



МОДЕЛИРАНЕ ИЗМЕНЕНИЕТО НА РАЗХОДИТЕ ЗА ТЕКУЩО ПОДДЪРЖАНЕ НА ОБСЛУЖВАЩИ АВТОПЪТИЩА В ОТКРИТИ РУДНИЦИ ЧРЕЗ АПРОКСИМИРАЩИ ФУНКЦИИ

Паулин Златанов, Иван Марков, Виолета Иванова
zlatanov_p@abv.bg

*Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски,
София 1700, Студентски град,
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *руднични автопътища, поддържане, експлоатационни разходи, моделиране.*

Резюме. *Разработен е алгоритъм за изследване и установяване на закономерностите, по които в реално време става изменението на експлоатационните разходи за текущо поддържане на обслужващите пътища в условията на Източномаришките открити рудници.*

1. Въведение

В практиката на трите рудника на „Мини Марица изток” ЕАД, към техническото състояние на пътищата за обслужване на участъковите и магистралните ГТЛ-и не се прилагат системни методи за планиране, наблюдение, контрол и в крайна сметка – управление на разходите за тяхното изграждане, ремонт и поддържане. Прието е тези разходи да се отнасят в категорията „експлоатационни” и директно да се включват в производствените разходи на крайната продукция – въглищата. И трите вида разходи съдържат еднакви по своята структура компоненти: материали за влагане (кофраж, арматура и бетон - при бетоновите настилки, асфалтобетон - при асфалтовите и трошени скални фракции -при така наречените в практиката и на трите рудника – чакълирани настилки); специализирана механизация за транспортиране до мястото на полагане от базовите депа в рудниците; специализирана механизация за влагането им в трасето; ФРЗ на ангажирания персонал. На практика, освен изброените са налице и други разходи, например: стойност на машиносмени за престъргване на пътищата след силни дъждове (при черните пътища и частично при чакълираните пътища); за подсипване на допълнителни количества чакъл на места с трайни остатъчни деформации; за периодично почистване на отводнителните канавки; за поливане срещу запращаване при продължително

засушаване; за периодична ревизия и почистване на водопропускащите съоръжения и др. Към тези разходи следва да се отнасят и амортизационните отчисления на механизацията, чрез която се извършват пътностроителните и пътноремонтните дейности. Ако за изграждането и за частичните ремонти се държи сметка за потребните ресурси, то при текущото поддържане те остават извън вниманието на участъковите и рудичните ръководствата. Изложеното е характерно не само за източномаришките рудници, а съпътства практиката на всички открити рудници у нас. Една от причините за това е отсъствието на универсална за открития добив, технологично обоснована, лесно усвоима и удобна за прилагане методика с прости и ясни критерии как да се следи, планира и контролира разходът на ресурси.

2. Възникване на идеята

Първи опит в това отношение е направен в [1]. Там се третира рудничните пътища като механична система от два елемента: активно въздействащ върху пътя елемент, предизвикващ остатъчни деформации чрез контактната повърхност между колелата на подвижните товари и пътят, от една страна, и от друга - самият път като втори елемент, който пасивно поема напреженията в контактната повърхност от движението на булдозири, бордови коли, влекачи, натоварени и празни самосвали, автокранове, автороботилници и др. В [1] се предлага износването на рудничния път да се описва с линейна зависимост

$$(1) \quad h = a + bM,$$

където a и b са коефициенти, изчислени по метода на най-малките квадрати след обработка на достатъчен брой данни (от наблюдения и измервания) за получаване на достоверни статистически оценки, M е интензивността на движението в tkm , на преминали превозни средства за единица време през един километър рудничен път, а h е изхабяването (износването) на пътната настилка.

Графичната интерпретация на (1) е права линия, а технологичната – че с течение на времето, пътят ще е износен (деформиран) до степен на неизползваемост, ако не се извършва постоянно работа по текущото му поддържане и периодичен ремонт за възстановяване.

