

## ТЕХНИЧЕСКО СЪСТОЯНИЕ НА МЕСТИМИТЕ РЕЛСОВИ ПЪТИЩА И ТЯХНОТО ВЛИЯНИЕ ВЪРХУ ТЕХНОЛОГИЧНИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ СЪВМЕСТНА РАБОТА НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ ТРАНСПОРТ С ЕДНОКОФОВИ БАГЕРИ.

Атанас Смилян

Минно-геоложки университет  
“Св. Иван Рилски”  
София 1700, България

Паулин Златанов

Минно-геоложки университет  
“Св. Иван Рилски”  
София 1700, България

Филип Кузманов

### РЕЗЮМЕ

Чрез формирания апарат, прилаган в процесите и технологията на открития добив е изследвано влиянието на техническото състояние на местимите релсови пътища върху някои най-основни технологични параметри на минните работи при съвместна работа на железопътния транспорт с еднокотвени багери.

### ВЪВЕДЕНИЕ.

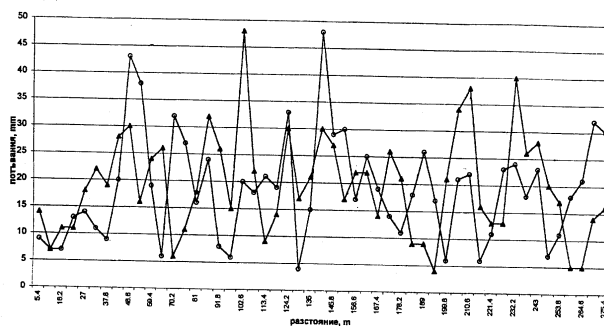
Техническото състояние на местимите релсови пътища се определя от фактическото отклонение на релсовите нишки от проектното им положение. Най-съществените фактори, които го определят са:

- видими и скрити пропадания във вертикалната равнина;
- видими и скрити деформации в хоризонталната равнина;
- усукване на пътя спрямо оста му.

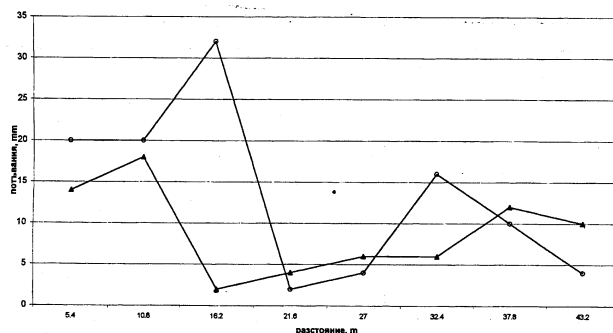
Присъствието им води до закалване на баластовото легло, разбиване на пътя в зоната на наставите (джойнтовите връзки), разхлабване и счупване на скрепителните връзки между релсите и траверсите, счупвания на скрепителните връзки между релсите и траверсите, счупвания на релси и др.

Илюстрация за първия тип дава фиг. 1, а за третия – фиг. 2.

Първата фигура е взета от разработката с ръководител проф. Д. Стоянов “Превантивен контрол и ремонтно-възстановителни работи на местимите релсови пътища в открития рудник “Трояново” към “Мини Марица изток” ЕАД” [1], а втората – от разработка със същия ръководител и с идентично наименование [2], но изследваща проблема в “Трояново север”.



Фигура 1. Графика на скритите потъвания на абзетцерен коловоз на вътрешни насищища в района на AS-1600, рудник “Трояново – 1”



Фигура 2. Графика на скритите потъвания на релсовите нишки в района на абзетцер AS-1600, No6.

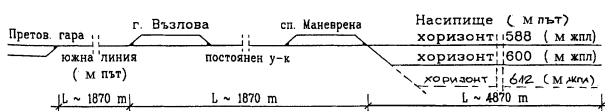
От друга страна фактичното техническо състояние на местимите релсови пътища резултира в допустимата скорост на влаковете по тях. Например аналогичен проблем е третиран в рудни “Кремиковци” от Ат. Смилянков в разработката “Експертна оценка на пътната и железопътната мрежа на рудник “Кремиковци” [3], която е причина за ограничение на скоростите на движение на влаковете в рамките на безопасните им стойности. Защото геометричните характеристики в план и профил на тези линии и тяговите характеристики на използваните локомотиви допускат скорост до 45km/h, но и разработката на Ат. Смилянков “Отраслови проблеми за преместване, поддържане и ремонт на местимите релсови пътища в рудник “Кремиковци” [4], скоростите на движение по тях препоръчва ограничаване както следва:

- в рудника – до 5 km/h по южна линия;
- в насипището и спецотвала:
  - до 12 km/h в посока “празно”;
  - до 8 km/h в посока “пълно”.

Точно в този смисъл техническото състояние на местимите релсови пътища оказва съществено влияние на основните параметри на работа на рудника, показано по-долу.

### ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНИЧЕСКОТО СЪСТОЯНИЕ ВЪРХУ ОСНОВНИТЕ ТЕХНОЛОГИЧНИ ПАРАМЕТРИ.

За схема, илюстрираща изложените по-долу разсъждения е взета жп схемата на рудник “Кремиковци”, като идеализирано е разсъждавано само върху маршрутите рудник – насипищни хоризонти – фиг. 3.



