.

Транспорт	Витрати палива, л	
	блоки	відходи
КрАЗ-256Б		671,04
САТ 988Н	2687,1	
САТ 988F	2975,1	
САТ 986Н	2298	
разом для транспортування повного обсягу сировини підприємства		
КрАЗ-256Б+САТ 988Н	3358,2	
КрАЗ-256Б+САТ 988F	3646,2	
КрАЗ-256Б+САТ 986Н	2969,04	

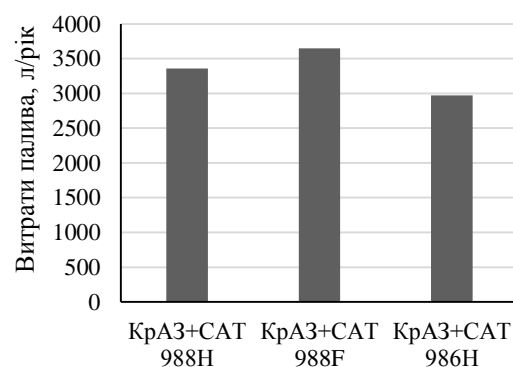


Рисунок 2 – Середньорічні витрати палива на транспортування продуктів виробництва з нижньої точки капітальної траншеї на денну поверхню

На рис. 4 показано результат розв'язку транспортної задачі для досліджуваного КФН САТ 988F (1) для місячного об'єму видобутих блоків в умовах ТОВ «Граніт-інвест». План раціоналізації (ПР) наведено в табличному процесорі, клітинка R19C8 є цільовою. Аналогічним методом було вирішено транспортну задачу для КФН (2) та (3).

Якщо на певному уступі видобуваються блоки тих категорій, для яких в результаті вирішення транспортної задачі в табличному процесорі виводиться «нуль» (рис. 4), це означає, що транспортування окремого блоку даної категорії КФН не є раціональним. Згідно запропонованого ПР вантажоперевезень, економія коштів складатиме 12,7–13 % в порівнянні з вихідними умовами (рис. 5), що в грошовому вираженні становить 41538–48639 грн/рік залежно від моделі КФН. Різниця між вартістю транспортування блоків КФН (1) у вихідних умовах та КФН (3) після раціоналізації вантажоперевезень становить 23,7 %, що в грошовому вираженні становить 88476 грн/рік.

