

штырьках четырехперьевой коронки с трапецидальной формой боковых пазов составляет порядка 25 МПа, рис. 4в, и трехперьевой - 1,4 МПа, рис. 4г.

Следует отметить, что в двух последних вариантах коронок, рис. 4в,г, присутствует зона перенапряжения корпуса коронки перед ее расширением и переходом на штыри расширителя. Величина этого напряжения порядка 260 МПа. Такая величина напряжения может привести к разрушению корпуса коронки при наличии концентраторов напряжений и микротрещин после термообработки. Это наблюдалось на коронке - расширителе типа КРР производства ЗАО «Бинур», Москва.

Коронки с повышенными напряжениями на штырьках, рис. 4а,б, теоретически обеспечат повышенную эффективность разрушения горной породы пропорционально отношению напряжений на штырьках, по сравнению с коронками, рис. 4в,г, с меньшими напряжениями на штырьках, в которых разрушение породы осуществляется только за счет бокового скалывания. Соответственно в 2,8 и 50 раз. Однако это предстоит проверить экспериментально.

Кроме того, в результате проведенных исследований [5] установлено, что с точки зрения максимизации усредненного параметра завихренности потока реагента для удаления буровой мелочи из шпура лучшим вариантом являются круглые пазы. Таким образом, наиболее рациональным вариантом коронки нового типа является вариант, показанный на рис. 4,а, корпус которой имеет круглой формой боковых пазов. Эта форма пазов обеспечивает максимальную степень очищения шпура от буровой мелочи.

**Выводы и направления дальнейших исследований:** одним из наиболее эффективных путей повышения буровзрывных работ при перфораторном бурении есть применение шпуров повышенной емкости;

разработана новая конструкция штыревых комбинированных коронок – расширителей, которая обеспечивает формирование шпуров повышенной емкости в одну стадию (бурение шпуров и их расширение одновременно);

конструкция коронки разработана таким образом, что обеспечивает максимальную передачу ударного импульса от поршня-ударника к породоразрушающим штырям, при этом обеспечивается продольное внедрение коронки, необходимое для разрушения породы;

коронки с повышенными напряжениями на штырьках теоретически обеспечат повышенную эффективность разрушения горной породы пропорционально отношению напряжений на штырьках, по сравнению с коронками (соответственно в 2,8 и 50 раз).

Направлениями дальнейших исследований являются: а - определение причины появления зоны повышенного напряжения в корпусе коронки (перед ее расширением и переходом на штыри расширителя); в - изготовление опытных образцов и экспериментальная проверка эффективности применения коронок нового типа для бурения шпуров увеличенного диаметра ручными перфораторами.

#### Список литературы

1. Алимов О. Д. Исследование процессов разрушения горных пород при бурении шпуров. Изд-во Томского университета. - Томск, 1960.
2. Миндели Э.О. Буровзрывные работы при проходке горных выработок. -М: Гостехиздат, 1968, -428 с.
3. Остроушко И. А. Разрушение горных пород при бурении. Госгеолиз-дат, М., 1952.
4. Царицын В. В. Бурение горных пород. Гостехиздат, К., 1959.
5. Хруцкий А.А. Обоснование конструктивных параметров штыревых коронок улучшенного выноса бурового шлама [Текст] : дис... канд. техн. наук / Хруцкий, А.А. ; М-во образования и науки Украины, КТУ. - Кривой Рог 2008. - 211 с.

Рукопись поступила в редакцию 01.04.12

УДК 622.684:629.353

Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд.техн.наук, доц., О.Д. ПОЧУЖЕВСЬКИЙ асист,  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

### НОВИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКА СКЛАДНОСТІ МАРШРУТУ РУХУ ГІРНИЧО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Зформовано та обґрунтовано методику визначення об'єктивного показника складності маршруту руху гірничо-транспортних машин.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Кар'єрні автосамоскиди, як один із типів гірничих машин, завдяки високій маневреності, а також високій оперативності управління, отримали велике розповсюдження на відкритих розробках підприємств гірничодобувних галузей у всьому світі. Завдяки цьому вони транспортують переважну більшість від загального об'єму видобутку гірничої маси на відкритих гірничих роботах.