Фигура 3. Принципна транспортна схема при извоз на откривка в рудник “Кремиковци”

Следва да се подчертае, че направените разсъждения и изводи се отнасят и за другите маршрути, включващи местими релсови пътища в специализираното депо с коловози за баритна и желязна руда.

Схемата на фиг. 3 е подчинена на идеята за минимален престой на багера в претоварна гара, т.е. предполага се, че рудникът е максимално натоварен, работи с проектната си мощност. Това предполага, че възможностите на илюстративната транспортна схема следва да се използват 100%.

Това изисква минимален престой на багера за да се гарантира изпълнението на производствените обеми. В такъв случай, ако се допусне, че багерът работи само на откривка, броят на възможните влакове, обслужени от багера за единица време е функция на времето за движение

в двете посоки и времето за товарене и очакване на следващата композиция. Изразява се чрез (1).

$$N_{\text{баг}} = \frac{t_{\text{к}}}{t_{\text{тов}} + t_{\text{о}}}, \quad (1)$$

където:

$N_{\text{баг}}$  – броя влакове, работещи по един и същ маршрут, които един багер е в състояние да обслужва по време на смяната;  $t_{\text{тов}}$  – времето за товарене на вака. Зависи от броя и обема на вагоните и действителната техническа производителност на багера. За опростяване на изчисленията по долу се приема, че с достатъчна точност е в сила изразът (2)

$$t_{\text{тов}} = \frac{n_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}}}{Q_{\text{тех}}}, \text{ s} \quad (2)$$

където:

$n_{\text{в}}$  – броят на вагоните в даден влак. Зависи от геометричните характеристики в план и профил ( $R_{\text{min}}$  [m],  $i_{\text{max}}$  [%]) на местимите релсови пътища в рудника и тяговите характеристики на електролокомотивите.

$V_{\text{в}}$  – обемът пътна маса (в случая откривка) в един вагон;

$Q_{\text{тех}}$  – техническа производителност на багера.

Произведението  $n_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}}$  всъщност представлява полезният товар, превозван от вака. Той зависи още от максималният наклон на надлъжния профил на местимите и постоянните релсови пътища, радиусите на кривите и допълнителното им влияние върху максималната стойност на наклона в конкретния участък.

Ползваните в рудника локомотиви са EL-2 тип “Во – Во”. Извършените тягови изчисления (по метода Липецк МПС, представен в [5] по редуцирания надлъжен профил (с отчитане допълнителното влияние на съпротивление от кривите) в [3] показва стойности на времето за движение по южна линия в рудника – табл. 1.

Таблица 1. Резултати от тягови изчисления по [3].

При редуцията на стойностите на наклоните влиянието на радиусите на кривите по тази отсечка е отчетено по формула (3) по [5].

$$W_r = \frac{\sum_{\text{ш}} 200}{\text{ш}} + 1,5 \cdot \frac{\sum_{\text{ш}} l_k}{l_{\text{вп}}}, \% \quad (3)$$

където:  
 $W_r$  – съпротивлението от кривата в ‰;  
 $R$  – радиус на кривата в m;  
 $t$  – абсолютна величина на непогасеното центробежно ускорение в  $m/s^2$ , определено по формула (4).

$$t = \frac{\sum_{\text{ш}} V^2}{13 \cdot R} - \frac{h \cdot \sum_{\text{ш}} G}{S \cdot \sum_{\text{ш}}}, m/s^2 \quad (4)$$

където:  
 $V$  – скоростта на влака  $m/s$ ;  
 $h$  – надвишение на релсовия път в кривата mm;  
 $S = 1500$  mm – осовото междуруелсие;  
 $G = 9,81$   $m/s^2$  – земното ускорение;  
 $l_k$  – m, дължината на кривата;  
 $l_{\text{вп}}$  – m, дължината на влака.

Ползваните в рудника вагони са тип думпкари, български и руски, с обем  $40 m^3$ , четириосни.

По обемното тегло на откривката, обема на вагона и тарата му е пресметнато общото тегло на вагоните във влака. Основното съпротивление при движението на влака е отчетено съответно:

- за вагоните – по формула (5) – по [5].

$$W_o'' = \frac{V + 65}{12 + 0,55q} \quad (5)$$

където:  
 $W_o''$  – основно съпротивление на движението за четириосни вагони;  
 $V$  – скорост на влака  $km/h$ ;  
 $q$  – брутно тегло на вагона в t;

- за електролокомотиви при тягов и безтягов режим на движение съответно по формули (6) и (7) по [5].

$$W_o' = 1,9 + 0,01 \cdot V + 0,0003 \cdot V^2 \quad (6)$$

$$W_{ог}' = 2,4 + 0,11 \cdot V + 0,00035 \cdot V^2 \quad (7)$$

където:  
 $V$  – скорост на движение в  $km/h$ .

В останалите два участъка по схемата на фиг. 3 максималните наклони са в зоните на подходите към стъпалата на насипището и с влиянието на криволинейните участъци не надхвърлят 9%. Поради това в тях ограниченията на скоростта са само по геометрията и се отчитат по формула (8)

$$V = c \sqrt{R}, km/h \quad (8)$$

където:  
 $R$  – m радиус на кривите;  
 $c$  – константа. Зависи от ширината на междуруелсието и големината на надвишението на външната релсова нишка.  
 За стойности от 150 до 200 метра се препоръчва стойност на  $c=3,4$  – по Ст. Трндафилов в “Строителство на открити рудници” [6].