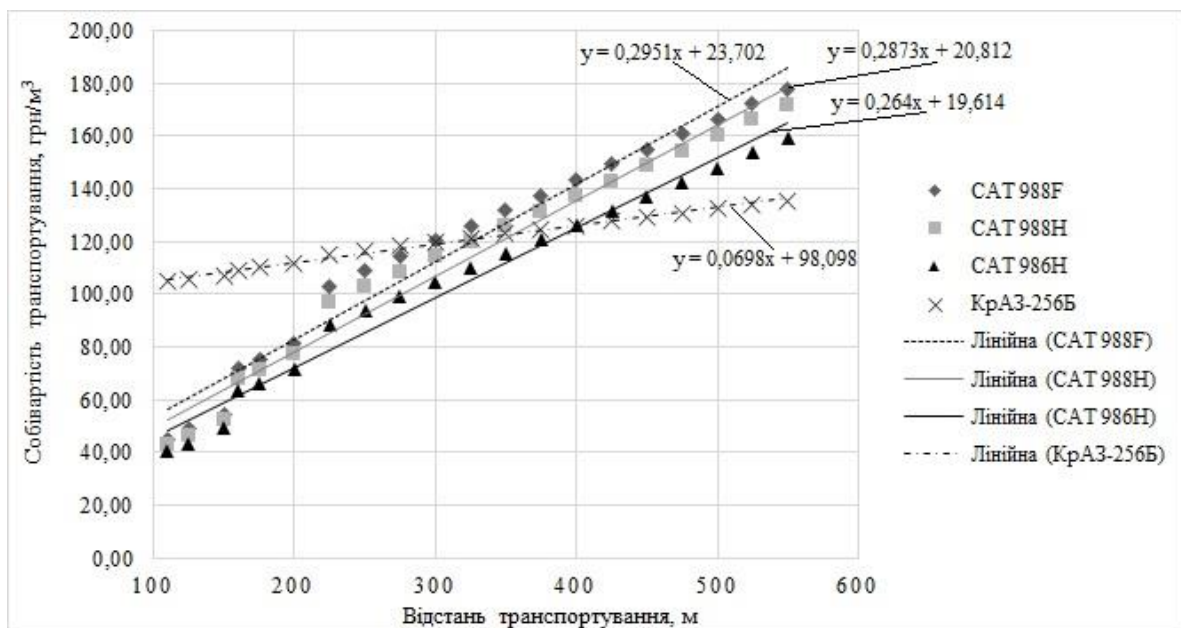


Рисунок 3 – Залежність собівартості транспортування 1 м³ товарних блоків від відстані до майданчику складування боків

Гірничча справа

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Початкові дані (CAT 988F)							
2				III – 2,0–3,5	IV – 1,0–2,0	V – 0,7–1,0	VI – 0,01–0,7	Разом
3			м3	4,5	35,1	18,9	23,6	82,1
4	Уступи	Відстань						
5	1 (+183)	150	13	0	34,73	49,61	84,89	
6	2 (+177)	200	22,6	25,31	51,77	73,96	126,56	
7	3 (+171)	275	46,5	35,68	72,97	104,25	178,38	
8	Разом		82,1					
9	Собівартість транспорт., грн/м3							
10								
11	Вартість вантажоперевезень, грн (CAT 988F)							
12	Майданчик для блоків категорії:							
13				III – 2,0–3,5	IV – 1,0–2,0	V – 0,7–1,0	VI – 0,01–0,7	Разом
14			м3	4,5	35,1	18,9	23,6	
15	Уступи	Відстань						
16	1 (+183)	150	13	0	0	0	1103,57	1103,57
17	2 (+177)	200	22,6	0	0	887,52	1341,536	2229,056
18	3 (+171)	275	46,5	160,56	2561,247	719,325	0	3441,132
19	Разом		82,1	160,56	2561,247	1606,845	2445,106	6773,758
20								
21								
22	Об'єми вантажоперевезень, м3 (CAT 988F)							
23	Майданчик для блоків категорії:							
24				III – 2,0–3,5	IV – 1,0–2,0	V – 0,7–1,0	VI – 0,01–0,7	Разом
25			м3	4,5	35,1	18,9	23,6	
26	Уступи	Відстань						
27	1 (+183)	150	13	0	0	0	13	13
28	2 (+177)	200	22,6	0	0	12	10,6	22,6
29	3 (+171)	275	46,5	4,5	35,1	6,9	0	46,5
30	Разом		82,1	4,5	35,1	18,9	23,6	82,1
31								

Рисунок 4 – Результат розв'язку транспортної задачі для навантажувача CAT 988F

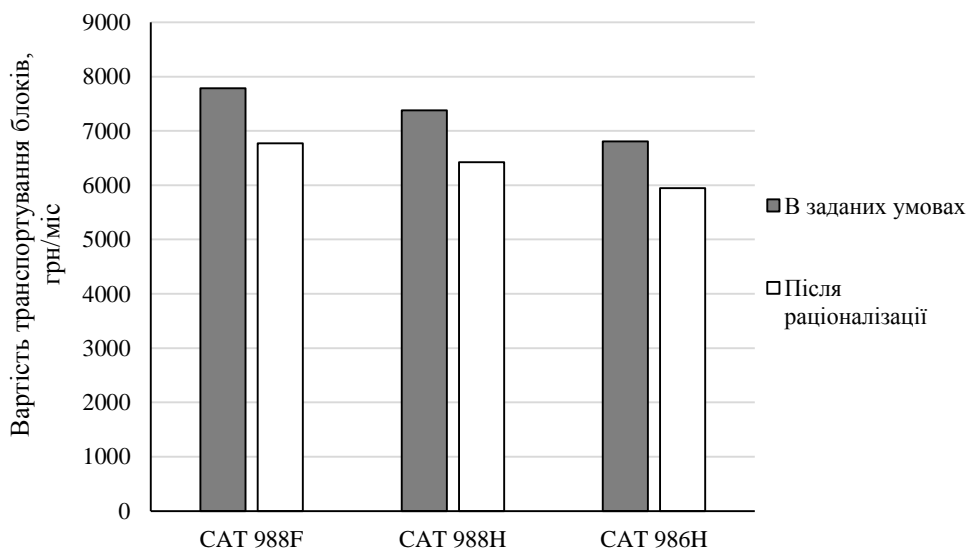


Рисунок 5 – Порівняння вартості транспортування блоків різними моделями навантажувачів