Ако са известни коефициентите a и b , а стойността на M се намери чрез замервания, с помощта на (1) може да се изчисли износването h .

Дискутираните по-горе идеи са доразвити в практически аспект в трудовете [2], [3], [4] и [5].

3. Възможни апроксимиращи функции

Първа стъпка

В САЩ от 2000 г. е в сила ново “Ръководство за проектиране на пътища в открити рудници” [6]. Разработено е по поръчка на Асоциацията на минните инженери в САЩ и браншовата им камера. Те априорно залагат две междуремонтни схеми:

$$(2) \quad K_{\text{капитален ремонт}} \Rightarrow TP_{\text{текущо поддържане}} \Rightarrow K_{\text{капитален ремонт}}$$

$$(3) \quad K_{\text{капитален ремонт}} \Rightarrow TP \Rightarrow C_{\text{среден ремонт}} \Rightarrow T.P \Rightarrow K_{\text{капитален ремонт}}$$

Ако се направи внимателен анализ на междуремонтните схеми (2) и (3) става ясно, че американската минна колегия е направила пренасяне на прилаганите принципни междуремонтни схеми за тежката минна механизация към рудничните пътища (обслужващи и технологични) с цел да се използват до край техните ресурси. Ясно е, че ако се следва логиката на такова пренасяне, междуремонтните схеми могат да се усложнят и евентуално – усъвършенстват. Например, чрез вкарването в схемите на междинни ремонти, допълнителни средни ремонти и т.н.

Предлаганите в [6] схеми са с ограничена сфера на приложение:

- междуремонтната схема (2) се препоръчва само за обслужващи пътища и пътища с технологичен автотранспорт с брутотонаж под 25 t;
- схемата (3) - само за технологични трасета с технологичен автотранспорт с бруто тонаж над 25 t и с голяма интензивност на движението.

Това не означава, че при конкретните условия на други минни обекти те не биха могли да се усложнят.

Ако се възприеме тази логика, то както износените машинни части на тежката минна механизация се заменят и ремонтират за сметка на натрупваните амортизационни фондове, то така би следвало и за рудничните пътища да се прилагат отчисления, които да са оразмерени с проектния срок на тяхната експлоатация. Информация, дали това е така в американската минна практика липства.

Анализът, направен в [6] показва, че в зависимост от конкретните геоложки условия (якостните характеристики на вместващите скали и почви) и технологични условия (брутното тегло на самосвалите, интензивност на движението и др.), междуремонтната схема (3) може да се усъвършенства по описаната по-горе аналогия с тежката минна механизация. Освен това, американският опит в скрита форма предполага изравняване на разходите за изграждане и капитален ремонт на рудничните автопътища – обслужващи и технологични. Това означава, че в практика на тяхната колегия се отделя действително полагаемото внимание на техническото състояние на рудничните автопътища от една страна, и от друга е постигнато значително опростяване на операциите по планиране на ремонтите. Ако се приложи този подход в изследвания от нас технологичен проблем, става възможно да се улесни и опрости математическата формализация на моделите, чрез които може да се търси минимизация на разходите за строителство, поддържане и ремонт на обслужващите пътища в рудника.

В рудниците на „Мини Марица изток“ ЕАД рудничните автопътища имат само обслужваща функция. При тях отсъства технологичната функция, която се състои в поемане на технологичния поток от откривка и/или полезни изкопаеми. Интензивността на движението не е висока – по експертна оценка от рудниците -

до 30 $бр/h$. Напрежението върху пътната настилка от преминаващите возила също не е с големи стойности: до $\sigma = 1,5 \cdot 10^5 P_a$.

Следователно логично е да се приеме и работи с междуремонтната схема (2).

Втора стъпка

В [6] не се засяга проблемът за разходите по текущото поддържане на рудничните автопътища. Принципната значимост на тези разходи е аргументирана с примера от [1], зависимост (1).