Максималната достижима скорост в тези участъци без да се отчита тяхното техническо състояние е в порядъка на 45  $km/h$  (по геометрични характеристики на плана и профила и по тягови характеристики на прилаганите локомотиви). Допустимата максимална скорост на влаковете в рудника е лимитирана с вътрешни заповеди, обосновани със [4].

$t_0$  – (по формула (1)) е времето за очакване на влака от багера. Транспортната схема при претоварна гара в рудника позволява това време да се сведе до минимум, т.е. до времето за маневри за пропускане на чакащия празен влак след напускане на вече натоварената композиция.

$t_k$  – (по формула (1)) е времето за извършване на пълен курс и се определя по (9)

$$t_{km} = t_{\text{мл}} + t_{\text{пост.п.}} + t_{\text{п.п.}} + t_{\text{мл.п.}} + t_{\text{др.з.}} \cdot h \quad (9)$$

където:  
 $t_T$  – времето за натоварване по (2)  
 $t_{\text{мл}}$  – времето за движение на влака по местимите пътища от конкретния маршрут и се определя по формула (10)

$$t_{\text{мл}} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n l_{\text{имн}}}{V_{\text{имн}}}, h \quad (10)$$

където:  
 числителят изразява сумарната дължина на всички отсечки, по които влакът се движи върху местими релсови пътища в двете посоки по конкретния маршрут;  
 $V_{\text{имн}}$  – скоростта на влака по местимите пътища в  $km/h$  и е по [4];  
 $t_{\text{пост.п.}}$  – времето за движение на влака по постоянните релсови пътища от същия маршрут и се определя по (11)

$$t_{\text{пост.п.}} = \sum_{j=1}^m \frac{l_j}{V_j} + \frac{l_j}{V_{\text{пр}}} + 0,0025 \cdot \frac{\sum_{\text{ш}}}{\text{ш}}, h \quad (11)$$

където:  
 $\sum l_j$  – сумарната дължина на отсечките с постоянни релсови пътища за конкретния маршрут;  
 $V_n$  –  $km/h$  скоростта на пълния влак;  
 $V_{\text{пр}}$  –  $km/h$  скоростта на празния влак;  
 $t_p$  – времето за разтоварване на композицията. Зависи от мощността и изправността на компресорите в локомотивите, изправността и мощността на въздухопреносната система и пневматичните разтоварни системи на вагоните. При влак

с постоянен брой вагони и локомотиви това време е относително постоянна величина;

$t_{\text{тех.п}}$  - зависи от маршрута, коловозното развитие, инсталациите за отваряне и затваряне на жп стрелките, вида на коловозните транспортни схеми. При конкретния случай е също относително постоянна величина  $t_{\text{др.з}}$  - времето за други задръжки от всякакво естество. Най-голяма относителна тежест имат времето за отстраняване на отказите по някои от подсистемите на жп транспорта: релсовия път, возилата и т.н. Възможностите му за свеждане до минимум са в добре оразмерените дейности по плановопредупредителните ремонти за возилата и поддържането на местимите и постоянните релсови пътища в добро техническо състояние.

Лесно се съобразява, че за конкретния маршрут по примера от фиг. 3 местимите пътища имат най-съществен относителен дял в алгебричната сума за  $t_k$ . Видно е, че самото време за движение е с обратнопропорционална зависимост от скоростта, ограничавана със заповеди по [4].

Ясно е, че ако се приложат целесъобразни инженерни мероприятия, които да противодействат ефективно и сигурно на интензивността на натрупване на остатъчни деформации, техническото състояние ще се подобри значително. Това би позволило в знаменателя на (10) действащите по [4] скорости да се заменят с по-високи. При постигане на увеличение от посочените (5), (8) 12 km/h на 15 km/h, поради големия относителен дял на времето за движение по местимите участъци, съществено се увеличава броят на курсовете, които един влак извършва при обслужването на един и същи багер.

Така се осъществява верижно влияние върху редица важни технологични параметри. Например:

- Броят на курсовете, които прави един влак:

$$r\bar{Q}_p = \frac{T_{cm} - t_{\text{регл}}}{t_k}, \quad (12)$$

където:

$T_{cm}$  – продължителност на смяната в h;  
 $t_{\text{регл}}$  – регламентирано време за прегледи и ревизия на вагоните и локомотивите преди и по време на смяната;  
 $t_k$  – времето за пълен курс на влака.

- Производителност на влака:

$$Q_{\text{вл.(см)}} = r \cdot n_g \cdot V_g \quad (13)$$

- Производителност на вагона:

$$Q_{\text{в.(см)}} = \frac{Q_{\text{вл.(см)}}}{n_g} \quad (14)$$

По същия начин може да се покаже същественото влияние на местимите релсови пътища върху следните технологични параметри:

- Общ брой на курсове в смяна:

$$R = \frac{f \cdot W}{n_g \cdot V_g} \quad (15)$$

където:

$W$  – сменния товарооборот на извозваната откривка по примера;

$f = 1,2 - 1,25$  – препоръчителен коефициент на резерв с цел гаранция на сменния товарооборот.