Висновки та перспективи подальших досліджень. В даній роботі виконано порівняння ефективності застосування КФН CAT988F (1), CAT 988H (2) та CAT 986H (3) для транспортування товарних блоків облицювального каменю в межах Кам'янобрідського Північного родовища габро (ТОВ «Граніт-інвест»). Визначено залежність витрат палива КФН та АС від ухилу кар'єрних доріг при транспортуванні товарних блоків в умовах ТОВ «Граніт-інвест». Визначено залежність С/В транспортування 1 м³ товарних блоків від відстані до майданчику складування.

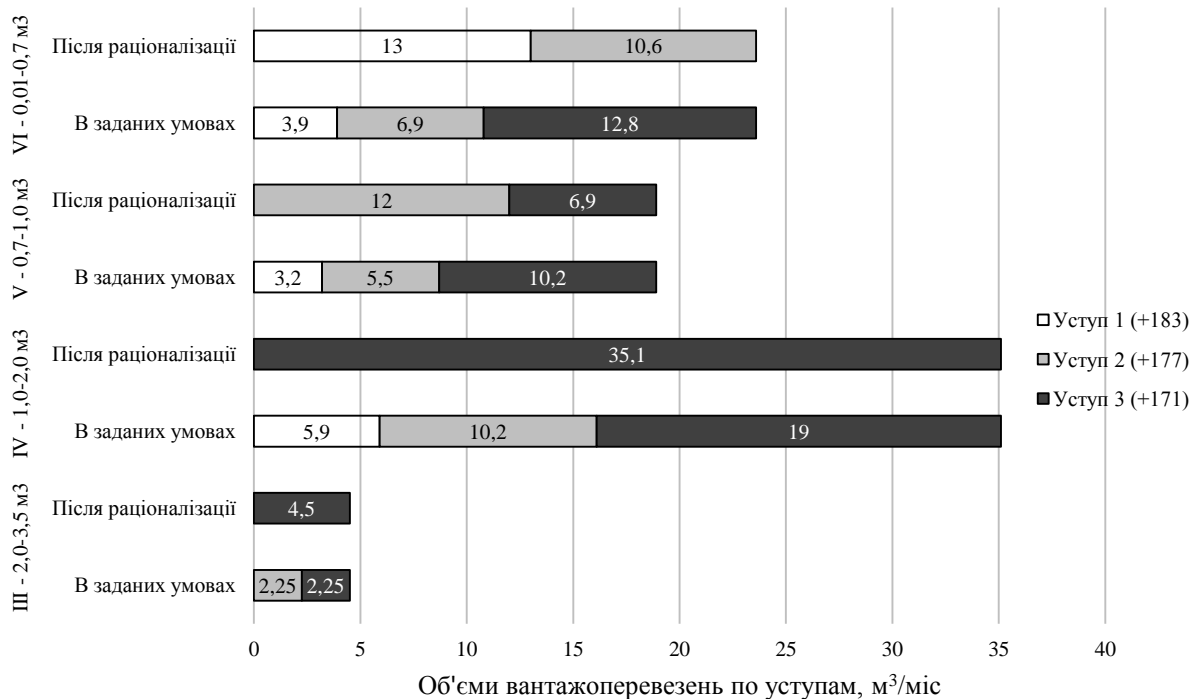


Рисунок 6 – Удосконалений (раціональний) план транспортування товарних блоків в межах ТОВ "Граніт-інвест"

Запропоновано ПР вантажоперевезень в межах підприємства шляхом вирішення транспортних задач з метою скорочення витрат на транспортування блочної продукції підприємства. На рис. 6 зображено ПР транспортування товарних блоків з вибоєм на майданчик складування із розрахунку на 1 місяць, згідно якого пропонується наступне:

- блоки III та IV категорії видобувати на 3 уступі;
- блоки IV категорії: 63,5 % видобувати на 2 уступі, 36,5 % – на 3 уступі;
- блоки VI категорії: 55 % видобувати на 1 уступі, 45 % – на 2 уступі.

