

Determinanty wymian nawierzchni kolejowej

Henryk BAŁUCH¹

Streszczenie

Wymiany nawierzchni kolejowej powinny spełnić kilka celów: zapewnić odpowiednią trwałość i bezpieczeństwo, umożliwić uzyskanie założonej prędkości pociągów, zmniejszyć koszty eksploatacji, poprawić spokojność jazdy itp. U podstaw piramidy tych celów powinno być osiągnięcie pełnej trwałości nawierzchni, wyrażonej przeniesionym obciążeniem. Osiągnięcie tego celu wymaga poprawnego wykonania wszystkich robót przewidzianych w procesie technologicznym. Zadanie to nabiera szczególnego znaczenia w związku ze spodziewanym w najbliższych latach dużym zakresem wymian nawierzchni w Polsce i wielkimi kosztami tych robót. Doświadczenia przytoczone w artykule wykazują, że spotykane wady wykonawstwa wymian nawierzchni powodują istotne skracanie cykli naprawczych i niepełne wykorzystanie trwałości nawierzchni. Dotyczy to dość często niepełnego wykonania robót związanych z naprawą podtorza. Uzyskanie wymaganej trwałości nawierzchni wymaga również odpowiedniej dokładności budowy nowego toru. Dokładność tę często wyraża się odchyleniem standardowym pionowych nierówności toru. Artykuł przedstawia opracowane modele wpływu tak określonej dokładności na długość cyklu, od zakończenia wymiany do kolejnej naprawy toru, polegającej na jego podbiciu i wyrównaniu w płaszczyźnie poziomej. Przeprowadzone badania wykazują duże możliwości poprawy w tym zakresie. Z przedstawionych modeli wynika konieczność uzyskiwania dokładności robót wyrażanej odchyleniem standardowym pionowych nierówności toru około 0,6 mm. Zasygnalizowano dalsze badania nad jakością wymian nawierzchni.

Słowa kluczowe: roboty torowe, jakość, trwałość

1. Wstęp

W artykule, wymiany nawierzchni są traktowane jako proces technologiczny polegający na usunięciu wszystkich jej części dotychczas eksploatowanych i zastąpieniu ich nowymi, z jednoczesną naprawą podtorza w zakresie niezbędnym do pełnego wykorzystania właściwości drogi kolejowej. Drugorzędne znaczenie ma natomiast rodzaj przedsięwzięcia, w ramach którego roboty te są wykonywane (modernizacja, rewitalizacja itp.).

Określenie *determinanty* należy rozumieć jako czynniki wpływające na coś w sposób zasadniczy², w tym przypadku na wyniki wymian nawierzchni. Determinantami są w konkretnym przypadku cele, jakie powinny spełnić wymiany, składniki wszystkich robót wykonywanych w całym procesie technologicznym, ich jakość, sposób oceny i odbioru.

Badanie procesów technologicznych wymian nawierzchni ma charakter empiryczny i może obejmować różne zakresy, jak wydajność robót i czas

zamknąć torów, wykorzystanie maszyn oraz sprzętu, bezpieczeństwo pracy, organizację w powiązaniu z innymi robotami kolejowymi na szlakach oraz stacjach itp. Artykuł odnosi się do wpływu wymian na trwałość nawierzchni i jej utrzymanie. Rozpatrywana jest prawidłowość wykonania ważniejszych robót oraz dokładność ukształtowania nowego toru. Część tej i związanej z nią problematyki była przedmiotem wcześniejszych opracowań autorów z Instytutu Kolejnictwa [1, 2, 4, 5].

Zainteresowanie usprawnianiem napraw nawierzchni wykazuje wiele kolei. Przejawem tego jest, m.in. wprowadzanie nowych, ciężkich maszyn, w tym hybrydowych [13, 15], doskonalenie ocen i planowania napraw [10], systematyczne kontrole celowości wymian [14] i wiele innych działań.

Problematyka skuteczności wymian nawierzchni w Polsce, powinna stać się w najbliższych latach jednym z najważniejszych obszarów zainteresowań zarządcy infrastruktury i zaplecza badawczego ze względu na obszerny zakres planowanej przebudowy i wzmocnienia

¹ Prof. dr. hab. inż.; Instytut Kolejnictwa; e-mail: hbaluch@ikolej.pl.

