

**ИКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛИ ЗА
МИНИМИЗИРАНЕ НА СРЕДНОГОДИШНИТЕ РАЗХОДИ
ЗА СТРОИТЕЛСТВО, ПОДДЪРЖАНЕ И РЕМОНТ
НА ОБСЛУЖВАЩИ ПЪТИЩА В УСЛОВИЯТА НА РУДНИЦИТЕ
НА „МИНИ МАРИЦА ИЗТОК” ЕАД**

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

Минно-геоложки университет “Св.Иван Рилски” – София
Студентски гард, София 1700, БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: модели, разходи, ремонт, руднични пътища

Резюме: Конструиран е икономико-математичен модел за минимизиране средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на обслужващите пътища в условията на рудниците на „Мини Марица изток” ЕАД.

1. Въведение

Въведените от американската колегия междуремонтни схеми [1] са удобни за конструиране на икономическо-математически модели, чрез които може да се постигне минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на обслужващите пътища. **Под средногодишни разходи** се разбира частното между интегралната сума за изграждане, поддържане и ремонт на даден път и срока за неговата служба. Вероятно възможността да се създадат такива модели, чрез които може да се организира не само минимизиране на средногодишните разходи, но и да се контролира планирането на ремонтите по ресурси и по време е в основата на тези междуремонтни схеми, заложи като изискване в Правилника за проектиране на открити рудници.

Нека се предположи, че по някаква методика, са намерени и избрани функциите, които най-добре апроксимират изменението на разходите за текущо поддържане на обслужващите пътища в рудниците, като в най-общ вид изразът им е $y = f(t)$. В случая t е текущото време за експлоатация на рудничния път и играе роля на аргумент. За да се приложат успешно в икономико-математически модели, тези избрани функции следва да са гладки, монотонно нарастващи и диференцируеми поне два пъти в коя да е точка и вдлъбнати, ако се гледа отгоре. За конструиране на моделите се въвеждат съответните предпоставки.

2. Предпоставки

Първо: Съвкупността от съвместно работещи обслужващи пътища и превозни средства се третира по идеята, развита от проф. Ст. Трендафилов в [6], като взаимно свързана механична система „возила-автопътища” в която неподвижната част пътища е постоянно атакувана на износване от подвижната ѝ част – возилата. Това е първото основание за използване на междуремонтната схема

$$K_{\text{капитален ремонт}} \Rightarrow ТП_{\text{текущо поддържане}} \Rightarrow K_{\text{капитален ремонт}}$$

като основа на икономико-математически модел.

Второ: Пред вид характера на функцията (гладка, монотонно нарастваща) с отдалечаване във времето от последния ремонт или изграждането на пътя, тези разходи ще нарастват, защото ще нараства обемът на остатъчните деформации.

Трето: Допуска се, че условно постоянните разходи са еднакви за всеки тип настилка и че след всеки ремонт започват с едни и същи стойности (за опесъчаване и почистване от сняг през зимата, за поддържане на канавки и ревизия на водопрускащите съоръжения през останалите сезони, за поливане при продължително засушаване, за амортизационните отчисления на прикрепената техника и др.).

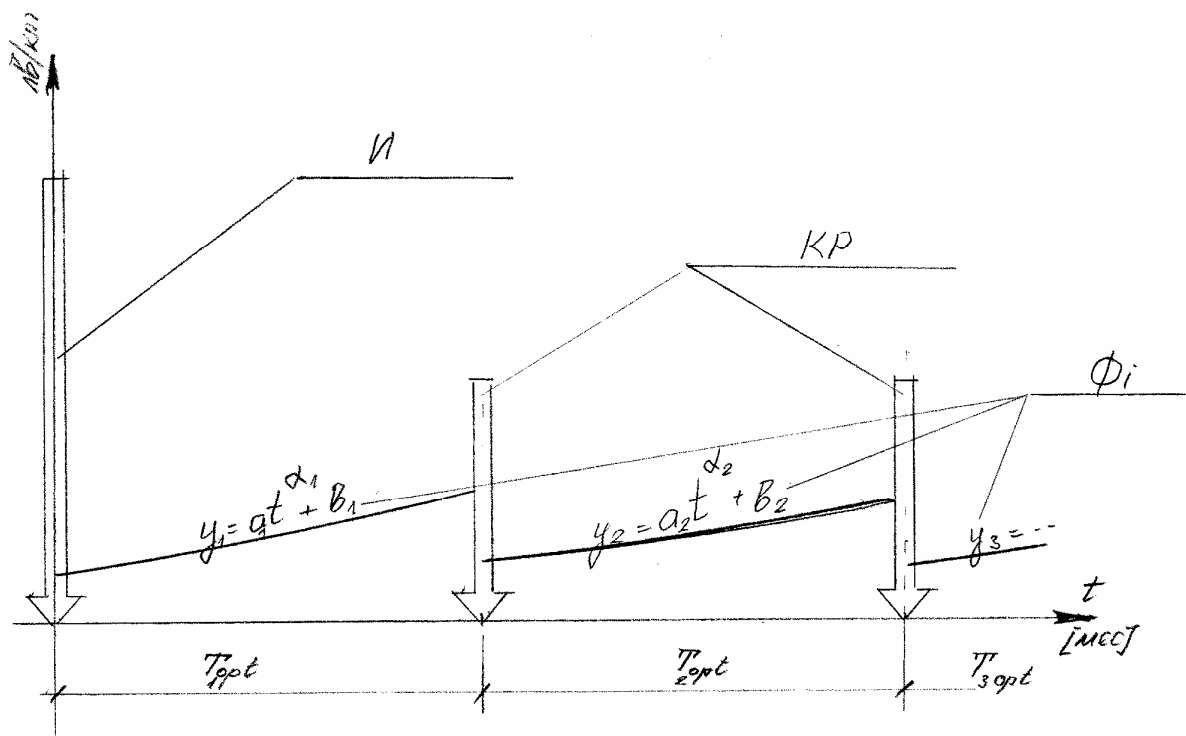
Четвърто: Приема се хипотезата на американската колегия, че разходите за изграждане и капитален ремонт са съпоставими и могат предварително да се определят с достатъчна точност.

