

Maria Bałuch<sup>1</sup>

## METODA OKREŚLANIA CYKLI ZAPOBIEGAWCZEGO PROFILOWANIA SZYN

### Streszczenie

*Głównym problemem w zapobiegawczym profilowaniu szyn jest określanie ich cykli. Artykuł przedstawia cykle stosowane na kilku kolejach oraz proponowany przez autorkę model obliczeń. Podano również przykłady oparte na tym modelu.*

**Słowa kluczowe:** *profilowanie zapobiegawcze, cykl profilowania, promień łuku, wady szyny.*

### 1. Wstęp

Według zaleceń zawartych w opracowaniu międzynarodowej grupy Innotrack [1] rozróżnia się trzy rodzaje profilowania szyn: początkowe, zapobiegawcze (inaczej prewencyjne) oraz naprawcze (korekcyjne). Profilowanie początkowe wykonywane po ułożeniu nowych szyn nie wymaga stosowania oddzielnych procedur planowania. Dwa pozostałe rodzaje oparte są natomiast na zasadniczo różniących się metodach planowania. I tak, podstawą planowania naprawczego są pomiary i obserwacje prowadzone na poszczególnych odcinkach toru, profilowanie zaś zapobiegawcze opiera się na cyklach ustalanych głównie na podstawie doświadczeń.

Określenie tych cykli nie jest łatwe – zależy bowiem od wielu cech nie tylko nawierzchni lecz również pojazdów szynowych. Cykle zbyt krótkie wykluczają powstanie rys, ale spowodują zbędny ubytek stali i niepotrzebne wydatki. Cykle zaś za długie nie zapobiegają powstaniu wad, których usunięcie będzie wymagało kosztowniejszego profilowania naprawczego.

---

<sup>1</sup> dr hab. inż., profesor w Instytucie Kolejnictwa

Zarówno w Polsce, jak i na innych kolejach nie są znane modele opisujące długość cykli w funkcji promieni łuków, a więc zmiennej, która wywiera istotny wpływ na rozwój wad w szynach. Propozycja przedstawiona w tym artykule może tę lukę wypełnić. Opracowany model jest modelem empirycznym, co nie wyklucza jego ewentualnej modyfikacji po zebraniu większego zbioru informacji.

## **2. Cele profilowania zapobiegawczego**

Bezpośrednim celem profilowania zapobiegawczego szyn jest niedopuszczenie do powstania wad na powierzchni główki szyny lub usunięcie tych wad w pierwszym stadium ich rozwoju. Głównie chodzi tu o zużycie faliste oraz dwie wady, które penetrując w głąb szyny mogą spowodować jej złamanie. Są to rysy na zaokrągleniu główki szyny (*head check*) oraz zagłębienia (*squat*). Wiele innych wad ma znaczenie mniejsze. Dzięki profilowaniu zapobiegawczemu można uzyskać zwiększenie trwałości szyn i zmniejszyć całkowite koszty życia nawierzchni.

Rozwój wad na powierzchni tocznej szyn zależy od wielu cech charakteryzujących konstrukcję i stan utrzymania drogi kolejowej, rodzaj i stan pojazdów szynowych, prędkość pociągów, naciski osi itp. Jest to więc złożony układ wielu przyczyn, których opis w kategoriach precyzyjnych nie jest możliwy. Z tego więc powodu cykle profilowania zapobiegawczego uzależnia się od przeniesionego obciążenia i promieni łuków. Pierwszy cykl jest liczony od profilowania początkowego lub od profilowania naprawczego, w którym usunięto całkowicie wszystkie wady na powierzchni główki szyny.

## **3. Stan zagadnienia**

Do niedawna najczęściej wykonywanym profilowaniem było profilowanie naprawcze ukierunkowane głównie na usuwanie falistego zużycia szyn i zmniejszenia hałasu oraz wibracji. W ostatnich latach rozwija się natomiast szybko profilowanie zapobiegawcze, zwłaszcza na kolejach niemieckich, francuskich, holenderskich i angielskich [5].

Na kolejach niemieckich profilowanie zapobiegawcze zostało wprowadzone w roku 2008 w łukach o promieniach  $500 \div 5000$  m na najbardziej obciążonych liniach, stanowiących 40 % całej sieci. Podczas tego profilowania usuwa się 0,5 mm warstwę stali. Długość cyklu, zależnie od obciążenia linii, wynosi od 6 miesięcy do 2 lat. Szynom nadaje się standardowy profil 60E2 z pochyleniem 1:40.