Ако по някакъв начин разходите за текущо поддържане станат известни, то приетата в предишната стъпка междуремонтна схема дава винаги максимум на средногодишните разходи за изграждане, поддържане и ремонт на рудничните пътища, ако изменението на текущото поддържане е по функции, които гледани отгоре са изпъкнали, и минимум – ако тези функции, гледани отгоре са вдлъбнати. В такъв случай може да се разсъждава така:

- нека обслужващият път в нарушен или ненарушен масив се раздели на произволен брой неравни по дължина отсечки и нека през приблизително еднакви по продължителност времеви интервали (за да се постигне статистическа адекватност) се измерват обемите на остатъчните деформации. Така става възможно да се получи информация за отсъстващите от конструкцията на пътя обеми настилка (бетон, асфалт или трошен камък) за определени и приблизително равни времеви интервали;
- нека около всяка деформация по настилка на обслужващите пътища по контурите ѝ се опише правоъгълник и нека се приеме, че по правоъгълниците се изсичат стените вертикално до здраво. Така се получават толкова на брой стереометрични фигури - правоъгълни призми, колкото е броят на остатъчните деформации;
- сумите от обемите на тези призми дава обемът на настилка (бетон, асфалт или чакъл) който следва да се вложи (липсващи обеми) за поддържане на пътя в работно състояние между всеки две измервания;
- нека се остойността обемите настилка с отчитане цените на собствен или нает автотранспорт, товарачна техника (багер или челен товарач), средните транспортни разстояния, броя на човеко-мените за изпълнителите, заети в подготовка на трасето и полагане на транспортирания материал, както и машино-мените и човеко-мените за почистване на канавките и ревизии на водопропускащите съоръжения;
- ако интервалите, през които са извършвани измерванията, са приблизително равни (например месец), то няколко такива измервания и съответни остойностявания ще образуват статистически времеви ред от ежемесечните разходи за текущо поддържане за конкретния тип наблюдавана настилка, положена върху нарушен или ненарушен насипищен масив, изграден от различни литоложки разновидности.

Трета стъпка

Статистическите редове чрез подходяща компютърна програма или по метода на най-малките квадрати се апроксимират с прости математически функции, чиито графики са вдлъбнати, погледнати отгоре. Този подход е

известен в световната въгледобивна практика. Например Ш. Болгожин и др. [7] предлагат цял набор от такива функции и показват как се намират коефициентите пред аргументите по метода на най-малките квадрати. От набора апроксимиращи функции (4) следва да се използват само тези, които са вдлъбнати (гледани отгоре).

$$\begin{aligned}
 &\text{линейна функция } y = a_0 + a_1 t \\
 &\text{квадратна парабола } y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \\
 &\text{кубична парабола } y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 \\
 &\text{степенна функция } y = a_0 + a_1 t^{a_2} \\
 &\text{експоненциална функция от вида } y = a_0 \cdot a_1^t \\
 &\text{експоненциална функция от вида } y = a_0 \cdot e^t \\
 &\text{експоненциална функция от вида } y = a_0 \cdot e^{a_1 t} \\
 &\text{логаритмична функция от вида } y = a_0 + a_1 \lg t \\
 &\text{експоненциална функция от вида } y = e^{a_0 + a_1 t} \\
 &\text{експоненциална функция от вида } y = e^{a_0 + a_1 \lg t} \\
 &\text{експоненциална функция от вида } y = e^{a_0 + a_1 t + a_2 t^2} \\
 &\text{дробно – линейна функция от вида } y = \frac{1}{a_0 + a_1 t} \\
 &\text{дробно – линейна функция от вида } y = a_0 + \frac{a_1}{t} \\
 (4) \quad &\text{дробно – линейна функция от вида } y = a_0 + \frac{a_1}{t} + a_2 t \\
 &\text{дробно – линейна функция от вида } y = \frac{t}{a_0 + a_1 t} \\
 &\text{логистична функция от вида } y = \frac{a_0}{1 + a_1 e^{-a_2 t}} \\
 &\text{логистична функция от вида } y = \frac{-a_0}{1 + e^{a_1 + a_2 t}}
 \end{aligned}$$

По критерий най-малко отклонение от натурните стойности на апроксимираните статистически редове следва да се избере тази или тези функции, които с най-малка грешка описват конкретния статистически ред.

