

Монастирський Ю. А., Бондар І.В., Сістук В.О.
Криворізький національний університет**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ**

Представлені економіко-математичні моделі функціонування, розміщення і спеціалізації підприємств технічного сервісу кар'єрних автосамоскидів, які на відміну від аналогічних моделей функціонування підприємств технічного сервісу автомобілів враховують проведення робіт з технічного обслуговування та ремонту кар'єрних автосамоскидів в місці їх експлуатації, а ремонт вузлів та агрегатів – на спеціалізованих підприємствах дозволяють мінімізувати витрати на технічний сервіс кар'єрних автосамоскидів.

Ключові слова: кар'єрний автосамоскид, технічне обслуговування, ремонт, економіко-математичне моделювання.

ВСТУП

Сучасні умови розвитку технологічного автомобільного транспорту на залізничних кар'єрах України характеризується постійним оновленням рухомого складу, переважно виробництва холдингу «БЕЛАЗ ХОЛДІНГ» [1, 2, 3]. Кар'єрні автосамоскиди, на відміну від автомобілів, внаслідок великих габаритів не можуть самостійно діставатися на сервісні центри для проведення планових чи поточних робіт з відновлення працездатного стану. Для їх технічного сервісу близько 60 років тому, при будівництві залізничних гірничо-збагачувальних комбінатів, були створені гірничо-транспортні цехи. На початку роботи кар'єрів автосамоскиди мали низьку надійність, з коефіцієнтом технічної готовності на рівні 0,55-0,60, зараз 0,85-0,95. Внаслідок підвищення рівня надійності машин змінилися й нормативи технічних дій, в останньому нормативному документі трудомісткість суттєво знизилась, деякі види ремонтів відійшли у минуле (табл.1) [3, 4, 5, 6].

Таблиця 1. – Динаміка змін нормативів технічного обслуговування та ремонту

Вид робіт	Скорочення	Періодичність, мотогодини /простої, години/ трудомісткість, людино години		
		1985 рік	2004 рік	2013 рік
Перше технічне обслуговування	ТО-1	100/	250/	250/
		6	5/	2/
		22,5	19,5	3,83
Друге технічне обслуговування	ТО-2	500/	500/	500/
		17/	14/	12/
		51	43	28,75
Третє технічне обслуговування	ТО-3	1000/	1000	1000/
		23/	18/	16/
		70	60	39,25
Сезонне технічне обслуговування	СО	двічі на рік	двічі на рік/	двічі на рік/
		10	10	12/
		31	31	27,5
Перший плановий ремонт	ПР-1	4000/	5000/	тільки для окремих вузлів
		240/	228 годин/	
		405	400	
Другий плановий ремонт	ПР-2	8000/	10000/	тільки для окремих вузлів
		384/	383/	
		690	690	
Поточний ремонт	ПР	за необхідністю/ 10 на 100 годин роботи	за необхідністю/ 9,5 на 100 годин роботи	за необхідністю/ 5 на 100 годин роботи
Інші види технічного обслуговування	ІВТО	не передбачено	не передбачено	в окремо зазначений термін

Річні (добові) обсяги перевезень протягом терміну роботи кар'єрів на сьогодні практично не змінилися, існує незначне коливання у відповідності до попиту на ринку, в той же час вантажопідйомність автосамоскидів зростає з 25-27 до 130-220 т. Впровадження в кар'єрах комбінованого транспорту, автомобільно-конвеєрного та автомобільно-залізничного суттєво не вплинули і на середню відстань перевезень. Зараз в кар'єрі замість 200-250 працює 30-40 машин, у переважній більшості це БЕЛАЗ-75131 вантажопідйомністю 130-136 т.

Одночасно параметри гірничо-транспортних цехів залишилися практично незмінними: загальна площа близько 11-15 га, сумарні площі виробничих приміщень 30-40 тис. кв.м (рис.1).