Однією з основних проблем при цьому є стійка тенденція до погіршення умов експлуатації, проявом якої є зниження продуктивності роботи машин та збільшення вартості транспортування, яка досягає більше половини витрат від загальної вартості робіт у кар'єрі. При цьому питома вага палива у деяких випадках складає третину (а у деяких випадках навіть перевищує це значення) від витрат на перевезення.

У зв'язку з тим, що на сьогодні підвищення ефективності експлуатації кар'єрних автосамоскидів (зниження витрат палива та підвищення продуктивності роботи) за рахунок покращення основних факторів умов експлуатації (гірничотехнічних та дорожньо-транспортних) на відкритих розробках у більшості випадків вкрай складно або взагалі неможливо, а вдосконалення конструкції окремих вузлів, систем чи агрегатів машини обмежується технологічними можливостями виробництва, вирішення даної проблеми вважається можливим за рахунок забезпечення раціональних режимів роботи системи «двигун-трансмсія», яка з енергетичної точки зору має найбільший потенціал, адже забезпечує найбільші втрати енергії [1].

**Аналіз досліджень і публікацій.** На сьогодні не існує об'єктивного комплексного показника, який би дозволив з достатньою достовірністю визначити відповідність параметрів системи «двигун-трансмсія», тому напрямком досліджень по формуванню показника вважається актуальним та перспективним. Аналіз досліджень щодо причин перевитрат палива виявив, що окрім конструктивних особливостей та ступеня завантаження машини, найбільший вплив має характеристика (специфіка) маршруту руху (профіль та покриття технологічних автодоріг) [2].

Існують три основні показники, які дозволяють охарактеризувати маршрут руху кар'єрного автосамоскиду: коефіцієнт опору кочення  $f$ , похил автодороги ( $\alpha$ ) та загальний коефіцієнт сумарного опору дороги ( $\psi$  – складається з двох попередніх) [3]. Однак усі вони мають функціональну зміну по довжині маршруту руху, завдяки чому є суб'єктивними й не дозволяють охарактеризувати одним числом складність маршруту руху машини.

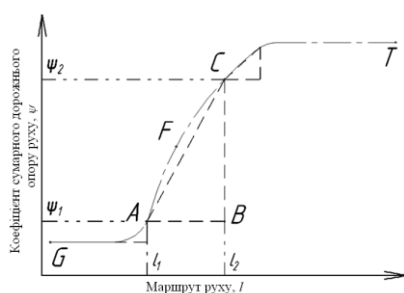
Крім цього існують показники середньозваженого та керуючого ухилу автодороги, що відображають лише середнє та максимальне значення ухилу на всьому маршруті. При цьому вони жодним чином не враховують тип покриття, що впливає на сумарний опір руху кар'єрного автосамоскиду [2,3].

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є розробка та обґрунтування об'єктивного показника складності маршруту руху кар'єрного автосамоскиду.

**Викладення матеріалу та результати.** Згідно аналізу проведених досліджень відомо, що формування параметрів системи «двигун-трансмсія» кар'єрних автосамоскидів необхідно проводити відносно специфіки умов експлуатації - якості покриття, величини та частоти зміни похилів та опору кочення технологічних автодоріг.

Отже, існує два фактори, які повинен врахувати показник складності маршруту руху, для того щоб адекватно та комплексно охарактеризувати маршрут – інтенсивність та величину зміни коефіцієнта сумарного опору дороги протягом маршруту руху. Адже даний коефіцієнт враховує як опір спричинене підйомом, так і опір який залежить від покриття автодороги (бетон, асфальт, гравій, глина і т.ін.) [3].

Залежність розподілу коефіцієнта сумарного опору певної ділянки траси  $\psi_i(l_i)$  можна зобразити в графічному вигляді (рис. 1).



**Рис. 1.** Залежність розподілу коефіцієнта сумарного опору дороги на певній ділянці траси

У зв'язку з тим, що чим більша кількість екстремумів функції  $\psi_i(l_i)$  буде на маршруту руху і чим більші значення коефіцієнта сумарного опору маршруту руху будуть в цих екстремумах, то складніший буде маршрут, тому показник пропонується визначати як площу фігури утворену між поліномом та віссю довжини маршруту руху, адже площа фігури буде збільшувати своє значення при більш складнішому маршруті руху.