- Общ брой на влаковете в рудника:

$$N_{\bar{Q}_p} = \frac{R}{r}, \quad (16)$$

- Общ брой на вагоните в рудника:

$$N_g = N_{\text{вл.}} \cdot n_{\bar{Q}_p} \quad (17)$$

Определянето на инвентарния брой на вагоните и локомотивите се извършва по известните формули, прилагани в процесите при открития добив и зависи от възприетата организация на работа в открития рудник, утвърдената система на планово предупредителни ремонти, квалификацията на машинистите, ревизорите и ремонтния персонал, състоянието на техниката и пр.

На второ място, обвързано с технологията на минните работи, местимите релсови пътища влияят върху графика на движението на влаковете и от там върху пропускателната и превозна способност на рудничната железопътна мрежа. В откритите рудници се прилагат различни графици. Основните са паралелен и пакетен. В различните маршрути на различните рудници се прилагат и двата типа.

Например при паралелен график, времето необходимо за пропускане на всеки чифт влакове през дадена отсечка (на примера на фиг. 3 или за конкретно междугарие) по единична линия е:

$$T = t_1 + t_2 + 2\tau, \min \quad (18)$$

където:

$T$  – период на графика на движение на влака;  
 $t_1$  и  $t_2$  – времето за придвижване на влака в посока “пълно” и съответно “празно”;  
 $\tau$  – времето за операции при пропускане на влака в двете направления.

В такъв случай при единична линия пропускателната способност е:

$$N_{\bar{Q}_p} = \frac{T - t_{\text{регл}}}{t_1 + t_2 + 2\tau}, \quad (19)$$

където:

$N$  – пропускателна способност на участъка;

$T$  – продължителност на смяната;

$t_{\text{регл}}$  – регламентиран престой. За денонощие те са около 180 min.

Отнесено към отсекките с местими жп линии от (19) е видно същественото значение на времето за движение на влаковете по тях. То зависи от скоростта им, а тя – от техническото им състояние.

Така се влияе върху превозната способност "М" на отделните отсеки и комбинирани от тях маршрути, преминаващи през капиталната траншея.

$$M = \frac{N}{f} \cdot n_e \cdot q_m \quad (20)$$

където:  
f – коефициент на резерв;  
q<sub>м</sub> – полезен товар на влака;

За да се увеличи превозната способност на кой да е маршрут са възможни следните подходи:

- увеличаване скоростта на движение на влаковете. В частта, зависеща от местимите релсови пътища това е достижимо само при реализация на такива инженерни мероприятия, които биха повишили съществено тяхната устойчивост;
- увеличаване теглото на влака. Достижимо е (в частта, зависеща от местимите релсови пътища) при реализация на мероприятия, повишаващи устойчивостта на линиите, т.е. - горния случай или при увеличаване броя на локомотивите (сдвоена тяга) и прилагане на мотор-вагонни секции;
- усъвършенстване на средствата за придвижване, отваряне и затваряне на жп стрелките за образуване на конкретните маршрути. Намира приложение при нашите условия, но всяко по-нататъшно усъвършенстване на тези системи е скъпо и се обезсмисля ако преди това не са реализирани мероприятия за повишаване устойчивостта на местимите релсови пътища.

Показаната до тук методика за изясняване влиянието на местимите релсови пътища върху технологичните параметри е основана на систематизирания в технологичните дисциплини (по технология на открития добив) формулен апарат – [7], [8] и др. За примера по фиг. 3 не е проблем да се покаже с цифри по разработената методика влиянието на скоростта на влаковете по местимите жп линии върху изброените технологични параметри. Например, ако техническото състояние на местимите релсови пътища се подобри и позволи увеличаване на скоростта на движение на 15 km/h, то времето за един курс намалява с 40 %, броят на курсовете се увеличава с 50 % и т.н.

Ако техническата производителност на багера се приравни с тази от формула (2) се получава (21):

$$QK_{техн} = \frac{n_e \cdot VK_{эл}}{t_{тов}} = \frac{3600 \cdot E}{t_{техн.ц}} \cdot \frac{n}{p} \cdot \eta^3 / \psi \quad (21)$$

където:  
E – обем на кофата на багера;

$$t_{техн.ц} = t_k + t_{пов} + 2t_3 + t_p + t_{др.з}$$

t<sub>к</sub> – време за копаене (напълване на кофата на багера);  
t<sub>3</sub> – време за завъртане на багера от мястото на копаене до мястото на разтоварване на вагона;  
t<sub>р</sub> – време за разтоварване;  
t<sub>пов</sub> – време за спускане и повдигане на кофата;  
t<sub>др.з</sub> – време за други задръжки;  
K<sub>н</sub> – коефициент на напълване на кофата. Може да бъде по-голям или по-малък от единица.  
K<sub>3</sub> < 1 – коефициент, отразяващ трудността на забоя;  
K<sub>р</sub> > 1 – коефициент на разбухване на дадената почва (скала) от масива.