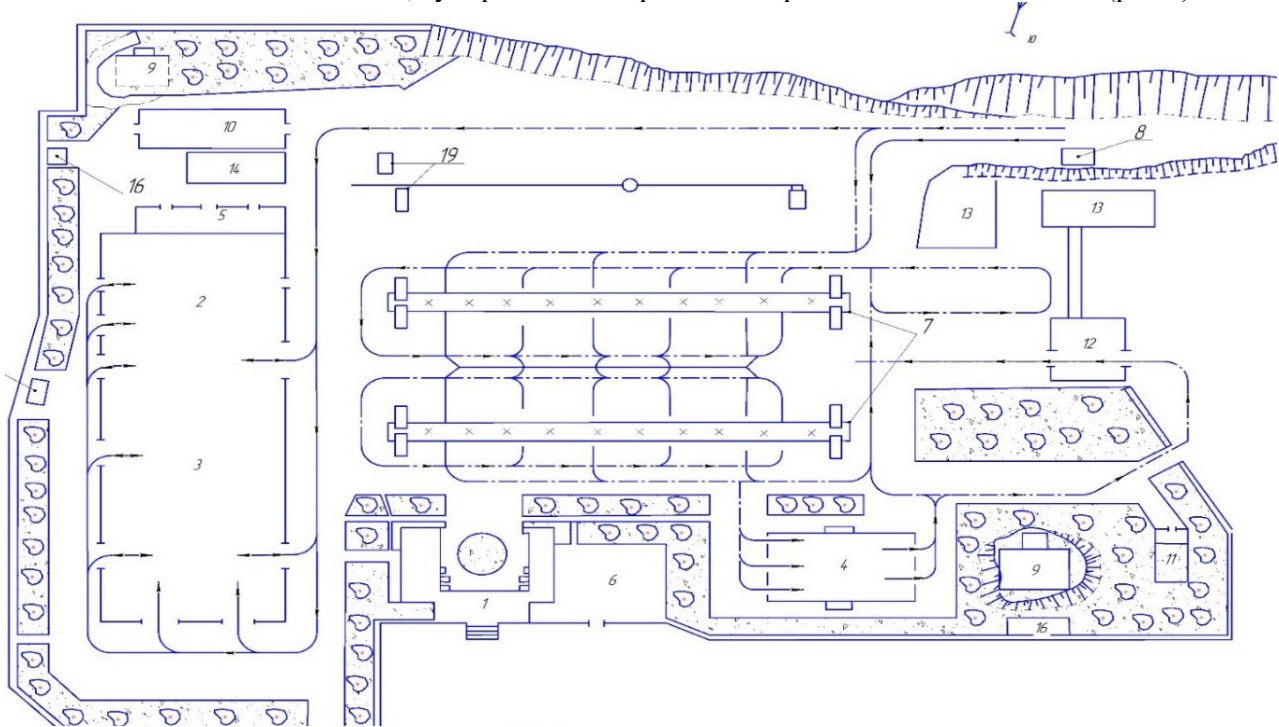


Рисунок 1. Схема гірничо-транспортного цеху. 1 – адміністративно-побутовий корпус., 2 – головний виробничий корпус, 3 – виробничий корпус 2, 4 – зона діагностики та ТО, 5 – відділ головного механіка, 6 – стоянка особистого транспорту, 7 - зона зберігання машин, 8 – контрольно-технічний пропускний пункт, 9 – притулок, 10 – склад запасних частин та матеріалів, 11 – склад вторинної сировини, 12 – мийка машин, 13 – брудовідстійник, 14 – навіс, 15 – зона зберігання відпрацьованих мастил, 16 – резервуар води, 17 – очисні споруди, 18 – пост зберігання азоту, 19 – зварювальний пост.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Для покращення техніко-економічних показників експлуатації техніки БЕЛАЗ проводить цілеспрямовану роботу в Україні по забезпеченню ефективного функціонування своїх машин на основі сучасних досліджень [7, 8]. Як показує досвід, підвищити якість технічного обслуговування та ремонту таких, досить специфічних машин, можливо шляхом спеціалізації робіт по проведенню ремонтів вузлів та агрегатів та впровадження фірмового технічного сервісу машин на гірничо-збагачувальних комбінатах силами спеціалізованих підприємств структури «БЕЛАЗ-СЕРВІС». Аналіз досвіду застосування повного сервісного обслуговування кар'єрних автосамоскидів показує можливість зменшення часу простоїв машин в технічному обслуговуванні на 25-30 % та в ремонті на 40-45 % [9, 10].