We Francji do roku 2007 wykonywano tylko profilowanie naprawcze. Na liniach konwencjonalnych przystępowano do niego, gdy na szynach pojawiły się dostrzegalne rysy. Na liniach dużych prędkości ten rodzaj profilowania wykonywano, gdy zostały zauważone rysy lub wgniecenia na główce szyny powodowane unoszonymi ziarnami tłucznia. Od roku 2008 profilowanie zapobiegawcze stosuje się na wszystkich głównych liniach, zmniejszając profilowanie naprawcze. W profilowaniu zapobiegawczym nie określa się grubości ścinanej warstwy, stosuje się natomiast profile zmniejszające narastanie rys (*AHC – anti-headcheck*), dzięki którym trwałość szyn przedłuża się, wg danych francuskich, co najmniej o 5 lat.

Na kolejach holenderskich profilowanie zapobiegawcze zaczęto wprowadzać w roku 2005, korzystając z wzorców kanadyjskich. Pełne wdrożenie tego systemu zajęło 2 lata, podczas których wykonywano profilowanie naprawcze usuwając wszystkie wady. Od 2007 roku stosuje się wyłącznie profilowanie zapobiegawcze w łukach, na prostych i w rozjazdach. Polega ono na usunięciu minimum 0,5 mm warstwy stali. Na rozjazdach i w toku zewnętrznym łuków o promieniu mniejszym niż 3000 m stosuje się profil AHC. Ustalone cykle profilowania wynoszą:

- 15 Tg w łukach przy promieniu mniejszym niż 3000 m,
- 30 Tg w łukach o promieniach  $3000 \div 9000$  m,
- 45 Tg w łukach o promieniu większym niż 9000 m.

W Anglii profilowanie szyn w łukach o promieniu mniejszym niż 2500 m oraz na rozjazdach i skrzyżowaniach torów wykonuje się co 15 Tg, w torach zaś prostych co 45 Tg. Koleje angielskie dysponują trzema ciężkimi maszynami, które w ciągu jednego przejścia mogą wyprofilować w ciągu jednej nocy 96 km toru prostego lub 32 km toru w łukach.

W Stanach Zjednoczonych profilowanie zapobiegawcze w łukach o małych promieniach wykonuje się co 25 Tg. Zdaniem autora artykułu [2] wykonywanie profilowania zapobiegawczego w porównaniu

z profilowaniem naprawczym zwiększa czas eksploatacji szyn w łukach o małych promieniach trzykrotnie. Dłuższy jest też dzięki temu profilowaniu czas eksploatacji szyn w łukach o większych promieniach i na prostych.

W Indiach cykle profilowania zapobiegawczego wynoszą  $8 \div 10$  Tg w łukach o małych promieniach,  $16 \div 40$  Tg w łukach o większych promieniach i  $24 \div 60$  Tg na prostych [3].

W Polsce wg wytycznych [6] profilowanie zapobiegawcze należy wykonywać co ok. 45 Tg, zaś w torach o znaczącej przewadze ruchu pasażerskiego – co 30 Tg. Ustalono również, że profilowanie naprawcze powinno być wykonywane po przeniesieniu obciążenia 65 Tg od ułożenia szyn lub poprzedniego profilowania. Ustalenia te są dyskusyjne z dwóch powodów:

- 1) w cyklach dotyczących profilowania zapobiegawczego pominięto rozróżnienie prostych i łuków,
- 2) profilowanie naprawcze należy wykonywać kierując się wynikami pomiarów i obserwacji, a nie przeniesionym obciążeniem.

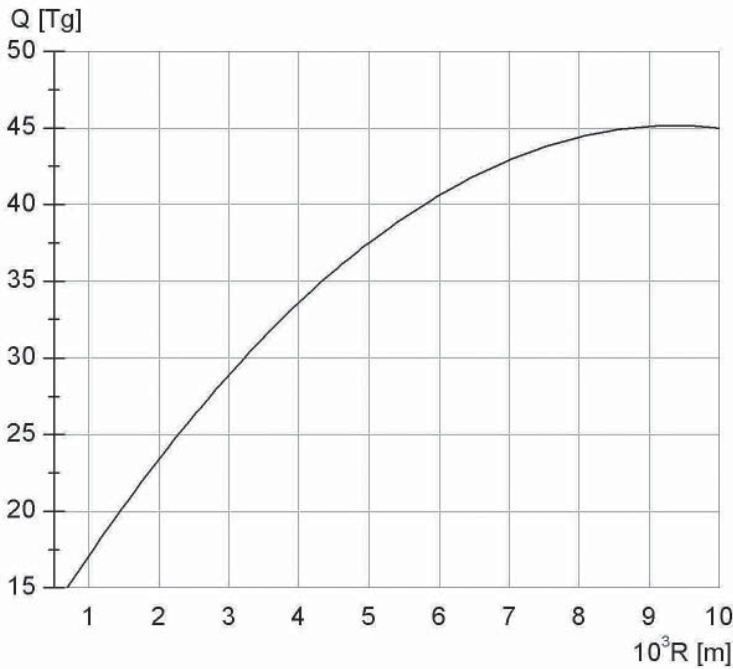
#### **4. Proponowany algorytm określania cykli profilowania zapobiegawczego**