Довжину поліному  $\psi_i(l_i)$  пропонується визначати шляхом апроксимації окремих ділянок траси прямокутними трикутниками (рис. 1), довжина гіпотенузи якого і буде відображати довжину поліному.

Кількість трикутників, залежатиме від прийнятої допустимої похибки, яка не повинна перевищувати 2-3 %, тобто має бути співставлення з точністю розрахунків натуральних показників річних планів гірничих робіт [4]. Похибка в даному випадку пов'язана з кількістю точок, що розділяють прямі ділянки (AC), які апроксимують складні криві лінії трас технологічної автостроги (AFC). Кількість точок має бути достатньою для того, щоб похибка апроксимації не виходила за межі практично допустимого значення.

При апроксимації кола правильним  $n$ -кутником, співставивши їх площі, відносна погрішність буде складати

$$\mu = 1 - n \sin(2\pi/n)/2\pi \quad (1)$$

де  $n$  - число сторін багатокутника.

Вважаючи, що для того, щоб похибка апроксимації була порівняна з точністю розрахунку натуральних показників річних планів гірничих робіт (2 %), знаходиться граничне число ділянок ділення кола, рівне 17 (при  $\mu=0,02$ ). Отже, число ділянок ділення дуги, як частини кола, буде пропорційне її центральному куту

$$N=17\alpha/2\pi \quad (2)$$

де  $\alpha$  - величина центрального кута дуги, град.

Реальний контур кривої ділянки траси можна розбити на сукупність дуг із заданим центральним кутом і ділянок прямої. Визначимо максимально необхідну кількість точок для опису довільного криволінійного контуру

$$N_{\max} = N' + \sum N'' \quad (3)$$

де  $N'$  - число вузлових точок (1,2,3. ...);  $N''$  - число точок апроксимації дуги з центральним кутом  $\alpha$ .

Довжина апроксимованого контуру в плані визначається з виразу

$$L = \sum \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (4)$$

Обчисливши максимально необхідну кількість точок  $N_{\max}$  і довжину апроксимованого контуру  $L$ , отримуємо те значення щільності, яке є максимально необхідним  $P_{\max}$  при заданій похибці  $\mu$ . Тепер, при побудові моделі, обчислюючи її фактичну щільність, можна оцінити міру її адекватності заданої моделі

$$A = \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\max}} \quad (5)$$

За допомогою даного виразу можна оцінити адекватність апроксимації її графічному прототипу

$$\Delta = l_{AC} + l_{AFC} \quad (6)$$

Відносна ж похибка визначається з виразу

$$\delta = \frac{\Delta}{l_{AC}} \cdot 100 \% \quad (7)$$

Якщо радіус кривої, що апроксимується відомий, то легко знайти центр кола, елементом якого є дана дуга. У цьому випадку кількість точок, залежно від допустимої погрішності, визначатиметься величиною центрального кута  $\alpha$  (табл. 1).

Таблиця 1

Залежність допустимої похибки від величини центрального кута						
$\alpha$ , град	30	40	45	50	60	90
%	1	2	2,5	3	5	11

Отже, довжину полінома  $\psi_i(l_i)$  (рис. 1), тобто довжину гіпотенузи AC  $\Delta CAB$ , яка апроксимує дугу AFC, буде визначатися з виразу

$$L_{\tilde{A}\tilde{N}} = \sqrt{\tilde{A}\tilde{A}^2 + \tilde{N}\tilde{A}^2} = \sqrt{(l_2 - l_1)^2 + (\psi_2 - \psi_1)^2} \quad (8)$$

Інтенсивність зміни поліному буде залежати від величини  $\psi_i$  зміни протягом маршруту ( $l_i$ ), тобто

$$p = \frac{\psi_2 - \psi_1}{l_2 - l_1} \quad (9)$$

Однак траса руху має як спуски, так і підйоми, що може привести до негативних розрахункових значень, тому обчислення (9) необхідно приймати по модулю.