Підвищення якості технічного сервісу, зниження трудових та фінансових витрат можливо при вирішенні задачі визначення доцільності спеціалізації у проведенні складових технічного сервісу кар'єрних автосамоскидів в умовах підприємств регіону. Складовими можна вважати проведення технічних обслуговувань і ремонтів автосамоскидів в місцях експлуатації та проведення ремонтів агрегатів на спеціалізованих підприємствах. Таким чином існує проблема теоретичного обґрунтування розвитку функціонування підприємств технічного сервісу кар'єрних автосамоскидів БЕЛАЗ.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ціль досліджень – розробка математичних моделей функціонування підприємств технічного сервісу кар'єрних автосамоскидів. Досягнення поставленої цілі може бути шляхом вирішення задачі вдосконалення існуючих моделей функціонування автосервісних підприємств із врахуванням

особливостей кар'єрних автосамоскидів. Ціль буде досягнута, якщо сума витрат по всіх складових технічного сервісу буде мінімальною.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Існують математичні моделі функціонування підприємств технічного сервісу автомобілів загального користування, але всі вони вважають, що машина сама приїде на сервісний центр для проведення технічного обслуговування чи ремонту, що неможливо, чи дуже складно, для такої машини якою є кар'єрний автосамоскид, навіть найменшої вантажопідйомності в 30 т.

Вирішення може бути здійснено шляхом вдосконалення однієї з існуючих моделей функціонування автосервісних підприємств за рахунок зміни складових частин, що враховують транспортні витрати. Це можливо досягти виведення окремим членом транспортних витрат в цільовій функції планування, розвитку, розміщення і спеціалізації підприємств автомобільної галузі.

У зв'язку зі зростанням парку кар'єрних самоскидів актуального значення набувають питання, пов'язані із створенням індустрії нового типу, — індустрії технічного сервісу кар'єрних самоскидів. Проблема ця досить складна, оскільки при її рішенні потрібно враховувати безліч різних чинників. Це в першу чергу визначення оптимальної кількості центрів технічного сервісу кар'єрних самоскидів (ЦТСКС), їх місце розташування, потужності, спеціалізації і багатьох інших чинників.

Введемо наступні означення: r — число можливих видів технічних дій $k = 1, \bar{r}$; m — число клієнтів (пунктів зосередження кар'єрних самоскидів); n — число можливих місць розміщення ЦТСКС; Y_{kj} — потужність j -й ЦТСКС по k -му виду технічних дій $k = 1, \bar{r}$, $j = 1, \bar{n}$; X_{ikj} — кількість обігу i -го клієнта на j -у ЦТСКС для виконання технічних дій k -го виду, $i = 1, \bar{m}$, $k = 1, \bar{r}$, $j = 1, \bar{n}$; c_{ij} — транспортні витрати, пов'язані з доставкою автомобіля з i -го пункту зосередження на j -у ЦТСКС $i = 1, \bar{m}$, $j = 1, \bar{n}$; a_{ik} — потрібна річна кількість технічних дій k -го виду у i -го клієнта $i = 1, \bar{m}$, $k = 1, \bar{r}$; w_{kj} — мінімально допустима потужність j -й ЦТСКС по технічним діям k -го вигляду $k = 1, \bar{r}$, $j = 1, \bar{n}$; W_{kj} — максимально допустима потужність j -й ЦТСКС по технічним діям k -го вигляду $k = 1, \bar{r}$, $j = 1, \bar{n}$; $f_{kj}(y_{kj})$ — приведені витрати, пов'язані із створенням j -й ЦТСКС, що проводить у технічних дій k -го виду $k = 1, \bar{r}$, $j = 1, \bar{n}$;

