

**ИЗМЕНЕНИЕ НА РАЗХОДИТЕ ЗА ТЕКУЩО ПОДДЪРЖАНЕ  
МЕЖДУ ДВА КАПИТАЛНИ РЕМОНТА НА ОБСЛУЖВАЩИТЕ  
ПЪТИЩА В УСЛОВИЯТА НА РУДНИЦИТЕ НА “МИНИ МАРИЦА  
ИЗТОК” ЕАД**

**Виолета Иванова, Иван Марков**  
[wivanova@abv.bg](mailto:wivanova@abv.bg)

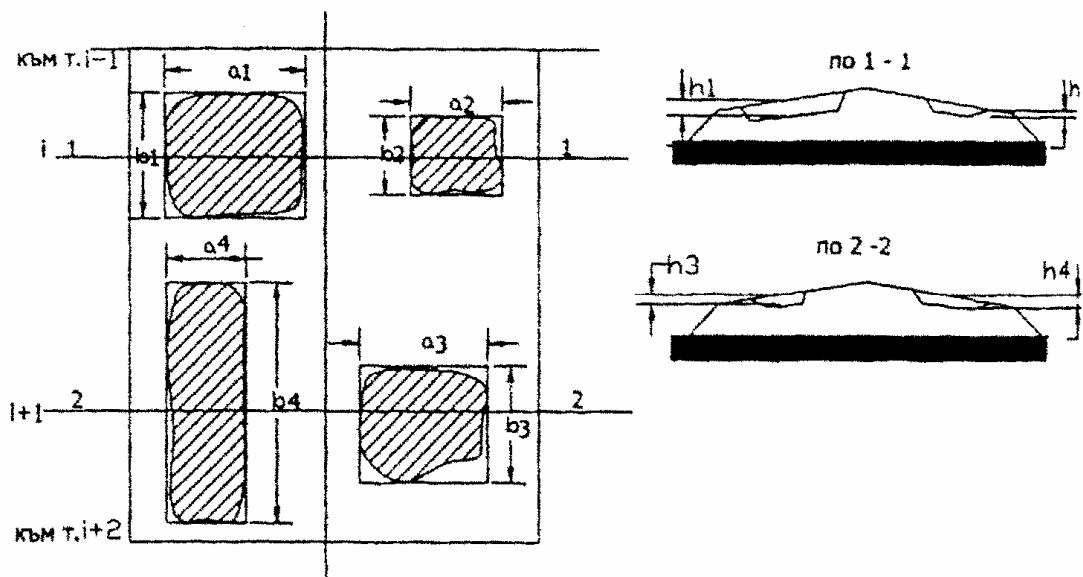
*Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски”, София 1700, Студентски  
град, България  
„Мини Марица изток,, ЕАД, гр. Раднево, България*

*Ключови думи: разходи, ремонти, руднични пътища, компютърни  
симулации*

*Резюме: Предложен е алгоритъм за установяване закономерностите при  
изменение на разходите за текущо поддържане на обслужващите пътища в  
условията на рудниците на “Мини Марица изток” ЕАД. Чрез компютърни  
симулации са получени редици от случайни числа, чрез които могат да се  
намерят апроксимиращи функции, описващи с достатъчна за практиката  
точност това изменение.*

## **1. Въведение**

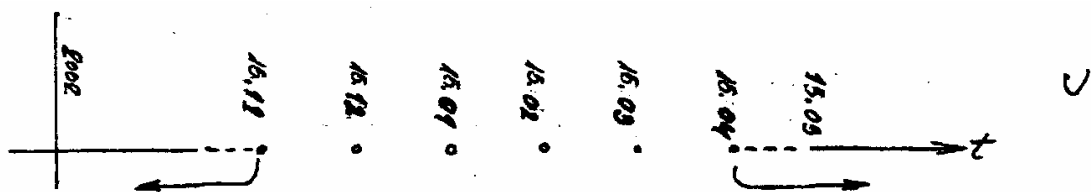
Изменението на разходите за текущо поддържане между два капитални ремонта на обслужващите пътища в условията на рудниците на “Мини Марица изток” ЕАД е изследвано чрез периодично измерване на остатъчните деформации, остойносттаването на липсващите обеми пътна настилка и чрез използване на генератор за псевдослучайни числа за имитиране изменението на разходите за текущо поддържане. Периодичното измерване на остатъчните деформации е извършвано и в трите рудника на “Мини Марица изток” ЕАД по логиката на фигура 1.



