

Marek KRUŻYŃSKI

## ZUŻYCIE SZYN W ŁUKACH O MAŁYCH PROMIENIACH

**Streszczenie.** Przedmiotem badań była ocena wpływu smarowania powierzchni bocznej główki szyny zewnętrznej w łuku na jej zużycie, a podstawą oceny roczny cykl pomiarów przekroju poprzecznego główki szyny w łuku z szyną smarowaną i w łuku sąsiednim, w którym nie stosowano smarowania. Porównanie wyników pomiarów pozwoliło na ocenę skuteczności smarowania.

## ABRASIVE RAIL WEAR IN ARCH WITH SMALL RADIUS

**Summary.** Object of Investigation was assessment of influence of rail lubrication in abrasive wear. Basis of assessment was results of measurements the cross section of rail head in lubricated and non lubricated small radius of railway track. Comparison of measurement result lets to assess the effectiveness of lubrication.

### 1. WSTĘP

Trwałość i niezawodność szyn jest jednym z najistotniejszych parametrów, decydujących o przydatności eksploatacyjnej nawierzchni kolejowej. O trwałości szyn, ułożonych w łukach o małych promieniach, decyduje zużycie boczne lub kątowe - szczególnie intensywne na liniach podgórszych i górskich, do których należy zaliczyć linię Wrocław - Jelenia Góra. Największe zużycie boczne rejestruje się tam na spadkach, a największe pionowe na wzniesieniach.

Jednym ze środków zaradczych, pozwalających na zmniejszenie intensywności zużywania się powierzchni bocznej główek szyn, jest smarowanie tych powierzchni w łukach na spadkach, pod warunkiem że nie używa się piaskownic [1].

Próby wydłużenia żywotności szyn, przez zastosowanie smarowania wewnętrznej powierzchni główki szyny zewnętrznej, przeprowadzono w Okręgu Dolnośląskim PKP, na łuku

składającym się z dwóch krzywych przejściowych o długości 60 m oraz łuku kołowego o promieniu  $R=181$  m i długości 250 m, w rejonie Wałbrzycha.

Przedmiotem badań była ocena skuteczności i wpływu smarowania powierzchni bocznej szyny zewnętrznej na jej zużycie, a podstawą oceny roczny cykl pomiarów przekroju poprzecznego główki szyny, w łuku z szyną smarowaną i w łuku sąsiednim, w którym nie stosowano żadnych środków zmniejszających zużycie główki szyny.

Porównanie wyników takich pomiarów pozwoliło na określenie skuteczności smarowania.

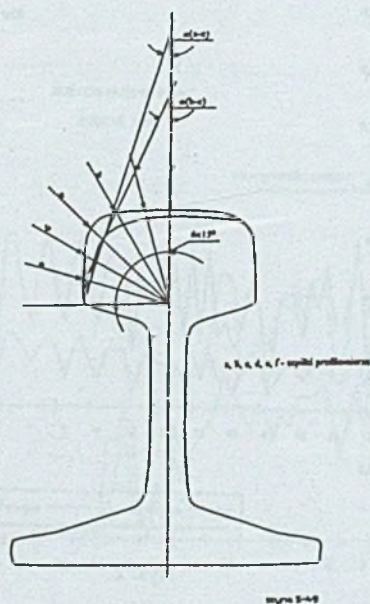
## 2. POMIARY PRZEKROJU POPRZECZNEGO GŁÓWKI SZYNY

Pomiar zużycia główki szyny wykonano przy użyciu profilomierza 6-punktowego.

Przeprowadzono 9 serii pomiarów w łuku ze smarowniczką (łuk S) i w sąsiednim niesmarowanym łuku (N), w przekrojach pomiarowych w szynie zewnętrznej. Przekroje pomiarowe rozmieszczono na długości łuku i krzywych przejściowych, po cztery w każdym przęśle szynowym. W każdym z przęseł wyznaczono 1 przekrój w odl.  $\sim 0,5$  m od początku przęsła (zgodnie z kierunkiem ruchu pociągów), 1 przekrój w odległości  $\sim 0,5$  m od końca przęsła oraz dwa przekroje w środku przęsła, w odległości  $\sim 8$  m od siebie i od przekrojów skrajnych.

Każdorazowy pomiar w każdym z przekrojów zawiera 6 odczytów. Odczyty a, b, c dotyczą boczego zużycia główki szyny (rys. 1), natomiast trzy pozostałe odczyty oznaczone d, e, f odnoszą się do zużycia pionowego.