З урахуванням введених позначень математична модель задачі розміщення і спеціалізації ЦТСКС сформулюється таким чином; мінімізувати сумарні транспортно-виробничі витрати

$$S = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r f_{kj}(y_{kj}) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^m c_{ij} \cdot x_{ikj} \rightarrow \min$$

пов'язані з розміщенням і спеціалізацією ЦТСКС при дотриманні наступних умов:

- попит кожного клієнта по кожному виду технічних дій повинен задовольнятися повністю

$$\sum_{j=1}^n x_{ikj} = a_{ik}, \quad i = 1, \bar{m}, \quad k = 1, \bar{r}$$

- потужність кожного ЦТСКС по кожному виду технічних дій повинна відповідати ремонтному фонду, що поставляється всіма клієнтами

$$\sum_{i=1}^m x_{ikj} = y_{kj}, \quad k = 1, \bar{r}, \quad j = 1, \bar{n}$$

- потужність кожного ЦТСКС по кожному виду технічних дій обмежена знизу і зверху

$$w_{kj} \leq y_{kj} \leq W_{kj} \quad k = 1, \bar{r}, \quad j = 1, \bar{n}$$

- змінні не можуть бути негативними

$$x_{ikj} \geq 0, \quad y_{kj} \geq 0, \quad i = 1, \bar{m}, \quad k = 1, \bar{r}, \quad j = 1, \bar{n}$$

Сформульовану математичну модель можна використовувати при різних напрямках досліджень, а саме:

1. Визначення оптимального плану розміщення і спеціалізації ЦТСКС. Початковою інформацією для цього варіанту досліджень є відомості про потреби в технічних діях кожного виду будь-якого з клієнтів і конкретному виді функцій витрат $f_{kj}(y_{kj})$.

Для даного напрямку досліджень місце розташування і кількість ЦТСКС вважаються невідомим і визначаються в процесі дослідження, тому в розгляд необхідно ввести всі можливі місця

розташування ЦТСКС. Для кожного з них задаються варіанти розвитку у вигляді ряду потужностей, що є фіксованими кількостями технічних дій кожного виду в рік. По відомих пунктах зосередження ремонтного фонду і намічених пунктах розміщення ЦТСКС визначають транспортні витрати— матрицю $\|C_{ij}\|$. З розумних міркувань накладають обмеження по потужності кожного підприємства по технічному обслуговуванню автомобілів для будь-якого виду технічних воздействий— задають величини w_{kj} і W_{kj} , $k=\overline{1,r}$, $j=\overline{1,n}$. Звичайно при виборі чисельних значень величин w_{kj} і W_{kj} , керуються міркуваннями гранично можливого розвитку підприємств (розміром території, наявністю робочої сили, верстатного парку і т. д.). Якщо ж ці міркування не є визначаючими, то величини w_{kj} і W_{kj} , можна взагалі не задавати.

В ході рішення задачі визначається оптимальний план розміщення і спеціалізації ЦТСКС по критерію мінімуму транспортно-виробничих витрат. Одночасно визначається і оптимальна кількість ЦТСКС. При цьому, якщо для якого-небудь j всі величини y_{kj} дорівнюють нулю, тобто якщо $y_{\mu k}=0$, $k=\overline{1,r}$, то в μ -у пункті створювати ЦТСКС недоцільно.

Чисельна реалізація математичної моделі дозволяє визначити оптимальний план розміщення ЦТСКС. Проте отримані при рішенні цієї задачі рекомендації носять теоретичний, а не практичний характер. Пояснюється, це тим, що в розглянутому вище напрямі досліджень не враховуються вже існуючі ЦТСКС, а як би вони будуються наново. Тому з практичної точки зору великий інтерес представляють два інші напрями досліджень, що описані нижче. Представлений же варіант напрямку досліджень можна запропонувати в ситуаціях, коли в даному регіоні не функціонує жодної ЦТСКС і належить вирішити питання про їх створіння. Такими регіонами на сьогодні в Україні є західний та північний регіони, де сервісних структур «БЕЛАЗ-СЕРВІС» поки не створено.