² *Determinans* (łac.) – parametr określający, wyznaczający coś (SJP).

³ Krajowy Program Kolejowy do 2023 roku obejmuje wydatkowanie na kolejowe inwestycje infrastrukturalne kwoty 67,5 mld zł [źródło: Raport Kolejowy 4/2016, s. 30].

dróg kolejowych w Polsce³, duże koszty tego przedsięwzięcia, sięgające 2 mln zł za 1 km toru oraz możliwości wprowadzenia licznych usprawnień organizacyjno-technologicznych w tym zakresie.

2. Cele wymian nawierzchni i ocena ich osiągnięcia

Syntezę wielu definicji zarządzania można sprowadzić do encyklopedycznego hasła zawartego w [8] i cytowanego w wielu innych książkach, np. [11], traktującego to pojęcie jako działalność kierowniczą, polegającą na ustalaniu celów i powodowaniu ich realizacji w organizacjach podlegających zarządzającemu na podstawie dysponowanych środków.

W określeniu tym podstawowe znaczenie przypisuje się więc ustalaniu celów. Wymiany nawierzchni kolejowej, będące procesem wielokrotnie powtarzającym i stosowanym w różnych technologiach od dziesiątków lat, wiele zainteresowanych osób uważa za działalność niewymagającą określania celów, lub też, jako zadanie mające cele oczywiste. Niedoceniając określenia celów jest również powodowane charakterem decyzji związanych z wymianami. Są to bowiem zwykle decyzje deskryptywne (opisowe), podejmowane często w warunkach niepewności, tj. przy nieznanym prawdopodobieństwie wynikających z nich konsekwencji. Podjęcie decyzji o wymianie, która zostanie wykonana za rok może spowodować w międzyczasie wykolejenie pociągu w torze o dużym stopniu zużycia podkładów.

Na podstawie rozmów autora z osobami znającymi dobrze problematykę napraw nawierzchni, poproszonych o podanie celów jej wymiany, zbudowano piramidę przedstawioną na rysunku 1. Na początkowych miejscach (1÷3) nie znalazło się zmniejszenie nakładów na utrzymanie nowej konstrukcji. Atrybuty dotyczące utrzymania nawierzchni pojawiły się dopiero na miejscach 4÷6. Można sądzić, że na takie określenie hierarchii celów wpłynęły skojarzenia z zagrożeniem, wynikającym ze złego stanu nawierzchni kolejowej, jaki często poprzedza jej wymianę. Ocena ta odpowiada znanemu w heurystyce pojęciu *efektu kontrastu*, oznaczającego subiektywne zwiększenie lub zmniejszenie obserwowanych cech obiektu w zależności od porównania z wcześniej obserwowanym obiektem.

Tymczasem właśnie wysoka jakość wymiany nawierzchni jest podstawowym warunkiem osiągnięcia oczekiwanej trwałości i minimalizacji kosztów jej utrzymania. Osiągnięcie tego celu zapewnia również spełnienie warunków wymienionych w dolnej części

piramidy (1÷3). Usunięcie zagrożeń w wyniku wymiany nawierzchni powinno więc być traktowane, jako ważna potrzeba jej wykonania, nie zaś jako główny cel. Piramidę na rysunku 1 należy więc uzupełnić fundamentem w postaci stopnia 0 (rys. 2).



Rys. 1. Piramida celów wymian nawierzchni kolejowej [opracowanie własne]



Rys. 2. Niezbędne uzupełnienie piramidy przedstawionej na rysunku 1 [opracowanie własne]

Przedstawione rozumowanie może się wydawać z pozoru dyskusją nad znaczeniem poszczególnych wyrazów. Korzystając ze słownika języka polskiego można się upewnić, że w licznych przypadkach różnica między *potrzebą* a *celem* zaciera się⁴. W konkretnym wypadku ma ona jednak istotne znaczenie. Obserwacje wielu wymian nawierzchni, uznanych za zakończone, prowadzą bowiem do wniosku, że usunięcie zagrożeń jest traktowane jako najważniejszy skutek tego przedsięwzięcia. Na drugi plan, niekiedy poza spektakularnym zwiększeniem prędkości pociągów, odchodzą wówczas inne cele, które powinny zostać osiągnięte w wyniku przeprowadzonej wymiany.