Opracowanie wyników przeprowadzono w ten sposób, że w celu określenia zużycia boczego w każdym z przekrojów pomiarowych i w każdej serii pomiarów wybierano spośród odczytów a, b, c maksymalną różnicę między odczytem dla szyny nowej i odczytem dla szyny mierzonej. Tak wybraną wartość przyjmowano jako miarodajną dla zużycia boczego główki szyny. W analogiczny sposób oznaczano miarodajną wartość pionowego zużycia główki szyny, wybierając spośród odczytów d, e, f wartość maksymalnej różnicy między wymiarem nominalnym a uzyskanym z pomiarów. Dokładność pomiaru profilomierzem wynosiła  $\pm 1$  mm.

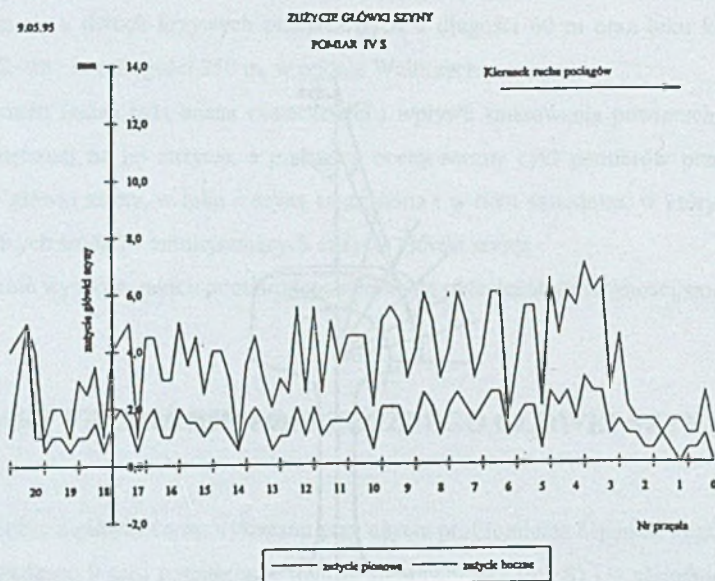


Rys. 1. Kąt zużycia  $\alpha(a-c)$  i  $\alpha(b-c)$

### 3. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

#### 3.1. Wyniki pomiarów zużycia główki szyny smarowanej

Wyniki pomiarów zużycia główki szyny dla 84 przekrojów pomiarowych (504 punkty) rozmieszczonych na 21 przęsłach torowych opracowano komputerowo, dla każdej serii pomiarów osobno. Przedstawiono je w formie wykreślnej, jak np. na rysunku 2. Każdy z rysunków przedstawia wyniki pomiarów w jednej serii. Na każdym zaznaczono na osi rzędnych (pionowej) wartość zużycia w mm, a na osi odciętych (poziomej) położenie przekrojów pomiarowych z oznaczeniem kolejnych przęseł. Przęsło nr 0 znajduje się na prostej przed krzywą przejściową (zgodnie z kilometrażem), a przęsło nr 20 na prostej za krzywą



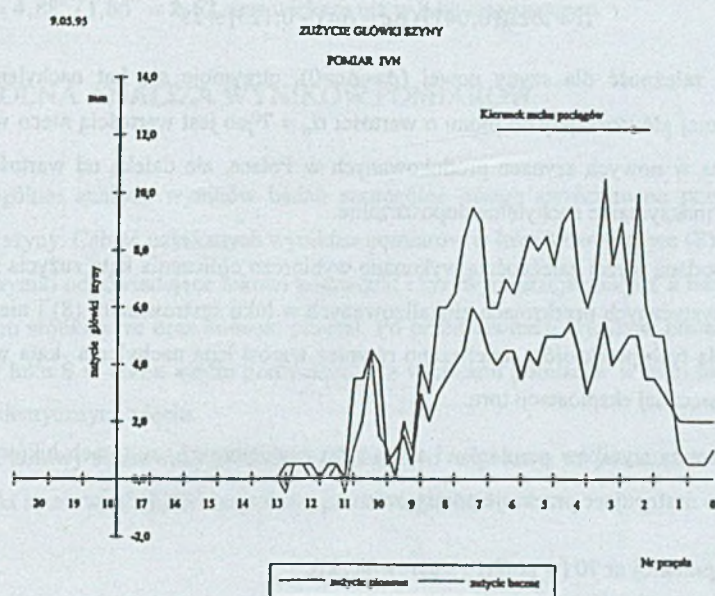
Rys. 2.