Четвърта стъпка

Предполага се, че се търси една или най-много две функции за отделните типове настилки, еднакви за еднаквите глини по стъпалата на рудниците и насипищата. Това означава да се оцени отклонението спрямо апроксимиращите функции, които най-добре описват промяната на разходите за текущо поддържане на конкретен наблюдаван път. Тава отклонение (грешката) не бива да надхвърля така наречената „инженерна грешка“, която в практиката на открития добив е приета 5 %.

В (4) е показан целия набор от функции, използван във въгледобивната практика на Русия. За третираният в този труд случай: търсене на локален екстремум -минимум, следва да се прилагат само тези функции от, които в

счетание с междурементната схема (2), погледнати от горе са вдлъбнати, монотонно растящи, гладки и диференцуеми поне два пъти в коя да е тяхна точка. Това означава отпадане на всички функции, чиято графика не е вдлъбната, гледана отгоре. По изключение би могла да се използва линейната функция, защото тя е диференцуема само един път, но би могла да се ползва като първа итерация на търсеното решение.

4. Заключение

Предложеният от нас алгоритъм дава възможност за разработване на конкретно приложими за практиката подходи за намиране на набор от функции, апроксимиращи с достатъчна точност изменението на експлоатационните разходи за поддържане на обслужващите пътища в условията на Източномаришките открити рудници. Това позволява дискретният процес за изменението на тези разходи да се замени с функционални зависимости, чрез които специалистите лесно и бързо да могат да минимизират средногодишните разходи за изграждане, поддържане и ремонт на обслужващите пътища в минните обекти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Трендафилов С. Строителство на открити рудници. Техника, София, 1976
- [2] Стоянов Д., А. Смилянков. Изследване на проблема за изменение на разходите за поддържане и ремонт на автомобилните пътища в откритите рудници. Годишник на МГУ „Св. Ив. Рилски”, т. XXXVII, София, 1991.
- [3] Смилянков А. Концептуален модел за оптимизиране ресурсите за изграждане, поддържане и ремонт на рудничните автомобилни пътища. Годишник на МГУ „Св. Ив. Рилски”, т. 40, св.2, София, 1994.
- [4] Смилянков А. Наръчник по проектиране, строителство, поддържане и ремонт на руднични пътища при открит добив. Изд. къща на МГУ „Св. Ив. Рилски”, София, 2001.
- [5] Смилянков А., В. Баликов. Строителство и ремонт на руднични пътища. Изд. къща на МГУ „Св. Ив. Рилски”, София, 2006.
- [6] Ръководство за проектиране на пътища в открити рудници. Skelly and Loy, ngeneering and Consultants, Harisberg, Pensilwanya, USA, 2000.
- [7] Боложин Ш., Б. Воробьев, Р. Каренов. Прогнозирование работы угольных предприятий. Изд. Наука, Казахская ССР, 1984.
- [8] Смилянков А. И колектив. Оптимизация с цел минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на сега прилаганите пътни настилки за обслужващите руднични пътища в ненарушен и нарушен масив за условията на рудниците при „Мини Марица изток” ЕАД”. Изследователска задача по договор 1928/2007 г. Между „Мини Марица изток” ЕАД и НИС при МГУ, Архив на „Мини Марица изток” ЕАД, 2008 г.
- [9] Договор 1928/2007 г. между „Мини Марица изток” ЕАД и НИС при МГУ: Оптимизация с цел минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на сега прилаганите пътни настилки за обслужващите руднични пътища в ненарушен и нарушен масив за условията на рудниците при „Мини Марица изток” ЕАД”. Архив на „Мини Марица изток” ЕАД, гр. Раднево, 2008 г.