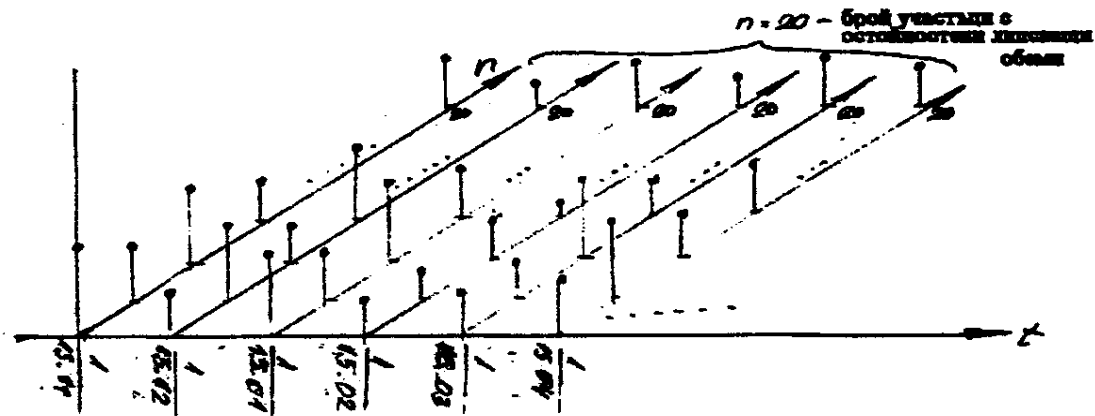
Фиг. 1. Илюстрация на процедурата по измерванията

Този подход дава възможност по дължината на проследяваната отсечка от обслужващия път да се измерят и изчислят липсващите обеми пътна настилка. Анализът на резултатите от извършените измервания показва, че пътните настилки с асфалтово покритие нямат бъдеще и за трите рудника, а тези с бетоново имат най-добро поведение, но са и най-скъпи. Най-масово присъствие имат пътищата с настилки от натрошени скални фракции, което е технологично и икономически оправдано.

Наблюдаваните участъци от обслужващите пътища с трошенокаменна настилка са селектирани според типовете глини в земната основа с отчитане на геотехническите им характеристики. В същото време участъците са разделени на произволни по дължина отсечки (гарантира стохастичност), които са реперирани по характерни признаци. По логиката на фигури 2 и 3, и с отчитане на типовете глини, са получени статистически времеви редове, чиято физическа същност са остойностените липсващи обеми от трошенокаменната настилка на обслужващите пътища.



Фиг. 2. Илюстрация за изменението на разходите за поддръжане на конкретен рудничен път ( $\Delta t_1 \approx \Delta t_2 \approx \Delta t_3 \approx \dots \Delta t_{n-1}$ )



Фиг.3. Илюстрация за получаването на статистически времеви редове за изследване изменението на разходите за поддържане на група обслужващи пътища, изградени в кой да е рудник върху глинни с еднакви или близки свойства и еднотипна чакълирана пътна настилка

## 2. Резултати от компютърните симулации

Компютърните симулации са извършени със софтуерни програмни продукти разработени от БАН. Чрез генератора за псевдослучайни числа са получени хронологични числови редици, които имитират изменението на разходите за текущо поддържане. Тези времеви редове от псевдослучайни числа са подложени на комплексна апроксимация по кривите посочени в (1), известни във въгледобивната практика от [1]. Апроксимацията също е извършена от специалисти от БАН. Останалите идеи за разработването на алгоритъма са взети от [2], [3], [4], и [5].

От апроксимиращите функции по (1) комплексно за всички типове глинни от надвъглищния комплекс и в трите рудника (ненарушен масив), и за насипищата (нарушен масив), най-добре стои степенната функция. При нея отклонението само в два случая надхвърля 10 %, като характерното е, че по-големите отклонения са при по-слабите глинни. Отчитайки, че това изследване е първо по своя характер, то може да се приеме, че получените резултати са с приемлива за практиката точност.