Замествайки стойността на t<sub>тов</sub> от (21) с тази от (1) се получава технологичната обвързка между скоростта на влаковете по местимите линии, изразена чрез времето за движение по тях и производителността на багера – (22)

$$\frac{n_e \cdot N_e \cdot VK_{эл}}{t_k - N_{ел} \cdot t_o} = \frac{3600 \cdot E}{t_{техн.ц}} \cdot \frac{n}{p} \cdot \eta^3 / h_{\psi} \quad (22)$$

Връзката със сменната и годишната производителност е по известните от [7], [8] и др. зависимости и може да се покаже влиянието на състоянието, и от там – на самите местими релсови пътища върху такива съществени технологични параметри като скоростта на напредване на работния фронт в конкретния рудник и т.н.

## ИЗВОДИ

### Първо:

Показана е връзката между техническото състояние на местимите релсови пътища и основните технологични параметри на транспортния процес при съвместна работа на еднокерови багери и железопътен транспорт (формули от (2) до (20)) с еднопътни линии.

### Второ:

Показана е количествената зависимост между техническото състояние на местимите релсови пътища и основните технологични параметри при открити минни изработки на примера на производителността на багера при съвместна работа на еднокерови багери и жп транспорт (формули (21) и (22)) при еднопътни линии.

## ЛИТЕРАТУРА:

Стоянов Д. и др., 1998. Превантивен контрол и ремонтно-възстановителни работи на местимите релсови пътища в открития рудник "Трояново" към "Мини Марица изток" ЕАД. – Договор 1633/1998 при НИС на МГУ. Архив на НИС при МГУ.

- Стойанов Д., и др., 2000. Превантивен контрол и ремонтно-възстановителни работи по местимите релсови пътища в открития рудник "Трояново север" към "Мини Марица изток" ЕАД. – Договор 1683/2000 при НИС на МГУ. Архив на НИС при МГУ.
- Смилянков А., и др., 1997. Експертна оценка на пътната и железопътната мрежа на рудник "Кремиковци". Договор 1599/1997 при НИС на МГУ. Архив на НИС при МГУ.
- Смилянков А., и др., 1998. Отраслови нормали за преместване, поддържане и ремонт на местимите релсови пътища в рудник "Кремиковци". Договор 1201/1998 при НИС на МГУ. Архив на НИС при МГУ.
- Смилянков А., и др., 2001. Наръчник по проектиране, строителство, поддържане и ремонт на руднични пътища при открит добив. – София, МГУ.
- Трендафилов С., 1976. Строителство на открити рудници. – София, Техника.
- Любенов П. и др., 1970. Разкриване и системи на открито разработване. – София, Техника.
- Трендафилов С. и др., 1987. Открит добив на полезни изкопаеми. – София, Техника.

*Препоръчана за публикуване от катедра  
"Открито разработване на полезни изкопаеми  
и взривни работи" на МТФ*

# TECHNICAL CONDITION OF MOVABLE RAILROADS AND EFFECT ON TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF COMBINED OPERATION OF RAILROAD HAULAGE AND SINGLE-BUCKET EXCAVATORS

**Atanas Smilianov**

University of Mining and Geology  
 "St. Ivan Rilski"  
 Sofia 1700, Bulgaria

**Paulin Zlatanov**

University of Mining and Geology  
 "St. Ivan Rilski"  
 Sofia 1700, Bulgaria

**Philip Kuzmanov**

## ABSTARCT

The effect of technological condition of movable railroads on some of the technological parameters of combined mining operation of railroad transport and single-bucket excavators is studied by means applied to the processes and technology of opencast mining.

## INTRODUCTION

Technical condition of movable railroads is determined by the real deviation of rails from their design positioned. The most important factors to determine deviation are as follows:

- visible and hidden settlements of the vertical plane;
- visible and hidden deformations in a horizontal plane;
- torsion of road round its axis.

The above factors bring to mudding of the gravel ballast bed, breaking of railroad in the zone of joint connections, loosening and breaking of joints between rails and sleepers, breaking of rails bringing to visible or invisible settlements.

The first type of deformations are shown in fig. 1, and the third type – in fig. 2.

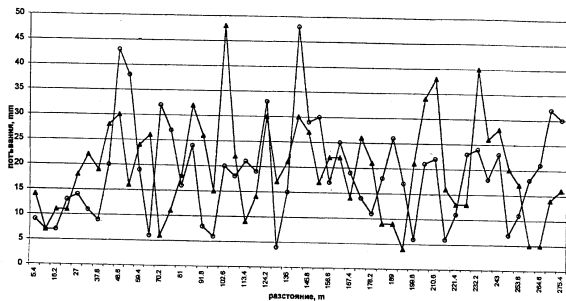


Figure 1. Response of invisible settlements of spreader railroad of inner dumping areas at the AS-1600, No 3, "Troyanovo – 1' mine

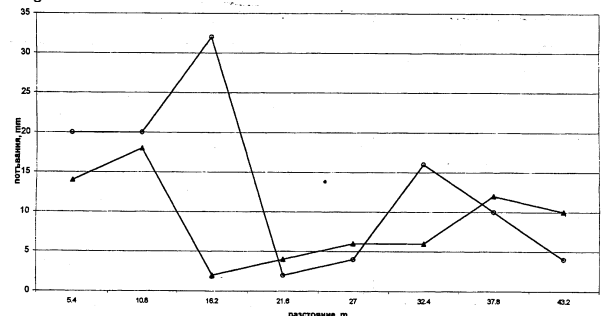


Figure 2. Response of invisible settlements of railroads at the area of spreader AS-1600, No 6, "Troyanovo north"

The first figure is shared by a project, managed by Prof. D. Stoyanov "Preventive control and repair and maintenance of movable railroads at the "Troyanovo" opencast mine of the "Maritza-East" EAD mines [1], and the second – by a project of the same author and identical title [2], but studying the same issues at the "Troyanovo-sever" mine. Measurements were carried out in October 1998.