2. Визначення оптимального плану спеціалізації існуючих гірничо-транспортних цехів або ЦТСКС. Початковою інформацією для цього напрямку досліджень, як і в попередньому, є відомості про потреби в технічних діях кожного клієнта (величини a_{ik}) функції витрат $f_{kj}(y_{kj})$ транспортні витрати на доставку ремонтного фонду (величини c_{ij}) і граничні можливості по потужності кожної ЦТСКС. На відміну від розглянутого вище напрямку, тут вважаються відомою кількість (величина n) і місця розташування всіх ЦТСКС. Отже, в цьому варіанті не можна вважати жодного j величини $w_{kj}=0$, $k=\overline{1,r}$. Використовування моделі в цьому напрямі досліджень дозволяє визначити оптимальний варіант спеціалізації ЦТСКС і порівняти його з існуючим.

3. Визначення оптимального плану розміщення і спеціалізації знов що будуються і оптимальної спеціалізації існуючих ЦТСКС. Цей напрям досліджень не потребує пояснення, оскільки є простим узагальненням двох попередніх. Дійсно, упорядкувавши всі сервісні структури $j=1, 2, \dots, n_1, n_1+1$ так, що перші n_1 елементів в цій послідовності є існуючі ЦТСКС, а наступні $(n - n_1)$ — знов створювані, приходимо до вже розглянутої вище ситуації. Необхідно відзначити, що практична реалізація задачі пов'язана з певними труднощами. Пояснюється це відсутністю аналітичної залежності функцій витрат $f_{kj}(y_{kj})$.

Для вирішення подібних задач звичайно застосовуються варіантні методи. При використуванні цих методів послідовно задаються значеннями y_{kj} , по цих значеннях визначають $f_{kj}(y_{kj})$ і вирішують задачу лінійного програмування транспортного типу (мінімізують транспортні витрати). Потім зі всіх варіантів вибирають той, який, забезпечує мінімальні сумарні транспортно-виробничі витрати. При такому підході, природно, рішення виходить наближеним, причому вірогідність отримання рішення, близького до оптимального, зростає із збільшенням числа розглянутих, варіантів, якщо задатися аналітичною залежністю $f_{kj}(y_{kj})$, $k=\overline{1,r}$, $j=\overline{1,n}$. Проте ясно, що залежність ця не може бути лінійною і, отже, введення її в аналітичному вигляді не вирішує проблему радикальним чином. То ж, шляхи подолання труднощів, пов'язаних з рішенням задачі, слід шукати і в інших напрямках. Одним з них є рішення вказаної задачі з передумови про спеціалізацію гірничо-транспортних цехів або ЦТСКС. При цьому істотно знижується розмірність задачі.

Відомі m можливих місць розміщення гірничо-транспортних цехів або ЦТСКС в умовах певних автогосподарств ($j=1, 2, \dots, m$). Це значить, що в кожному з місць або існує виробничо-технічна база, або вона може бути побудована. На кожне з можливих місць розміщення з n районів дислокація кар'єрних автосамоскидів ($i = 1, 2, \dots, n$) поступають на технічне обслуговування M моделей кар'єрних автосамоскидів ($k=1, 2, \dots, M$).

Відомо, що весь процес технічного обслуговування можна підрозділити на R самостійних видів обслуговування ($r=1, 2, \dots, R$), причому ЦТСКС може бути організований, як по будь-якому r -му процесу, так і по будь-якій комбінації цих процесів.

Необхідно визначити такий варіант розміщення ЦТСКС щоб повністю задовольнялася потреба власників кар'єрних автосамоскидів в здійсненні всіх видів технічних дій, а сума приведених витрат

на проведення цих видів технічних дій, сума транспортних витрат і сума втрат часу (в грошовому виразі) власників кар'єрних автосамоскидів на очікування початку і закінчення технічних дій була б мінімальною.