prześciową po drugiej stronie łuku. Kierunek ruchu pociągów jest przeciwny do kierunku kilometrażu. Położenie smarowniczek w łuku (koniec krzywej przejściowej i początek łuku kołowego) zaznaczono przez umieszczenie osi rzędnych na wykresach, między przęsłami nr 17 i 18. Wszystkie wykresy są oznaczone numerami serii i symbolem oznaczającym łuk smarowany (np. IS) oraz datą wykonania pomiarów. Linia ciągłą oznaczono wartość pomierzonego zużycia pionowego główki szyny, a linią "przerywaną" wartość pomierzonego zużycia bocznego.

### 3.2. Wyniki pomiarów zużycia główki szyny niesmarowanej

Wyniki pomiarów zużycia główki szyny dla początkowych 48 przekrojów pomiarowych rozmieszczonych na 12 przęsłach torowych (serie nr I i II) oraz dla 52 przekrojów pomiarowych rozmieszczonych na 13 przęsłach torowych (serie III - VI) opracowano analogicznie jak poprzednio dla łuku S. Wyniki uzyskane z każdej serii pomiarów przedstawiono na oddzielnych wykresach, jak np. na rysunku 3, tzn. że każdy rysunek przedstawia wyniki pomiarów uzyskane w jednej serii. Na każdym zaznaczono na osi rzędnych wartość zmierzonego zuży-

cia w mm, a na osi odciętych położenie przekrojów pomiarowych z oznaczeniem kolejnych przęseł.



Rys. 3.

### 3.3. Zużycie kątowe główki szyny i wstępna analiza wyników pomiarów

Ze względu na niebezpieczeństwo wykolejenia określenie kąta zużycia powierzchni bocznej główki szyny ma decydujące znaczenie

Dotyczy to szczególnie wewnętrznej powierzchni szyny zewnętrznej w łukach o małych promieniach. W literaturze określa się graniczną wartość kąta nachylenia bocznej powierzchni główki szyny do pionu na  $25^\circ$ . Przekroczenie tej wartości gwałtownie zwiększa prawdopodobieństwo wtoczenia się obrzeża koła na główkę szyny.

Wyniki pomiarów zużycia główki szyny przedstawione poprzednio umożliwiają wyliczenie kąta zużycia  $\alpha$  z zależności:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta c - \Delta a}{24} + 0,125$$

$$\text{gdzie } \Delta a = a_n - a_z \text{ oraz } \Delta c = c_n - c_z$$

$a_n$  i  $c_n$  są wymiarami odpowiadającymi szynie nowej (nominalne), a  $a_z$  i  $c_z$  wynikami pomiarów dla szyny zużytej (rys. 1).

Ostatecznie kąt nachylenia powierzchni bocznej główki szyny do pionu będący ważnym parametrem zużycia główki szyny wyznacza się z zależności:

$$\alpha = \arctg[0,0417(\Delta c - \Delta a) + 0,125] \leq 25^\circ$$

Stosując tę zależność dla szyny nowej ( $\Delta a = \Delta c = 0$ ), otrzymuje się kąt nachylenia powierzchni bocznej główki szyny do pionu o wartości  $\alpha_0 = 7^\circ$ , co jest wartością nieco większą niż występująca w nowych szynach produkowanych w Polsce, ale daleką od wartości kąta oznaczającego maksymalne nachylenie dopuszczalne.

Zgodnie z podaną wyżej zależnością wykonano wybiórczo obliczenia kąta zużycia szyn w kilku charakterystycznych przekrojach zlokalizowanych w łuku smarowanym (S) i niesmarowanym (N). Dla tych przekrojów przeliczano również wzrost kąta nachylenia kąta w ciągu dziewięciomiesięcznej eksploatacji toru.