В такъв случай може да се пристъпи към конструиране на икономико-математическия модел.

3. Конструиране на моделите

Логиката на конструирането на модела е представена на фиг. 1. На нея са изобразени в съответна координатна система:

- мащабно вложените средства за строителство на конкретен рудничен път A_0 (на фигурата са обозначени с **И** – инвестиции);
- средства за капитален ремонт A_1 (на фигурата са обозначени с **КР** – капитален ремонт);
- предполага се, че средствата за всеки следващ капитален ремонт $A_i, i = 1, 2, 3, \dots$ или KP_1, KP_2, KP_3, \dots са еднакви или приблизително еднакви;
- отрязъци от срока за експлоатация на рудничния път $T_i, i = 1, 2, \dots$ (на фигурата са изобразени като $T_{i, opt}, i = 1, 2, 3, \dots$);
- условно постоянните разходи a_0 (на фигурата са обозначени с b_i) за поддържане на пътя;
- изменението на разходите за поддържане като нарастваща функция $\Phi_i = y_i = f_i(t)$.



Фиг. 1. Графично изображение на икономико-математичния модел: И – инвестиции за изграждане на 1 км обслужващ път; КР – разходи за капитален ремонт на 1 км обслужващ път. Φ_i – функционални зависимости за изменение на разходите за текущо поддържане на 1 км обслужващ път. $T_i \text{ opt}$

Минимизирането на средногодишните разходи предполага съставяне на целева функция за тях. Целевата функция е по дефиницията на средногодишните разходи, дадена в началото. В такъв случай, следвайки дефиницията и логиката на фиг.1 целевата функция се конструира така:

$$(1) \quad \Omega(T) = \frac{A_0 + \int_0^T y(t) dt + A_1}{T},$$

където с Ω са обозначени средногодишните разходи; A_0 са средствата за изграждане на единица дължина от пътя (1 km); A_1 са средствата за предстоящия капитален ремонт лв/км; $y(t)$ е функцията, описваща изменението на разходите за текущо поддържане лв/км, T е предполагаемия срок на служба на обслужващия път.

Възможни са няколко случая:

първи случай

$A_0 \neq A_1$, като $A_0 > A_1$ или разходите за изграждане са по-големи от разходите за ремонт;

втори случай

$A_0 \approx A_1$ или разходите за ремонт са приблизително равни на тези за изграждане;

трети случай

$A_i \approx A_{i+1}$ или разходите на два последователни капитални ремонта са приблизителна еднакви;

четвърти случай

$A_i \neq A_{i+1}$ или разходите за два последователни капитални ремонта са различни.

Изхождайки от становищата на експертите за особеностите на текущата практика на рудниците в „Мини Марица изток” ЕАД по-нататък е работено с първи и трети възможни случаи.

4. Оптимизация чрез икономико-математичен модел

Така съставения модел предлага възможност за минимизиране на средногодишните разходи. За целта се прилага следния алгоритъм:

Първо: намира се решение на (1) в най-общ вид. Тъй като функцията за изменение на разходите за поддържане на пътя е под интеграл, такова решение може да се намери само при конкретно заместване с функция, покриваща изискванията, описани в т.1.

Второ: намира се първата производна и се нулира. Така става възможно да се намери онази продължителност на междуремонтния цикъл, при която средногодишните разходи добиват екстремум.

Трето: изследва се знака на втората производна на (1) за избраната конкретна подинтегрална функция $y(t)$. Ако той е положителен, екстремумът на целевата функция (1), т.е. за разходите, е винаги минимум.

По-долу е даден пример за използването на представения алгоритъм в общ вид. Използваната подинтегрална функция е степенна. Така се илюстрира, че функцията на средногодишните разходи притежава само един локален екстремум, и той е минимум.