Zapewnienie bezpieczeństwa w nowym torze o układzie geometrycznym przystosowanym do założonej prędkości pociągów, jest w rzeczywistości zadaniem najłatwiejszym do wykonania, nawet przy przeciętnej jakości robót. Ten cząstkowy sukces przesłania często dopuszczane w nowych torach rażące braki, które powodują szybkie narastanie deformacji, konieczność częstszych napraw bieżących lub ograniczeń prędkości i w końcowym efekcie – skrócenie cyklu do kolejnej wymiany.

⁴ Potrzeba – konieczność, niezbędność, stan dążenia do tego, co jest niezbędne; cel – to ze względu na co następuje działanie, stan lub obiekt do którego się dąży, pożądany wynik (SJP).

3. Ocena niektórych robót

Potwierdzeniem scharakteryzowanego stanu jest kilka przykładów zakończonych wymian. Rysunek 3 przedstawia odcinek zmodernizowanej linii kolejowej, na której naprawę podtorza wykonano maszyną wieloczynnościową AHM 800-R. Widać nadmiar podsypki. Pod podsypką jest warstwa ochronna z włókniną. Podłoże zostało dobrze zagęszczone. Nie ścięto natomiast ławy torowiska, która pozostała zarosnięta i nie udrożniono rowów, przez co duża część podłoża znalazła się w korycie ziemnym i nie ma odwodnienia.



Rys. 3. Brak ścięcia ław torowiska i oczyszczenia rowów po przejściu maszyny AHM 800-R [fot. G. Pływaczyk]

Widoczną niedoróbką jest stan przedstawiony na rysunku 4. Chwasty rosnące w miejscu rowu świadczą, że ten stan utrzymuje się już od dłuższego czasu po ułożeniu nawierzchni. Rozmywanie ławy torowiska spowoduje wkrótce usuwanie podsypki i stopniowe odsłanianie czoł podkładów, co zmniejszy stateczność toru bezстыkowego i może nawet doprowadzić do jego wybożenia. Scharakteryzowany stan wskazuje na znaczenie umiejętności przewidywania łańcucha zdarzeń.



Rys. 4. Tor po modernizacji: brak rowu, splywy i bruzdy na ławie torowiska [fot. ze zbioru IK]

W odróżnieniu od dwóch poprzednich przypadków, następne nie były widoczne na pierwszy rzut oka i wy-

magaly odsłonięcia podsypki. Okazało się, że grubość jej warstwy pod pokładem wynosi 0,21 m zamiast wymaganej 0,35 m a ponadto jest ona zmieszana z zanieczyszczeniami (rys. 5a). W innym miejscu odkrywka ukazała brak odwodnienia podsypki i jej niewłaściwą granulację (rys. 5b). Wady te można eliminować, prowadząc konsekwentne odbiory robót, również zanikających (ukrytych).

a)



b)



Rys. 5. Wyniki odsłonięcia podsypki: a) zmierzona grubość warstwy 0,21 m i zanieczyszczenia, b) niewłaściwa granulacja oraz brak odwodnienia [fot. G. Gawroński]

Następstwa przedstawionych nieprawidłowości, gdy nie zostaną szybko usunięte, będą się ujawniać w tempie zależnym od miejscowych warunków i obciążenia. W książce [3] udokumentowano przypadek wymiany nawierzchni S49 na podkładach drewnianych, na nawierzchnię S60 z podkładami betonowymi, która po trzech miesiącach eksploatacji była pokryta błotem, a szyny odłączyły się miejscami od przytwierdzeń. Powód – nową nawierzchnię ułożono na nieodwodnionym podtorzu przy całkowicie niedrożnych rowach. Zapomniano też o znanym zjawisku, że sztywniejsza konstrukcja, przy słabym odwodnieniu, będzie ulegać szybszej degradacji, niż konstrukcja o mniejszej sztywności

Przy zbyt małej grubości podsypki i jej niewłaściwej granulacji, w torze będą się tworzyły widoczne nierówności (rys. 6). Gdy wady te są połączone z brakiem odwodnienia, dochodzi do powstawania wytrysków błotnych (wychłapek), przybierających w rozwiniętym stadium postać gniazd (klastrow), w których błoto pokrywa podkłady i przytwierdzenia szyn (rys. 7). Znaczenie odwodnienia, jako podstawy budowy i utrzymania dróg kolejowych nie zawsze jest doceniane⁵.