Резултатите от генератора за псевдослучайни числа са представени в таблица 1 за ненарушен масив и в таблица 2 – за нарушен масив.

|                                  |                                                         |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| линейна функция                  | $y = a_0 + a_1 \cdot t$                                 |
| квадратна параболола             | $y = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2$                 |
| кубична параболола               | $y = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3$ |
| степенна функция                 | $y = a_0 + a_1 \cdot t^{a_2}$                           |
| експоненциална функция от вида   | $y = a_0 \cdot a_1^t$                                   |
| експоненциална функция от вида   | $y = a_0 \cdot e^t$                                     |
| експоненциална функция от вида   | $y = a_0 \cdot e^{a_1 \cdot t}$                         |
| експоненциална функция от вида   | $y = e^{a_0 + a_1 \cdot t}$                             |
| 1 експоненциална функция от вида | $y = e^{a_0 + a_1 \cdot \lg t}$                         |
| експоненциална функция от вида   | $y = e^{a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2}$             |
| логаритмична функция от вида     | $y = a_0 + a_1 \cdot \lg t$                             |
| дробно – линейна функция от вида | $y = \frac{l}{a_0 + a_1 \cdot t}$                       |
| дробно – линейна функция от вида | $y = a_0 + \frac{a_1}{t}$                               |
| дробно – линейна функция от вида | $y = a_0 + \frac{a_1}{t} + a_2 \cdot t$                 |
| дробно – линейна функция от вида | $y = \frac{t}{a_0 + a_1 \cdot t}$                       |
| логистична функция от вида       | $y = \frac{a_0}{1 + a_1 \cdot e^{-a_2 \cdot t}}$        |
| логистична функция от вида       | $y = \frac{-a_0}{1 + e^{a_1 + a_2 \cdot t}}$            |

Таблица 1. Резултати от генератора на случайни числа за чакълени обслужващи пътища в трите рудника на „мини Марица изток“ ЕАД, прокарани върху различни глини в ненарушен масив

| №  | Рудник, хоризонт, вид глини, върху които е изграден чакълениания път         | Якост на срязване $\tau_{ср} \cdot 10^5 \text{Pa}$ | Брой удари с уреда на ДорНИИ | Генерирани случайни числа при модел С=И | Редуцирани случайни числа            | Генерирани случайни числа при модел С=К | Редуцирани случайни числа          |
|----|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|
| 1. | 1.1. Трояново I Ш и IV хоризонт Жълтокафяви пещчливи, сивозелени, напукани с | 0,42÷1,49                                          | 4,5÷7,9                      | 1880<br>2700<br>2996<br>4202<br>5596    | 1160<br>1980<br>2996<br>4202<br>5596 | 1284<br>1666<br>2135<br>2685<br>3310    | 564<br>946<br>1415<br>1965<br>2590 |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |         |                                      |                                     |                                      |                                   |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
|    | твърди<br>включения;<br>1.2. Трояново<br>север<br>IV хоризонт;<br>Кафяви;<br>1.3. Трояново 3<br>110, 122 и 170<br>хоризонт<br>Черни с<br>органични<br>включения, сини<br>пластични                                                                                         |           |         |                                      |                                     |                                      |                                   |
| 2. | 2.1. Трояново 1<br>II и IV хоризонт<br>Синьозелени;<br>синьозелени с<br>твърди<br>включения;<br>жълтозелени<br>2.2. Трояново<br>север<br>II, III и IV<br>хоризонт<br>Синьозелени,<br>кафяви<br>2.3. Трояново 3<br>148 хоризонт<br>Сиви с твърди<br>включения               | 1,50÷2,45 | 8,0÷9,5 | 1348<br>1861<br>2295<br>2909<br>4274 | 628<br>1141<br>1575<br>2189<br>3554 | 1073<br>1305<br>1587<br>1916<br>2645 | 353<br>585<br>867<br>1196<br>1925 |
| 3. | 3.1. Трояново 1<br>II и IV хоризонт<br>Синьозелени<br>3.2. Трояново 3<br>148 хоризонт<br>Сини, сини<br>карбонатизирани                                                                                                                                                     | 2,46÷2,70 | 9,6÷12  | 1083<br>1312<br>1584<br>1898<br>2342 | 363<br>592<br>864<br>1178<br>1622   | 937<br>1061<br>1210<br>1381<br>1748  | 217<br>341<br>490<br>661<br>1028  |
| 4. | 4.1. Трояново 1<br>II и III хоризонт;<br>Сиво- и<br>синьозелени,<br>Синьозелени с<br>твърди<br>включения<br>4.2. Трояново<br>север<br>IV хоризонт<br>Сиви и<br>синьозелени с<br>твърди<br>включения<br>4.3. Трояново 3<br>148 и 170<br>хоризонт<br>Сини<br>карбонатизирани | 2,71÷3,0  | 13÷20   | 883<br>973<br>1102<br>1239<br>1532   | 163<br>253<br>382<br>519<br>812     | 845<br>881<br>949<br>1025<br>1187    | 125<br>161<br>229<br>305<br>467   |