Przygotowanie do profilowania zapobiegawczego wymaga przede wszystkim określenia jego cykli, bez czego nie da się planować tych robót i oceniać koniecznych na ten cel nakładów. Analizując scharakteryzowane doświadczenia innych kolei można określić krańcowe wartości tych cykli. Można też zauważyć zbyt duże przedziały promieni łuków wyznaczających te cykle, co jest niewątpliwie wadą opartego na nich planowania robót.

W celu wyeliminowania tej wady opracowano wzór empiryczny określający cykl  $Q$  [Tg], oparty na dyskretnych danych kolei holenderskich i niemieckich, umożliwiający określanie cykli w funkcji promieni łuków w sposób ciągły (rys. 1). Wzór ten ma postać:

$$Q = 7,5R - 0,4R^2 + 10 \quad (1)$$

gdzie:  $R$  – promień łuku [ $10^3$  m].



**Rys. 1. Długość cykli  $Q$  w funkcji promienia łuku**

Na podstawie wzoru (1) lub rysunku 1 można wyznaczać cykl profilowania zapobiegawczego dla każdego łuku oddzielnie.

Do oszacowania rocznych potrzeb profilowania dla pewnego obszaru sieci służy wzór:

$$L_c = q \sum_i^n \frac{l_i}{Q_i} \quad (2)$$

gdzie:

$L_c$  – długość torów, na których należy wykonać szlifowanie,

$q$  – średnie natężenie przewozów na analizowanym obszarze sieci [Tg/rok],

$l_i$  – długość torów [km] położonych w łukach o promieniach w określonym przedziale długości  $i$ ,

$Q_i$  – długość cyklu szlifowania dla promieni łuków w określonym przedziale  $i$ .

W przypadku zróżnicowania natężenia przewozów  $q_i$  w poszczególnych przedziałach łuków wzór przybiera postać:

$$L_c = \sum_{i=1}^n \frac{l_i q_i}{Q_i} \quad (3)$$

Znając całkowitą długość torów  $L_c$ , które mają być objęte profilowaniem, wydajność maszyny  $w$  [m/min], liczbę dni roboczych w roku  $d$ , czas zamknięć w nocy  $t_n$  oraz współczynnik zwiększający czas robót przy profilowaniu (dojazdy maszyn, przestoje itp.)  $\mu$ , można określić liczbę potrzebnych maszyn (pociągów) do profilowania  $m$ :

$$m = \frac{16,7 L_c \mu}{w d t_n} \quad (4)$$

### Przykład

Należy oszacować roczny zakres profilowania zapobiegawczego dla rejonu sieci obejmującego 12500 km torów na liniach magistralnych, na których średnie natężenie przewozów wynosi  $q = 6,4$  Tg/rok i na których długości łuków podano w tabelicy 1 (w nawiasach podano odczytaną z wykresu długość cyklu odpowiadającą połowie danego przedziału promieni).

**Tablica 1. Dane do obliczeń**

Przedział promieni łuków [m]	Długość torów w danym przedziale $l$ [km]	Cykl $Q$ [Tg] dla środka przedziału
$R < 500$ m	47	(15)
$501 < R < 1200$	425	(17)
$1201 < R < 2000$	812	(21)
$2001 < R < 3600$	329	(25)
$3601 < R < 6000$	170	(36)
$6001 < R < 9000$	69	(43)
Odcinki proste	10648	(45)

W konkretnym przypadku, tj. przy danej średniej wartości natężenia przewozów dla rozpatrywanego obszaru sieci, należy zastosować wzór (2):

$$L_c = 6,4 \cdot \left( \frac{47}{15} + \frac{425}{17} + \frac{812}{21} + \frac{329}{25} + \frac{170}{36} + \frac{69}{43} + \frac{10648}{45} \right) = 2067 \text{ km/rok,}$$

co stanowi 16,5 % całego rozpatrywanego obszaru.