On the other hand, the real technical condition of movable railroads results in the admissible speed of train cars on them. For example, similar issue is treated at the "Kremikovtsi" mine by Atanas Smilianov in the project entitled "Expert assessment of road and railroad network at the "Kremikovtsi" mine [3], which is the reason for limiting the speeds of motion within their safe speeds. However, geometrical characteristics in the plane and section and haulage characteristics of locomotives allow a speed up to 45km/h, however the project of Atanas Smilianov "Problems of the moving, maintenance and repair of movable railroads at the "Kremikovtsi" mine [4], recommends speeds of moving along them limited as follows:

- in the mine – not more than 5 km/h along the southern line;
- in the dumping area and the special dumping site:
  - not more than 12 km/h in direction "empty";
  - not more than 8 km/h in direction "full"

Considering the above mentioned, technical condition of movable railroads effects significantly on major operating parameters of the mines, shown below.

### EFFECT OF TECHNICAL CONDITION ON MAJOR TECHNOLOGICAL PARAMETERS

The concept consists in presenting the effect by formulas, applied in technology of opencast mining. This is implemented by showing the consecution and interrelation of commonly applied formulas, describing the movable railroads in a more or less evident type.

Below presented considerations are shown in the example of the scheme of railroad transport of the "Kremikovtsi" mine, and even more, to simplify the model, only mine – dumping area routes are treated – fig. 3.

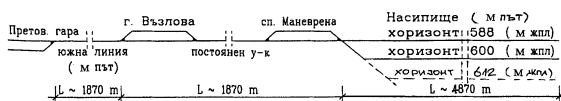


Figure 3. General haulage scheme for transportation away of overburden from the "Kremikovtsi" mine

It is worth mentioning that considerations and conclusions refer to other routes as well, including movable railroads in the specialized depot with different ways for barite ore and iron ore.

The scheme in fig. 3 is subordinated to the idea of minimum idle time of excavator at the re-loading station, i.e. the mine is supposed to work with its maximum design capacity. That suggests 100 % use of the capacities of the illustrated haulage scheme.

That requires a minimum idle time of the excavator to guarantee the performance of production capacities. In that case, if admitted that excavator works only for overburden, the number of trains, serving the excavator for a unit time is a function of time for moving of train in both directions and time for loading and unloading and expecting the next composition. It is shown by (1).

$$N_{вл} = \frac{t_k}{t_{мос} + t_o} \quad (1)$$

where:

$N_b$  – number of trains, operating in one and the same route, and served by one excavator during a shift;

$t_{тоб}$  – time for loading of train. It depends on number and volume of cars and actual technical productivity of excavator. The expression (2) is accepted as precise enough to simplify below the presented calculations

$$t_{мос} = \frac{n_b \cdot V_b}{Q_{техн}} \quad (2)$$

where:

$n_b$  – number of cars in a train. It depends on geometrical characteristics in layout and profile ( $R_{min}$  [m],  $i_{max}$  [%]) of movable railroads in the mine and haulage characteristics of electric locomotives.

$V_b$  – volume of mass (in that case overburden) in one car;

$Q_{техн}$  – technical productivity of excavator.

The product  $n_b \cdot V_b$  represents the useful load, transported by the train. It depends on the maximum slope of longitudinal sections of movable and constant railroads, radiuses of curve and additional effect on the maximum value of slope within the specific portion of the railroad.

The locomotives used at the mine are E type "Bo – Bo". The haulage calculations, carried out (by method of Lipetsk MPS, shown in [5] according to a reduced longitudinal section (reading the additional effect of resistance of curves) in [3] show values of time for moving on the southern line of the mine as follows – table 1.

Table 1. Results of haulage calculations, carried out by [3].

When values of slopes are reduced, the effect of radiuses of the curve within that portion of the railroad is read by the formula (3) according to [5].

$$W_r = \frac{\varepsilon \cdot 200}{3 \cdot R} + 1,5 \cdot \varepsilon \cdot \frac{L_k}{L_{вл}} \quad (3)$$

where:

$W_r$  – resistance from the curve in %;

$R$  – radius of the curve in m;

$\varepsilon$  – absolute value of non-compensated centrifugal acceleration in  $m/s^2$ , determined by formula (4).

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon \cdot V^2}{13 \cdot R} - \frac{h \cdot \varepsilon}{S \cdot \omega} \cdot g \quad (4)$$



where:

- V – speed of train m/s;
- h – exceed of railroad transport in the curve mm;
- S = 1500 mm – axial distance between rails;
- G = 9,81 m/s<sup>2</sup> – earth acceleration;
- l<sub>k</sub>, m – length of curve
- l<sub>bn</sub>, m – length of train.