Таблица 2. Резултати от генератора на случайни числа за чакълирани обслужващи пътища в трите рудника на „Мини Марица изток“ ЕАД, прокарани върху различни глини в нарушен масив

| № | Рудник                                                                | Якост на срязване $\tau_{cp} \cdot 10^5 Pa$ | Съпротивление при пенетрация $P_m \cdot 10^5 Pa$ | Генерирани случайни числа при модел С=И | Редуцирани случайни числа | Генерирани случайни числа при модел С=К | Редуцирани случайни числа |
|---|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
| 1 | Трояново 1 – обслужващ път за ОСН (обединени северни насипища)        | 0,28÷1,05                                   | 0,62÷1,10                                        | 878                                     | 158                       | 794                                     | 74                        |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 957                                     | 237                       | 832                                     | 112                       |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 1044                                    | 324                       | 875                                     | 155                       |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 1138                                    | 418                       | 922                                     | 202                       |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 1329                                    | 609                       | 1018                                    | 298                       |
| 2 | Трояново север и Трояново 3 – обслужващи пътища във вътрешни насипища | 0,12÷0,40                                   | 0,41÷0,62                                        | 2015                                    | 1295                      | 1479                                    | 759                       |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 2878                                    | 2158                      | 1956                                    | 1236                      |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 3939                                    | 3219                      | 2516                                    | 1796                      |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 5135                                    | 4445                      | 3155                                    | 2435                      |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 7895                                    | 7195                      | 4541                                    | 3821                      |
| 3 | Трояново север и Трояново 3 – обслужващи пътища във външни насипища   | 0,12÷1,24                                   | 0,32÷2,22                                        | 1387                                    | 667                       | 1108                                    | 388                       |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 1780                                    | 1060                      | 2321                                    | 601                       |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 2230                                    | 1510                      | 1563                                    | 843                       |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 2754                                    | 2034                      | 1836                                    | 1116                      |
|   |                                                                       |                                             |                                                  | 3830                                    | 3110                      | 2395                                    | 1675                      |

Резултатите от компютърните апроксимации по функции (1) за ненарушен масив са показани в таблица 3, а за нарушен масив – в таблица 4.