Do zilustrowania wyników pomiarów i stanu szyn zewnętrznych w torach łuków S i N przyjęto losowo następujące przekroje pomiarowe:

- w torze S    przekrój nr 70 (w pobliżu smarowniczeki),
- przekrój nr 40 (w pobliżu środka łuku kołowego),
- przekrój nr 20 (w pobliżu początku łuku kołowego),

oraz

- w torze N    przekrój nr 35 (w pobliżu końca łuku kołowego),
- przekrój nr 25 (w pobliżu środka łuku kołowego),
- przekrój nr 15 (w pobliżu początku łuku kołowego),

Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

| Łuk | Seria | Prze-krój | $\Delta a$ | $\Delta c$ | $\alpha^\circ$ | Seria | Prze-krój | $\Delta a$ | $\Delta c$ | $\alpha^\circ$ | $\Delta \alpha^\circ$ |
|-----|-------|-----------|------------|------------|----------------|-------|-----------|------------|------------|----------------|-----------------------|
| S   | I     | 70        | 1,6        | 3,5        | 11,54          | VI    | 70        | 2,3        | 6,0        | 15,60          | 4,06                  |
|     |       | 40        | 0,1        | 4,0        | 16,05          |       | 40        | 2,0        | 6,3        | 16,93          | 0,88                  |
|     |       | 20        | 1,6        | 6,5        | 18,23          |       | 20        | 3,0        | 8,2        | 18,87          | 0,64                  |
| N   | I     | 35        | 1,5        | 4,0        | 12,91          | VI    | 35        | 1,5        | 5,0        | 15,16          | 2,25                  |
|     |       | 25        | 0          | 4,5        | 17,36          |       | 25        | 0,5        | 9,0        | 25,62          | 8,25                  |
|     |       | 15        | 0          | 5,5        | 19,51          |       | 15        | 1,0        | 8,5        | 23,64          | 4,16                  |

Średni wzrost kąta zużycia szyny w łuku S:  $\alpha_{sr}^S = 1,86^\circ$

Średni wzrost kąta zużycia szyny w łuku N:  $\alpha_{sr}^N = 4,88^\circ$

Wyliczenia przeprowadzono na bardzo małej próbie losowej, ale tendencja została uwi-  
doczniona. Zużycie kątowe w łuku niesmarowanym w ciągu sześciu miesięcy było

$$\delta_{\alpha} = 4,88^{\circ} / 1,86^{\circ} = 2,62 \text{ raza większe niż w łuku smarowanym.}$$

#### 4. OGÓLNA ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

W ogólnej analizie wyników badań szczególną uwagę zwrócono na przyrosty zużycia  
główki szyny. Całość uzyskanych wyników pomiarów w łuku smarowanym (S) posegregowa-  
no na wyniki odpowiadające łukowi kołowemu i krzywym przejściowym, a także początkom,  
częściom środkowym oraz końcom przęseł. Po przedstawieniu wyników pomiarów wykona-  
nych w łuku S w takim ujęciu porównano je z wynikami pomiarów w łuku niesmarowanym  
(N) w identycznym ujęciu.

Łuk kołowy smarowany podzielono dodatkowo na połowę, na początku której znajdował  
się punkt smarowania ŁK2 i na połowę przeciwległą ŁK1.

##### 4.1. Porównanie przyrostów zużycia główki szyny w łukach

Do porównania przyjęto dane z opracowań statystycznych. Dla łatwiejszego dokonania  
analizy dane te dotyczące jedynie łuku kołowego zestawiono ponownie w tabeli 2.

Tabela 2

Średnie przyrosty zużycia główki szyny w łukach kołowych S i N  
w okresie 5 miesięcy

| Rodz.<br>łuku | Część<br>łuku | Zużycie boczne                                   |   |   | Zużycie pionowe                                  |   |   |
|---------------|---------------|--|---|---|--|---|---|
|               |               | początki<br>przęseł<br>$\Delta\bar{z}_{bp}$ [mm] | środkie<br>przęseł<br>$\Delta\bar{z}_{bs}$ [mm] | końce<br>przęseł<br>$\Delta\bar{z}_{bk}$ [mm] | początki<br>przęseł<br>$\Delta\bar{z}_{bp}$ [mm] | środkie<br>przęseł<br>$\Delta\bar{z}_{bs}$ [mm] | końce<br>przęseł<br>$\Delta\bar{z}_{bk}$ [mm] |
| N             | cały          | 3,3  | 2,8   | 2,6   | 1,0  | 1,1   | 0,9   |
| S             | ŁK1           | 1,2  | 1,8   | 1,0   | 0,0  | 0,2   | 0,0   |
|               | ŁK2           | 0,0  | 0,5   | 0,1   | 0,0  | 0,1   | 0,1   |

Wnioski wynikające z zestawienia danych w tab. 2 są oczywiste. Największe przyrosty zużycia zarówno bocznego, jak i pionowego w ciągu 5 miesięcy eksploatacji toru stwierdzono w łuku niesmarowanym (N).