The cars used at the mine are of dumpcar type, both Bulgarian and Russian manufacture, with a volume of 40 m<sup>3</sup>, four axes.

Bulk weight of overburden, volume of car and own weight of car are used for calculating the total weight of cars of the train. The principal resistance of train is read as follows:

for cars – by formula (5) – according to [5].

$$W_o'' = \frac{V + 65}{12 + 0,55q} \quad (5)$$

where:

- W<sub>o</sub>'' – principal resistance of motion of the four cars;
- V – speed of train km/h;
- q – gross weight of car in t;

for locomotives in haulage and non-haulage mode of operation, respectively by formulas (6) and (7), according to [5].

$$W_o' = 1,9 + 0,01V + 0,0003V^2 \quad (6)$$

$$W_{oe}' = 2,4 + 0,11V + 0,00035V^2 \quad (7)$$

where:

V – speed of moving in km/h.

In the other two portions of the railroad, according to the scheme in fig. 3, the maximum slopes are within the zones of roads towards benches of dumping area and combined to the effect of curved portions they do not exceed 9 %. For that reason speed is limited only by the geometry and is considered by the formula (8)

$$V = c\sqrt{R}, \text{ km/h} \quad (8)$$

where:

- R, m – radius of curves;
- c – constant. It depends on width between rails and value of overheight of the outer rail.

A value of c=3,4 is recommended for values from 150 to 200 meters, according to S. Trendafilov in "Construction of opencast mines" [6].

The maximum achievable speed in those portions of the railroad, not reading their technical condition, is about 45 km/h (according to geometrical characteristics of the layout and section and haulage characteristics of locomotives applied). The

admissible maximum speed of trains in the mine is limited by industry orders, reasoned by [4].

t<sub>0</sub> – (according to formula (1)) is time for expecting the train by excavator. The transportation scheme for re-loading station allows reducing that time to the minimum, i. e. time for maneuvers for incoming of the empty train after out-going of the full one.

t<sub>k</sub> – (according to formula (1)) is the time for a complete route and it is determined by (9)

$$t_{km} = t_{ml} + t_{nocm} + t_p + t_{mexh} + t_{opz} \quad (9)$$

where:

t<sub>T</sub> – time for loading, according to (2)

t<sub>mn</sub> – time for movement of train along movable railroads of specific route and it is determined according to formula (10)

$$t_{mn} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n l_{imn}}{V_{imn}} \quad (10)$$

where:

the numerator shows the total length of all portions of the railroad, where the trains move along movable railroads in both directions of specific route;

V<sub>i(mn)</sub> – speed of train along the movable roads in km/h and according to [4]

t<sub>nocr.n</sub> – time for motion of train along the constant railroads of the same route and determined according to (11)

$$t_{nocr.n} = \sum_{j=1}^m \frac{l_j}{V_n} + \frac{l_j}{V_m} + 0,0025 \sum_{j=1}^m l_j, h \quad (11)$$

where:

∑ l<sub>j</sub> – total length of portions of constant railroad for a specific route;

V<sub>n</sub>, km/h – speed of full train;

V<sub>np</sub>, km/h – speed of empty train.

t<sub>p</sub> – time for unloading the train. It depends on power and faultless work of compressors in locomotives, faultless work and power of air-conductive system and pneumatic unloading systems of cars. In the case of a train of constant number of cars and locomotives that time is a rather constant value;

t<sub>тех.п</sub> – depends on the route, railroad track development, installations for opening and closing of railroad switching arrows, type of track transportation schemes. For the specific case it also is a rather constant value.

t<sub>доп.п</sub> – time for other retains of any kind. The highest is the weight of time for repairing faults of some of the sub-systems of railroad transport: railroad itself, vehicle etc. Options for reducing that time to the minimum are consist in well-dimensioned activities of scheduled repair of vehicles and maintenance of movable and constant roads in a good working condition.

It is evident that for the specific route from the example in fig. 3 the movable railroads have the most significant relative share in the algebraic total for t<sub>k</sub>. It is evident that time for movement itself reverse proportional to speed, limited by the order, according to [4].

It is evident that if recommendable engineering activities are suggested that may effectively and reliably counteract to to intensity of accumulation of residual deformations the technical condition will be significantly improved. That will allow speed acting according to [4] to be changed with higher ones in the denominator of (10). When an increase of the above speeds of 5/8/12 km/h to only 15 km/h, due to the high relative share of time for moving along the moveable portions of the railroad, number of routes by one and the same train for serving one and the excavator, is significantly increased.

Thus a consecutive effect on a number of important technological parameters occurs. For example:

- Number of routes, done by one train;

$$r\bar{op} = \frac{T_{cm} - t_{pezz}}{t_k}, \quad (12)$$

where:

$T_{cm}$  – duration of shift in hours h;

$t_{pern}$  – regulated time for review and revision of cars and locomotives before and after the shift;

$t_k$  – time for total route of train.