Zakładając średnią prędkość profilowania  $w = 10$  m/min, współczynnik  $\mu = 1,4$ , liczbę dni roboczych  $d = 180$  i czas zamknięcia  $t_n = 7$  h, zgodnie z wzorem (4), otrzymuje się

$$m = \frac{16,7 \cdot 2067 \cdot 1,4}{10 \cdot 180 \cdot 7} = 3,84$$

Wynik ten oznacza, że równocześnie w różnych rejonach sieci lub na tej samej linii musiałyby pracować 4 maszyny. Przekształcając wzór (4) można analizować, jakie zmiany byłyby konieczne, by wyznaczony zakres robót wykonały 3 maszyny.

Przedstawiony przykład dotyczy maszyn tradycyjnych. Przy tzw. szybkim (*high speed grinding*) profilowaniu z prędkością  $60 \div 80$  km/h za jednym przejściem ścinana jest warstwa materiału o grubości zwykle  $0,05$  mm (wyjątkowo  $0,1$  mm). Uzyskiwana szorstkość nie przekracza przy tym  $10 \mu\text{m}$ . Przy profilowaniu zapobiegawczym, tj. przy konieczności usunięcia nie mniej niż  $0,3$  mm warstwy stali, liczba przejść przy szybkim profilowaniu nie mogłaby być mniejsza niż 6.

## 5. Wnioski

W Europie nie ma dotychczas (i zapewne długo jeszcze nie będzie) jednolitej strategii utrzymania nawierzchni, w której profilowanie szyn stanie się jedną z najważniejszych robót. Nie ma też standaryzacji profili szyn kształtowanych w procesie wykonywania tej roboty, gdyż standaryzacja taka musiałaby zostać poprzedzona bardzo rozległymi badaniami z zakresu współdziałania pojazdu szynowego z torem, obejmującymi m.in. zagadnienia ekwiwalentnej stożkowatości, zagrożenie wejścia obrzeża koła na szynę i zjawiska zmęczeniowe.

Mimo tych luk nie ulega natomiast wątpliwości, że na sieci Polskich Linii Kolejowych S.A. będzie się stopniowo rozszerzać zapobiegawcze profilowanie szyn, obejmując w pierwszym rzędzie linie zmodernizowane. Powinno to stać się konsekwencją upowszechnienia profilowania początkowego, po którym w regularnych odstępach należałoby wykonywać profilowanie zapobiegawcze nie dopuszczając do rozwoju wad, zwłaszcza zaś rys, których diagnozowanie jest trudne, kosztowne i nie wykluczające niedostrzeżenia zjawisk niebezpiecznych [4].

Z doświadczeń polskich wynika, że niejednokrotnie po wykonaniu profilowania naprawczego na szynach pozostaje część wad o większej głębokości. Wynik takiego szlifowania jest więc niepełny. Stan ten jest więc jeszcze jedną przesłanką uzasadniającą wprowadzenie na szerszą skalę profilowania zapobiegawczego.

## **Bibliografia**

- [1] *Guidelines for management of rail grinding*. Report D4.5.5. Innotrack. Innovative Track System, 2006.
- [2] Matoba K.: *Grinding taking on new profile*. Railway Track and Structures 2000, No. 6.
- [3] Nath L., Kumar A.: *Rail grinding necessity on Indian Railway*. [www.wiki.iricen.gov.in](http://www.wiki.iricen.gov.in).
- [4] Pohl R., Krull R., Meierhofer R.: *A new eddy current instrument in a grinding train*. ECNDt 2006, Poster 178.
- [5] Schöch W.: *Recommendations for strategic rail maintenance in Europe: the application of anti-headcheck profiles and cyclic grinding*. Rail Engineering International 2011, No. 1.
- [6] *Warunki techniczne PKP PLK S.A. Reprofilacja szyn w torach i rozjazdach, część 2. Wytoczne kwalifikacji*. Warszawa 2007.

## **METHOD OF DEFINITION OF THE CYCLES OF RAIL PREVENTIVE GRINDING**

### **Summary**

*A main problem in preventive grinding of rails is to determine their cycles. The article presents the cycles used in several railways as well as the model of calculations proposed by the author. It also provides examples based on this model.*

**Key words:** *preventive grinding, cycles of grinding, radius of track, defects of rail.*