5. Примерно решение за минимизиране на средногодишните разходи при оптимална продължителност на междуремонтния цикъл

Нека по някакви съображения е избрана степенната функция. Тя отговаря на изискването да е вдлъбната (гледано отгоре). Свободният ѝ член a_0 може да се интерпретира като условно постоянни разходи при текущото поддържане на обслужващите пътища, а чрез придаване на различни стойности на коефициентите a_1 и $a_2 \geq 1$ (намират се например по МНМК или се задават по експертни оценки) може да се зададе и опише всякаква възможна кривина на графиката.

В такъв случай целевата функция (1) на средногодишните разходи има вида:

$$(2) \quad \Omega = \frac{A_0 + \int_0^T (a_0 + a_1 t^{a_2}) dt + A_1}{T}, \text{ т.е.}$$

$$(3) \quad \Omega = a_0 + \frac{a_1}{a_2 + 1} T^{a_2} + \frac{A_0 + A_1}{T}$$

Намира се първата производна на (3) по T

$$(4) \quad \Omega'(T) = \frac{a_1}{a_2 + 1} a_2 T^{a_2-1} - \frac{A_0 + A_1}{T^2}.$$

и се приравнява на нула

$$(5) \quad \Omega'(T) = \frac{a_1}{a_2 + 1} a_2 T^{a_2-1} - \frac{A_0 + A_1}{T^2} = 0.$$

От (5) се намира

$$(6) \quad T^{a_2+1} = \frac{(A_0 + A_1)(a_2 + 1)}{a_1 a_2}.$$

Равенство (6) се логаритмува и се получава

$$(7) \quad (a_2 + 1) \ln T = \ln(A_0 + A_1) + \ln(a_2 + 1) - \ln a_1 - \ln a_2,$$

откъдето се намира точното решение за T в явен вид

$$(8) \quad T = e^{\frac{\ln(A_0 + A_1) + \ln(a_2 + 1) - \ln a_1 - \ln a_2}{a_2 + 1}}.$$

Уравнение (8) дава аналитичен израз за определяне на оптималната продължителност на цикъла между изграждане на обслужващия път и следващия капитален ремонт или между два последователни капитални ремонта.

Изследване за вида на екстремума

За целта се намира втората производна на целевата функция на средногодишните разходи и се изследва вида на нейния знак

$$(9) \quad \Omega''(T) = \frac{a_1 \cdot a_2}{a_2 + 1} (a_2 - 1) T^{a_2-2} + \frac{2(A_0 + A_1)}{T^3}.$$

Тъй като стойностите на A_0, A_1, a_1, a_2 и T са положителни реални числа и $a_2 \geq 1$, то знакът на втората производна е положителен. Следователно допусканият единствен екстремум на функцията по (1) е минимум.

6. Заключение

Показана е една възможност за съставяне на икономико-математичен модел, за намиране на оптимална продължителност на междуремонтен период, при който средногодишните разходи за изграждане, поддържане и ремонт на обслужващите пътища в откритите рудници са минимални.

ЛИТЕРАТУРА

[1.] Ръководство за проектиране на пътища в открити рудници. Skelly and Loy, Engineering and Consultants, Harrisberg, Pensilwanya, USA, 2000.

[2.] Смилянoв А., В. Баликов Строителство и ремонт на руднични пътища в открити рудници, Изд. къща на МГУ, София, 2006.

[3.] Смилянoв А. Наръчник по проектиране, строителство, поддържане и ремонт на руднични пътища при открития добив. Изд. къща на МГУ, София, 2001

[4.] И. Марков, А. Смилянoв, Г. Трапов, Д. Христанoв. Оптимизиране на средногодишните разходи за ремонт и поддържане на рудничните пътища чрез междуремонтни схеми, основани на полиномни функции. IV международна научна конференция SGEM 2004, 14-18 юни, Албена, 2004.

[5.] И. Марков, А. Смилянoв, Д. Христанoв, В. Баликов. Минимизиране на средногодишните разходи за ремонт и поддържане на рудничните пътища чрез прилагане на междуремонтни схеми. IV международна научна конференция SGEM 2004, 14-18 юни, Албена, 2004.

[6.] Трендафилов С. Строителство на открити рудници. Техника, София, 1976

[7.] Смилянoв 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.

[8.] Смилянoв А., Г. Трапов, И. Марков, Д. Христанoв. Решение на целеви функции за оптимизиране на средногодишните разходи за поддържане и ремонт на рудничните пътища, конструирани с експоненциални функции. IV международна научна конференция SGEM 2004, 14-18 юни, Албена, 2004.

[9.] Марков И., А. Смилянoв, Г. Трапов, Д. Христанoв. Целеви функции за оптимизиране на средногодишните разходи за поддържане и ремонт на рудничните пътища, конструирани с хиперболични функции. IV международна научна конференция SGEM 2004, 14-18 юни, Албена, 2004.

[10.] Смилянoв 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 „МиниМарица изток” ЕАД, 2008 г. *(р-л договор А. Смилянoв)*

[11.] Оптимизация с цел минимизиране на средногодишните разходи за строителство, поддържане и ремонт на сега прилаганите пътни настилки за обслужващите руднични пътища за условията на рудник „Трояново I”, Архив на „Мини Марица изток” ЕАД, гр. Раднево, 2008 г. *(р-л договор А. Смилянoв)*