Таким чином, необхідно мінімізувати наступну функцію:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^M \left\{ \sum_{i=1}^n h_{ijk} \cdot X_{ijkr} + \sum_{r=1}^R c_{irk} (f_{jrk}) X_{ijkr} + \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^R q_{ijkr} \cdot B_{ikr} \right\} \rightarrow \min$$

де $C_{jrk}(f_{jrk})$ —приведені витрати, що доводяться на проведення r -го виду обслуговування до k -й марки кар'єрного автосамоскиду на j -й ЦТСКС; f_{jrk} — потужність j -й ЦТСКС по проведенню r -го виду обслуговування k -ї марки кар'єрного автосамоскиду; X_{ijkr} — кількість кар'єрних автосамоскидів до k -й марки, що направляється з i -го району на j -у ЦТСКС для проведення r -го виду технічного обслуговування; q_{jkr} — витрати часу (в грошовому виразі), що втрачаються власником k -ї марки кар'єрного автосамоскиду при проходженні r -го виду обслуговування на j -й ЦТСКС; B_{ikr} — потреба i -го району у виконанні r -го виду обслуговування для k -х моделей кар'єрних автосамоскидів; h_{ijk} — витрати на доставку кар'єрного автосамоскиду k -й моделі з i -го району на j -у ЦТСКС, при наступних обмеженнях:

1. Потреба власників кар'єрних автосамоскидів повинна повністю задоволена в проведенні всіх видів технічних дій:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^M \sum_{r=1}^R X_{ijkr} = \sum_{k=1}^M \sum_{r=1}^R B_{ikr}, \quad i = 1, \overline{n}$$

2. Кількість кар'єрних автосамоскидів k -ї марки, що прибуває на j -у ЦТСКС для проведення r -го виду обслуговування, не повинне перевищувати максимально можливої потужності ЦТСКС по цьому виду обслуговування:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^M \sum_{r=1}^R X_{ijkr} = \sum_{k=1}^M \sum_{r=1}^R A_{jkr}, \quad j = 1, \overline{m}$$

3. Проектована потужність сервісного центру не повинна перевищувати максимально можливої її потужності по будь-якому з r -х видів технічних дій:

$$f_{jkr} \leq A_{jkr}, \quad j = 1, \overline{m}, \quad k = 1, \overline{M}, \quad r = 1, \overline{R}$$

4. Всі X повинні бути більше або рівно нулю: $X \geq 0$

Запропонована модель розвитку і розміщення ЦТСКС є моделлю загальної задачі лінійного програмування з нелінійною цільовою функцією. Такі задачі можуть бути вирішені симплексним методом з використанням прийому «послідовного перерахунку витрат». Для скорочення часу рішення вказаної задачі доцільно ввести в умови її моделі обмеження, що дозволяють чіткіше «обкреслити» область можливих рішень. Такими обмеженнями для даного завдання можуть бути обмеження по використанню площі і робочої сили.

Для організації виробничого процесу необхідна певна площа. Тому, знаючи величину площі певного підприємства, можна завжди встановити максимально можливу його потужність при організації робіт по будь-якому процесу.

Обмеження по використанню виробничих площ:

$$\sum_{k=1}^M \sum_{r=1}^R \gamma_{krj} (f_{rkj}) \cdot f_{rkj} \leq S_j \quad j = 1, \overline{m}$$

де $\gamma_{krj}(f_{rkj})$ —питома площа для організації проведення робіт по r -му виду технічних дій для k -й марки кар'єрного автосамоскиду на j -й ЦТСКС.

Робота підприємств може бути організована на тих же площах з різною кількістю змін, і за цей рахунок збільшиться їх потужність. Тоді в цих умовах зросте кількість зайнятих у виробництві працівників. У зв'язку з цим для конкретизації області можливих рішень введеться ще одне обмеження по використуванню людських ресурсів, що в теперішніх умовах дуже важливо.