- Productivity of train:

$$Q_{av.(cm)} = r \cdot n_g \cdot V_g \quad (13)$$

- Productivity of car:

$$Q_{g.(cm)} = \frac{Q_{av.(cm)}}{n_g} \quad (14)$$

The effect of movable railroads on the following technological parameters may be shown in the same way:

- Total number of routes for shift:

$$R = \frac{f \cdot W}{n_g \cdot V_g} \quad (15)$$

where:

W – shift loading of volume of transported overburden according to the example;

f = 1,2 – 1,25 – recommended coefficient of reserve aiming to guarantee the shift loading.

- Total number of trains in the mine:

$$N_{\bar{op}} = \frac{R}{r}, \quad (16)$$

- Total number of cars in the mine:

$$N_g = N_{av} \cdot n_{\bar{op}} \quad (17)$$

Determination of inventory number of cars and locomotives is realized by formulas, applied in opencast mining and according to approved organization of work in the opencast mine, approved system for planned repairs, qualification of machine-

operators, reviewers and other repairing staff, condition of equipment etc.

At the second place, movable railroads effect on the time-schedule of train movement and therefor on permission and haulage capabilities of the mine railroad network. Different versions of time-schedules are applied in opencast mines. The main types of time-schedules are the parallel ones and the package one.

For example, in the case of parallel time-schedule, time necessary for permitting of a couple of trains through a certain portion of the railroad (in the example of fig. 3 or certain distance between two stations) along a single line is:

$$T = t_1 + t_2 + 2t, \quad \text{min} \quad (18)$$

where:

T – period of the time-schedule of train movement;

$t_1$  and  $t_2$  – time for moving of the train in direction “full” or direction “empty”, respectively;

t – time for maneuvers for permitting the train in both directions.

In the case of a single line the permissible ability is:

$$N = \frac{T - t_{pezz}}{t_1 + t_2 + 2t} \quad (19)$$

where:

N – ability of the portion to permit trains;;

T – duration of shift;

$t_{pern}$  – regulated idle time. For a 24 hour day the idle time is from 180 min to 300 min.

The importance of time for moving of trains is evident related to portions of movable railroads from (19). It depends on the speed, and speed depends on technical condition.

Thus an effect is exerted on haulage ability “M” of different portions and combinations between them, crossing the capital trench.

$$M = \frac{N}{f} \cdot n_g \cdot q_m \quad (20)$$

where:

f – coefficient of reserve

$q_m$  – useful loading of the train;

The following approaches are applied to increase the haulage ability of any route:

- increase the speed of train movement. In the portion, depending on movable railroads that may be achieved only by realization of engineering activities, which will significantly increase their stability;
- increase of weight of train. It may be achieved (in the portion, depending on movable railroads) by the realization of activities, increasing the stability of lines, i.e. the upper case or increasing the number of locomotives (coupled haulage capability) and application of motor-car integrated sections;
- improvement of the means of moving, opening and closing of

railroad switching arrows for formation of specific routes. That is applicable to our conditions, however, each further improvement of those systems is expensive and senseless in case all other activities for improvement of stability of movable railroads have not been performed before.

The entire above presentation shows that technical condition of movable railroads effects synthetically through the admissible speed. For the example in fig. 3 It may easily be shown that if speed is increased to 15 km/h (compared to admissible speeds – see the initial page), then the time for one route will be reduced with 40 % and numbr of routes done by one train will be increased with nearly 50 % etc.

This may be digitally shown for all the technological parameters of haulage system, shown by the dependencies (12), (13), (14), (19), (16), (17), (19) and (20). In a reverse aspect the effect on important technological parameters of mine equipment – technical, shift, week productivity of single bucket excavators may be revealed.

### CONCLUSION

The dependencies are presented, where speed of motion of trains on movable railroads, directly or indirectly, effects on the technological parameters of haulage.

### REFERENCES:

- Stoyanov D. et al., 1998. Preventive control and repair and maintenance of movable railroads at the “Trojanovo” opencast mine of “Maritsa-East Mines” EAD – Project 1633/1998 of the R&D S of the University of Mining and Geology. Archieve of the R&D S of the University of Mining and Geology.
- Stoyanov D. et al, 2000. Preventive control and repair and maintenance of movable railroads at the “Trojanovo” opencast mine of “Maritsa-East Mines” EAD – Project 1683/1998 of the R&D S of the University of Mining and Geology. Archieve of the R&D S of the University of Mining and Geology.
- Smilianov A., et al., 1997 Expert system for development of the road and the railroad network of the “Kremikovtsi” mine. Project 1599/1997 of the R&D S of the University of Mining and Geology. Archieve of the R&D S of the University of Mining and Geology.
- Smilianov A. et al., 1998. In-company regulations for moving, maintenance and repair of movable railroads at the “Kremikovtsi” mine. Project 1201/1998 of the R&D S of the University of Mining and Geology. Archieve of the R&D S of the University of Mining and Geology.
- Smilianov A. et al., 2001. Handbook for design, construction, maintenance and repair of mine transport in opencast mining. – Sofia, University of Mining and Geology.
- Trendaphilov S., 1976. Construction of opencast mines – Sofia, Technika.
- Lubenov Paun et al., 1970. Overburdening and methods for opencast development. – Sofia, Technika..
- Trendaphilov S et al., 1987. OPnecast mining of mineral resources – Sofia, Technika.

*Recommended for publication by Department of  
Opencast mining and blasting technologies, Faculty of Mining Technology*