Są one znacznie większe od przyrostów pomierzonych w części łuku smarowanego, znajdując się przy urządzeniu smarującym i większe od przyrostów stwierdzonych w pozostałej części łuku S.

Efekty zastosowania smarowniczkę można przedstawić w jeszcze bardziej syntetycznym ujęciu.

Średni przyrost zużycia bocznego szyny w łuku niesmarowanym wynosi  $\Delta\bar{z}_{bn} = 2,9$  mm z odchyleniem standardowym  $\bar{s}_{bn} = 0,36$ , a średni analogiczny przyrost zużycia bocznego w łuku smarowanym  $\Delta\bar{z}_{bs} = 0,77$  mm przy odchyleniu standardowym  $\bar{s}_{bs} = 0,69$  mm i stanowi tylko ok. 26 % przyrostu zużycia bocznego głowki szyny w łuku niesmarowanym. Wynika z tego, że ze względu na zużycie boczne (decydujące o trwałości szyn w łukach o małych promieniach) zastosowanie szyn smarowanych wydłuża ich żywotność czterokrotnie.

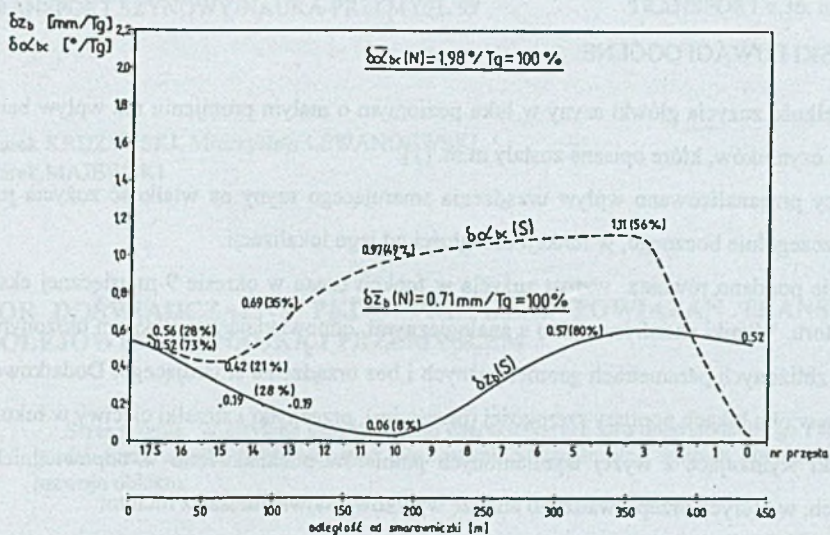
#### 4.2. Zestawienie wyników porównań i analiz

Dla zobrazowania efektów powyższych rozważań i konkluzji z nich wynikających dane z pomiarów po przetworzeniu przedstawiono graficznie na rys. 4 i 5.

Na rysunku 4 przedstawiono intensywność zużycia bocznego szyny  $\delta z_b$  [mm/Tg] (linia ciągła) i intensywność zużycia kąowego  $\delta\alpha_{bc}$  [°/Tg] (linia przerywana) w zależności od odległości od urządzenia smarującego. Dla porównania pokazano poziomy intensywności zarejestrowane w łuku niesmarowanym.