Обмеження по використуванню робочої сили

$$\sum_{k=1}^M \sum_{r=1}^R \beta_{krj} (f_{rkj}) \cdot f_{rkj} \leq N_j \quad j = 1, \overline{m}$$

де $\beta_{krj}(f_{rkj})$ — питома кількість працюючих, необхідне для організації проведення робіт по r -

му виду технічних дій для k -й марки кар'єрного автосамоскиду на j -й ЦТСКС.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Представлені економіко-математичні моделі функціонування, розміщення і спеціалізації підприємств технічного сервісу кар'єрних автосамоскидів, які на відміну від аналогічних моделей функціонування підприємств технічного сервісу автомобілів враховують проведення робіт з технічного обслуговування та ремонту кар'єрних автосамоскидів в місці їх експлуатації, а ремонт вузлів та агрегатів – на спеціалізованих підприємствах дозволяють мінімізувати витрати на технічний сервіс кар'єрних автосамоскидів.

ВИСНОВКИ

Виконані дослідження та розроблені економіко-математичні моделі будуть використані головним підприємством холдингу «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» для планування розвитку мережі сервісних центрів в першу чергу на території України.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Технические и эксплуатационные характеристики выпускаемой продукции: справочник / ОАО «БЕЛАЗ». Под общей редакцией А. Н. Егорова. – Минск: «Белстан», 2014, 496 с.
2. Сучасний стан технологічного автотранспорту залізородних кар'єрів / Ю.А. Монастирський, А.С. Вивчарик, І.В. Бондар, Т.А. Климів // Сучасні автомобільні розробки України. – Миколаїв, 2015. – С.82-85.
3. Vesnin, A. V., Sistuk, V. O., & Bogachevskiy, A. O. (2015). The analysis of mining conditions influence to operating time of dump trucks traction drive components. *Metallurgical and Mining Industry*, 7(3), 268-271.
4. Vesnin, A. V., Sistuk, V. O., & Bogachevskiy, A. O. (2015). The industrial dust properties as a wear factor of pit trucks electric machines elements. *Metallurgical and Mining Industry*, 7(3), 272-275.
5. Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов БелАЗ. Жодино. ОАО «БЕЛАЗ», 2004.- 44 с.
6. Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов БелАЗ. Жодино. ОАО «БЕЛАЗ», 2013.- 22 с.
7. Бондарь І. В. Перехід на фірмовий технічний сервіс кар'єрних автосамоскидів БЕЛАЗ на залізородних кар'єрах України / І.В. Бондарь, Ю.А. Монастирський// Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: 10-та міжнародна наук.-практ. конф., 12-13 вер. 2019 р.: матеріали конф. – Херсон, 2019. – С. 81.
8. Ju.A. Monastyrskiy, V.V. Potapenko and I.V. Bondar, “Adaptive system of technical operation of open pit trucks”, in International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing”. Book of Abstracts. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2018. – pp. 194-196.
9. Зуй Н. Н. Технический сервис техники БелАЗ: вчера, сегодня, завтра / Н. Н. Зуй // Горная промышленность - 2006. - №62. - С. 26-27.
- 10 Монастирський Ю. А. Эксплуатация и сервисное обслуживание карьерной техники «БЕЛАЗ» в Украине / Монастирський Ю. А. // Горный журнал. – 2013. – № 1. – С. 78-80.

REFERENCES

- 1.Egorov, A. (2014). *Tehnicheskie i ekspluatacionnye harakteristiki vypuskaemoj produkcii: spravochnik* (p. 496). Minsk: Belstan.
- 2.Monastirskij Yu.A., Vivcharik A.S., Bondar I.V., & Klimiv T.A. (2015). Suchasnij stan tehnologichnogo avtotransportu zalizorudnih kar'yeriv. *Suchasni avtomobilni rozrobki Ukrayini*, 82-86.
3. Vesnin, A. V., Sistuk, V. O., & Bogachevskiy, A. O. (2015). The analysis of mining conditions influence to operating time of dump trucks traction drive components. *Metallurgical and Mining Industry*, 7(3), 268-271.
4. Vesnin, A. V., Sistuk, V. O., & Bogachevskiy, A. O. (2015). The industrial dust properties as a wear factor of pit trucks electric machines elements. *Metallurgical and Mining Industry*, 7(3), 272-275.
- 5.ОАО «BELAZ». (2004). *Polozhenie o tehničeskom obsluzhivanii, diagnostirovanii i remonte karernyh samosvalov BelAZ* (p. 44). Zhodino.
6. ОАО «BELAZ». (2013). *Polozhenie o tehničeskom obsluzhivanii, diagnostirovanii i remonte karernyh samosvalov BelAZ* (p. 22). Zhodino.