Згідно такого плану видобутку план вантажоперевезень буде найбільш раціональним і дозволить підприємству скоротити витрати на транспортування блоків КФН до 13 %.

В результаті проведення розрахунків визначено, що С/В транспортування товарних блоків КФН (2) та (3) відповідно на 5,3 % та 12,6 % нижча в порівнянні з (1). Заміна (1) на (3) дозволить знизити С/В транспортування блочної продукції підприємства на 12,6 % та дозволить заощадити на паливі близько 47000 грн/рік в поточних умовах. Вартість транспортування КФН (3) згідно запропонованого ПР становитиме 285303,5 грн, що на 23,7 % або на 88476 грн/рік менше, ніж при застосуванні КФН (1) до раціоналізації.

Проведені розрахунки показують, що транспортування блоків АС КраЗ–256Б за умови навантаження на нього декількох блоків однієї категорії (напр., VI кат. з 3-го уступу, Рисунок 4) одночасно, враховуючи С/В транспортування окремих товарних блоків КФН (1), (2), (3) та АС, можна розглядати як наступний крок раціоналізації вантажоперевезень підприємства. Тому в подальших дослідженнях буде розглянута доцільність використання АС для транспортування товарних блоків визначених категорій з різних уступів до майданчику складування з метою подальшої раціоналізації транспортних робіт в умовах родовища блочного облицювального каменю. Також планується визначити строк окупності запропонованої заміни КФН (1) на (3).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] С. М. Бро, А. С. Пригунов, та С. А. Шипунов, “Сравнительный анализ энергозатрат различными видами карьерного транспорта,” *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, № 38, ст. 84–89, 2012.
- [2] Н. В. Смирнова та А. И. Воронков, “Закономерности изменения расхода топлива в течение жизненного цикла дороги,” *Науковий вісник будівництва*, № 2, ст. 281–285, 2015, [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Nvb_2015_2_66.
- [3] И. А. Паначев та И. В. Кузнецов, “Анализ влияния угла наклона трассы на энергоемкость транспортирования горной массы большегрузными автосамосвалами,” *Геотехнология*, ст. 67–70, 2013.
- [4] В. В. Филиппов, Н. В. Смирнова, та Д. Н. Леонтьев, “О зависимости расхода топлива и влияния на него скорости движения автомобиля и дорожных условий,” *Вестник ХНАДУ*, № 67, ст. 7–12, 2014.
- [5] С. С. Іськов, О. М. Толкач, В. Г. Левицький, та В. О. Шлапак, *Організація та планування гірничих робіт*. Житомир: ЖДТУ, 2017.
- [6] Г. В. Бычков, “Направления повышения эффективности технологий добычи и обработки природного камня на Урале,” Уральская государственная горно-геологическая академия, 2003.
- [7] Ю. Г. Карасев та Н. Т. Бакка, *Природный камень. Добыча блочного и стенового камня*. Санкт–Петербург, Россия: Санкт–Петербургский горный ин–т., 1997.
- [8] S. Carosio, I. Paspaliaris, M. Cardu, and E. et. al Lovera, *Ornamental Stones network (OSnet)*. Athens, Greece: Laboratory of Metallurgy, National Technical University of Athens, 2003.
- [9] N. Kyrylenko, “Substantiation of the wheel loader employment at dimension stone quarries in Ukraine,” *Ital. J. Eng. Geol. Environ.*, № 2, ст. 57–62, 2017, doi: 10.4408/IJEGE.2017–02.S–06.
- [10] Н. Я. Говорущенко та А. Н. Туренко, *Системотехника проектирования транспортных машин*. Харьков: ХНАДУ, 2004.

Стаття надійшла до редакції 20.02.2021.