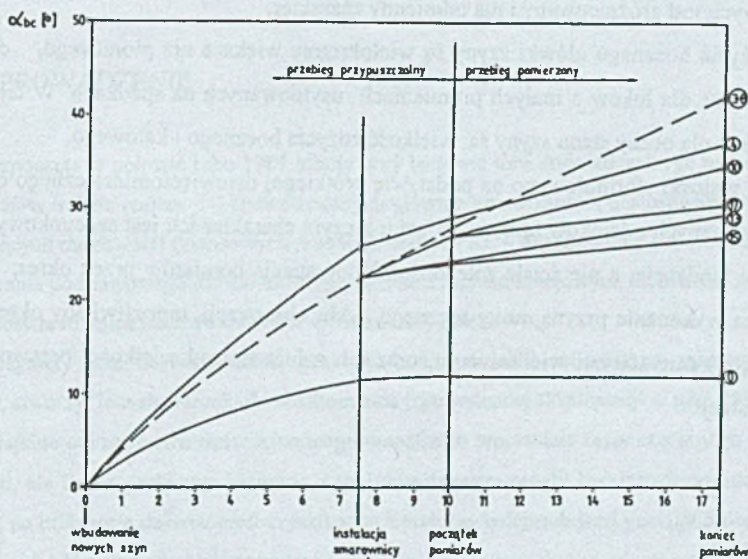
Na rysunku 5 przedstawiono narastające zużycie kąowe szyn zarejestrowane podczas pomiarów w łuku smarowanym i niesmarowanym oraz przypuszczalne w okresie od chwili wbudowania szyn nowych do momentu zabudowania urządzenia smarującego i od instalacji tego urządzenia do dnia rozpoczęcia pomiarów.





$\delta\alpha_{bc}(N)$  - średnie jednostkowe zużycie kątowe szyn w środkach przęseł łuku niesmarowanego  
 $\delta\alpha_{bc}(S)$  - średnie jednostkowe zużycie kątowe szyn w środkach przęseł łuku smarowanego  
 $\delta z_b(N)$  - średnie jednostkowe zużycie boczne szyn w środkach przęseł łuku niesmarowanego  
 $\delta z_b(S)$  - średnie jednostkowe zużycie boczne szyn w środkach przęseł łuku smarowanego

Rys. 4. Zależność jednostkowego zużycia bocznego  $\delta z_b$  i kąowego  $\delta\alpha_{bc}$  od odległości od smarowniczi dla środkowych części przęseł torowych



Rys. 5. Przeciętne kątowe zużycie się szyn w środkowych częściach przęseł

- w łuku smarowanym
- - w łuku niesmarowanym (średnie)
- O numer przęsła

## 5. WNIOSKI I UWAGI OGÓLNE

Na wielkość zużycia główki szyny w łuku poziomym o małym promieniu ma wpływ bardzo wiele czynników, które opisane zostały m.in. [1].

W pracy przeanalizowano wpływ urządzenia smarującego szyny na wielkość zużycia jej główki, szczególnie bocznego, w funkcji odległości od jego lokalizacji.

Analizie poddano również wzrost zużycia w funkcji czasu w okresie 9-miesięcznej eksploatacji toru. Wyniki skonfrontowano z analogicznymi, odpowiadającymi szynom ułożonym w łuku o zbliżonych parametrach geometrycznych i bez urządzenia smarującego. Dodatkowo wykonano w obu łukach pomiary szerokości (prześwitu), przechyłki i strzałki cięciwy w łuku.

Wnioski wynikające z wyżej wymienionych pomiarów przedstawiono w odpowiednich rozdziałach, w których przeprowadzono analizę wyników. Najważniejsze z nich to:

- stwierdzono, że przyrosty zużycia główki szyny (bocznego, pionowego i kąтового) w łuku niesmarowanym są wielokrotnie większe niż w łuku z urządzeniem smarującym,
- przyrost zużycia główki szyny rośnie wraz z odległością od miejsca usytuowania smarowniczk. Strefa jej wyraźnego oddziaływania wynosi 150 - 200 m,
- przebieg i wielkość zużycia główki szyny na początkach, częściach środkowych i końcach przęseł torowych jest zróżnicowany i ma odmienny charakter,
- przyrosty zużycia bocznego główki szyny są wielokrotnie większe niż pionowego, co jest charakterystyczne dla łuków o małych promieniach usytuowanych na spadkach. W tej sytuacji miarodajne dla oceny stanu szyny są: wielkość zużycia bocznego i kąтового,

Powyższe wnioski sformułowano na podstawie krótkiego, dziewięciomiesięcznego okresu obserwacji wybranych odcinków toru, w związku z czym charakter ich jest szacunkowy, opisujący pewne tendencje, a nie ścisłe zależności. Kontynuacja pomiarów przez okres, który pozwoliłby na wykonanie przynajmniej rocznego cyklu obserwacji, umożliwiłaby określenie relacji pomiędzy mierzonymi wielkościami, oraz ich zależności od wielkości przewozów i czasu eksploatacji.

## Literatura

1. Bałuch H.: Trwałość i niezawodność eksploatacyjna nawierzchni kolejowej. WKiŁ, Warszawa 1986.