7. Bondar, I., & Monastirskij, Y. (2019). Perehid na firmovij tehničnij servis kar'yernih avtosamoskidiv BELAZ na zalizorudnih kar'yerah Ukrayini. In *Suchasni energetichni ustanovki na transporti, tehnologiyi ta obladnannya dlya yih obslugovuvannya* (p. 81). Herson.

8. Monastyrskiy, Y., Potapenko, V., & Bondar, I. (2018). Adaptive system of technical operation of open pit trucks. In *International Scientific and Technical Internet Conference "Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing* (pp. 194-196). Petroşani.

9. Zuj, N. (2006). Tehnicheskij servis tehniki BelAZ: vchera, segodnya, zavtra. *Gornaya Promyshlennost*, 62, 26-27.

10. Monastyrskij, Y. (2013). Ekspluataciya i servisnoe obsluzhivanie karernoj tehniki «BELAZ» v Ukraine. *Gornyj Zhurnal*, 1, 78-80.

Yu. Monastirsky, I. Bondar, V. Sistuk. Mathematical models of functioning of enterprises of technical service of career dump trucks

Improvement of quality of technical service, labor and cost savings is possible in the process of solution-finding for determination of usefulness of specialization in open pit trucks technical service operations within the conditions of the enterprises of a region. The solution can be found from improving one of the existing models of car service centers functioning with the use of the change of operations that enter transportation costs. It can be obtained by factoring out transportation costs in the objective function of planning, design, siting and specialization of auto industry enterprises.

The areas of research are: determination of optimal layout design and specialization of open pit trucks technical service centers, determination of the optimal plan of specialization of existing mining and transport workshops or open pit trucks technical service centers, determination of optimal layout design and specialization of open pit trucks technical service centers that are being built or already exist.

The limitations of the mathematical economic models are: open pit trucks owners' demand for handling all types of operations must be fully satisfied, the number of open pit trucks arriving over the service center for maintenance should not exceed the maximum capacity of the center, the design capacity of a service center must not exceed its maximum output for any type of handling operation, the number of open pit trucks should be greater than or equal to zero, the limit of use of production facilities, the limit of use of labor.

The mathematical economic models of operation, siting and specialization of open pit trucks technical service enterprises are presented which, in contrast to similar models of car service enterprises operation, allows to save technical service costs considering open pit trucks maintenance at their working area and its repair at specialized enterprises.

Keywords: open-pit dump truck, major repairs, production costs, economical and mathematical design.

МОНАСТИРСЬКИЙ Юрій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобільний транспорт», Криворізький національний університет, ORCID 0000-0002-8282-3929, e-mail: monastirskiy08@ukr.net

БОНДАР Ігор Вікторович, директор, Сервісний торгово-логістичний центр «БЕЛАЗ-УКРАЇНА», e-mail: ukr@belaz.com.ua

СІСТУК Володимир Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, декан транспортного факультета, Криворізький національний університет, ORCID 0000-0003-4907-4265

Yuriy MONASTIRSKIY, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Transport Department, Kryvyi Rih National University, e-mail: monastirskiy08@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0002-8282-3929>.

Igor BONDAR, manager, Service trade and logistics center «BELAZ-UKRAINE» e-mail: ukr@belaz.com.ua

Volodymyr SISTUK, PhD (Technical Sciences), Associated Professor, Automobile facilities department, Kryvyi Rih National University, e-mail: sistuk07@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0003-4907-4265>.