Таблица 3. Резултати от компютърните апроксимации

| №  | Рудник, хоризонт, вид глини върху които е изграден чакълирания път                                                                                                                                                                   | Якост на срязване $\tau_{cp} \cdot 10^5 Pa$ | Брой удари с уреда на ДорНИИ | Апроксимиращи функции при модел С=И | Апроксимиращи функции при редуцирани случайни числа | Апроксимиращи функции при модел С=К | Апроксимиращи функции при редуцирани случайни числа |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. | 1.1. Трояново 1 III и IV хоризонт Жълтокафяви пясъчливи, сивозелени, напукани с твърди включения;<br>1.2. Трояново север IV хоризонт; Кафяви;<br>1.3. Трояново 3 110, 122 и 170 хоризонт Черни с органични включения, сини пластични | 0,42÷1,23                                   | 4,5÷7,2                      | $y = 150t^{1,86} + 720$             | $y = 150t^{1,86}$                                   | $y = 78t^{1,8} + 720$               | $y = 78t^{1,8}$                                     |
| 2. | 2.1. Трояново 1 II и IV хоризонт Синьозелени; синьозелени с твърди включения;                                                                                                                                                        | 1,50÷2,45                                   | 8,0÷9,5                      | $y = 87t^{1,8} + 720$               | $y = 87t^{1,8}$                                     | $y = 51t^{1,76} + 720$              | $y = 51t^{1,76}$                                    |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |        |                        |                  |                        |                  |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|------------------------|------------------|------------------------|------------------|
|    | <p>жълтозелени<br/>2.2. Трояново север<br/>II, III и IV<br/>хоризонт<br/>Синьозелени,<br/>кафяви<br/>2.3. Трояново 3<br/>148 хоризонт<br/>Сиви с твърди<br/>включения</p>                                                                                                                       |           |        |                        |                  |                        |                  |
| 3. | <p>3.1. Трояново 1<br/>II и IV хоризонт<br/>Синьозелени<br/>3.2. Трояново 3<br/>148 хоризонт<br/>Сини, сини<br/>карбонатизирани</p>                                                                                                                                                             | 2,46÷2,70 | 9,6÷12 | $y = 56t^{1,7} + 720$  | $y = 56t^{1,7}$  | $y = 35t^{1,64} + 720$ | $y = 35t^{1,64}$ |
| 4. | <p>4.1. Трояново 1<br/>II и III хоризонт;<br/>Сиво- и<br/>синьозелени,<br/>Синьозелени с<br/>твърди<br/>включения<br/>4.2. Трояново север<br/>IV хоризонт<br/>Сиви и<br/>синьозелени с<br/>твърди<br/>включения<br/>4.3. Трояново 3<br/>148 и 170<br/>хоризонт<br/>Сини<br/>карбонатизирани</p> | 2,71÷3,0  | 13÷20  | $y = 26t^{1,67} + 720$ | $y = 26t^{1,67}$ | $y = 18t^{1,58} + 720$ | $y = 18t^{1,58}$ |

Таблица 4. Резултати от компютърните апроксимации за изменение на разходите за текущо поддържане на обслужващите пътища в нарушен масив

| №  | Рудник                                                        | Якост на срязване $\tau_{cp} \cdot 10^5 \text{Pa}$ | Съпротивление при пенетрация $R_m \cdot 10^5 \text{Pa}$ | Апроксимиращи функции при модел С=И | Апроксимиращи функции при редуцирани случайни числа | Апроксимиращи функции при модел С=К | Апроксимиращи функции при редуцирани случайни числа |
|----|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. | Рудник 1 – обслужващ път за ОСН (обединени северни насипища)  | 0,28÷1,05                                          | 0,62÷1,10                                               | $y = 34t^{1,4} + 720$               | $y = 34t^{1,4}$                                     | $y = 15t^{1,45} + 720$              | $y = 15t^{1,45}$                                    |
| 2  | Рудник 2 и рудник 3 – обслужващи пътища във вътрешни насипища | 0,12÷0,40                                          | 0,41÷0,62                                               | $y = 183t^{1,78} + 720$             | $y = 183t^{1,78}$                                   | $y = 120t^{1,68} + 720$             | $y = 120t^{1,68}$                                   |
| 3  | Рудник 2 и рудник 3 – обслужващи пътища във външни насипища   | 0,12÷1,24                                          | 0,32÷2,22                                               | $y = 115t^{1,6} + 720$              | $y = 115t^{1,6}$                                    | $y = 73t^{1,52} + 720$              | $y = 73t^{1,52}$                                    |

### 3. Заключение

Разработен е алгоритъм за намиране на закономерностите, по които става изменението на разходите за текущо поддържане на обслужващите пътища с трошенокаменна настилка в условията на рудниците на “Мини Марица изток” ЕАД.

С достатъчна за практиката точност е избрано като най-добре апроксимираща степената функция

По-стръмно нарастващите апроксимиращи функции характеризират глини с по-слаби геотехнически показатели. Това косвено потвърждава верността на избраната и приложена методика, както и на получените резултати.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Боложин Ш., Б. Воробьев, Р. Каренов. Прогнозирование работы угольных предприятий. Изд. Наука, Казахская ССР, 1984.
2. Смилянов А. Наръчник по проектиране, строителство, поддържане и ремонт на руднични пътища при открит добив. Изд. къща на МГУ „Св. Ив. Рилски”, София, 2001.

3. Смилянoв А., В. Баликов. Строителство и ремонт на руднични пътища. Изд. къща на МГУ „Св. Ив. Рилски”, София, 2006.
4. 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 „Мини Марица изток” ЕАД, 2008 г.
5. 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 за условията на рудник „Трояново 1”, Архив на „Мини Марица изток” ЕАД, гр. Раднево, 2008 г.