У зв'язку з тим, що показник складності маршруту руху визначається як площа фігури утворена між поліномом динамічного  $\psi_i(l_i)$ , його значення визначається як добуток довжини поліному на його інтенсивність зміни (рис. 1)

$$K = L_{AC} \cdot p \quad (10)$$

Таким чином загальна формула визначення складності маршруту руху буде мати вигляд

$$K = L_{\psi(l)} \cdot p = \left[ \sum_{h=1}^y \sqrt{(l_i - l_{i-1})^2 + (\psi_i - \psi_{i-1})^2} \right] \cdot \left[ \sum_{h=1}^y \frac{|\psi_i - \psi_{i-1}|}{l_{\zeta\hat{a}\hat{a}}} \right] \quad (11)$$

де  $y$  - загальна кількість ділянок апроксимації;  $L_{\psi(l)}$  - показник враховуючий величину зміни коефіцієнта сумарного опору дороги протягом маршруту руху;  $p$  — показник враховуючий інтенсивність зміни коефіцієнта сумарного опору дороги протягом маршруту руху.

Однак слід зазначити що у випадку коли певна ділянка траси описується не поліноміальною, а лінійною залежністю  $\psi_i(l_i)$ , тобто зміна від  $\psi_i$  до  $\psi_{i-1}$  відбувається при  $l_i - l_{i-1} = 0$  довжину поліному слід визначати як різницю між  $\psi_i$  до  $\psi_{i-1}$ . Однак коли  $\psi_i = \psi_{i-1} = const$ , довжина поліному визначається як різниця між  $l_i$  до  $l_{i-1}$ .

Отже, загальний вигляд виразу (11) прийме вигляд

$$K = L_{\psi(l)} \cdot p = \begin{cases} L_{\psi(l)} = \sum_{h=1}^y \sqrt{(l_i - l_{i-1})^2 + (\psi_i - \psi_{i-1})^2} \\ p = \sum_{h=1}^y \left( \left| \frac{(\psi_i - \psi_{i-1})}{l_{\zeta\hat{a}\hat{a}}} \right| + |a_i| + b_i \right) \\ a = \psi_i - \psi_{i-1} \text{ і } \psi_i - \psi_{i-1} > 0 \text{ і } l_i - l_{i-1} = 0 \\ a = 0 \text{ і } \psi_i - \psi_{i-1} > 0 \text{ і } l_i - l_{i-1} > 0 \\ b = l_i - l_{i-1} \text{ і } \psi_i = \psi_{i-1} = const \text{ і } l_i - l_{i-1} > 0 \\ b = 0 \text{ і } \psi_i - \psi_{i-1} > 0 \text{ і } l_i - l_{i-1} > 0 \end{cases} \quad (12)$$

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Сформовано безрозмірний показник складності маршруту руху, за рахунок врахування площу фігури утворену між поліномом коефіцієнт сумарного опору дороги та віссю довжини маршруту руху дозволяє об'єктивно охарактеризувати умови руху кар'єрного автосамоскиду (поєднання профілю та матеріалом покриття технологічної автодороги).

Подальші напрямки досліджень передбачають розробку методики визначення раціональних параметрів системи «двигун-трансмсія» кар'єрного автосамоскиду відносно специфіки умов транспортування гірничої маси, що у результаті дозволить підвищити паливну економічність та продуктивність роботи машини.

#### Список літератури

1. Павленко В.А. Повышение топливной экономичности автомобиля оптимизацией параметров системы "двигатель-трансмиссия" : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Виктор Алексеевич Павленко. – Харьков, 2004. – 178 с.
2. Смирнов В.П. Теория карьерного большегрузного автотранспорта / В.П. Смирнов, Ю.И. Лель. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. - 355 с.
3. Литвинов А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. - М.: Машиностроение, 1989. - 240 с.
4. Стариков А.И. Геоинформационное моделирование и автоматизированные расчеты горнотранспортных процессов в карьерах: Дис.с ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Стариков Андрей Иванович. - Екатеринбург, 2000. - 125 с.

Рукопись поступила в редакцию 01.04.12