Rys. 6. Nierówności podłużne w pierwszym roku eksploatacji toru [fot. ze zbiorów IK]



Rys. 7. Gniazdo wychłapek w źle odwodnionym torze [fot. ze zbiorów IK]

Nawet najstaranniejsze wykonanie robót nawierzchniowych, bez starannej budowy podtorza, szczególnie zaś wysokich nasypów przy nowych wiaduktach, spowoduje skrócenie cykli napraw na odcinkach zmodernizowanych linii lub konieczność ograniczania prędkości pociągów.

4. Jakość robót

Uzyskanie przewidywanej trwałości nawierzchni kolejowej wymaga nie tylko pełnego i poprawnego

wykonania wszystkich operacji, lecz również wymaganej jakości ukształtowania toru. Na pojęcie jakości robót składa się ich dokładność uzyskiwana bezpośrednio przed przekazaniem toru do eksploatacji oraz skuteczność, tj. zdolność do zachowania tej dokładności w czasie. Badania tych cech były przedmiotem licznych prac, m.in. [1, 2, 4, 5].

Syntetyczną ocenę poszczególnych operacji kształtujących ostatecznie toki szynowe najlepiej wyrażają odchylenia standardowe nierówności pionowych i poziomych, szerokości oraz wichrowatości toru. Najczęściej stosuje się w tym celu odchylenie standardowe nierówności pionowych, stosowane na wielu kolejach [12].

We Francji przyjmuje się, że przy prędkości 200 km/h odchylenia standardowe nie powinny przekraczać 0,6÷0,8 mm. O możliwości uzyskania większej dokładności świadczy odchylenie standardowe 0,3÷0,4 mm w torze, na którym 3 kwietnia 2007 roku osiągnięto rekord prędkości 574,8 km/h (jedynie w nielicznych punktach wyniosło 0,6 mm) [6].

Na kolejach brytyjskich przy prędkościach większych od 160 km/h zadowalający stan toru określa odchylenie standardowe nie większe niż 1,6 mm, a stan zły 2,2 mm. Na liniach Shinkansen w Japonii, jako odchyłkę nierówności pionowych, wyznaczającą granicę spokojności jazdy, przyjmuje się 7 mm i maksymalną dopuszczalną 10 mm, co przy zastosowaniu znanej reguły 3σ i rozkładzie normalnym populacji wymiarów oznacza odchylenia standardowe odpowiednio 2,3 i 3,3 mm. Według normy [9] odchylenia standardowe nierówności pionowych przy prędkościach 160 < V ≤ 230 km/h i granicy czujności AL (Alert Limit) wynoszą 1,2÷1,9 mm.

Odchylenie standardowe rośnie w funkcji obciążenia i zależy od wielu parametrów eksploatacyjnych. Duże znaczenie ma zwłaszcza jego wartość początkowa, a więc dokładność ukształtowania nowego toru. W pracy [5] przedstawiono modele wzrostu odchylenia standardowego nierówności pionowych, począwszy od jego wartości początkowej 0,6 mm.

Model wzrostu w torze na podkładach betonowych i na linii o prędkości 160 km/h ma postać:

$$\sigma = \sigma_p + \frac{Q^\alpha}{2m}, \quad (1)$$

gdzie:

σ_p – początkowe odchylenie standardowe nierówności pionowych w nowym torze, lub po naprawie w kolejnym cyklu o numerze c ,

⁵ Jednym z ostatnich przykładów jest nowelizacja ustawy o transporcie kolejowym, wprowadzona w lipcu 2016 roku, w której przewidziano, m.in. możliwość użytkowania jednego toru bez wcześniejszego zakończenia budowy systemów odwadniających [źródło: Raport Kolejowy 4/2016, s. 30].

α – wykładnik zależny od typu szyn i numeru kolejnego cyklu c , równy przy szynach typu:
 60E1: $\alpha = 1,70 + 0,05c$, S49: $\alpha = 1,80 + 0,05c$,
 Q – obciążenie [Tg],
 m – masa szyn o długości 1 m przyjmowana w zaokrągleniu do 1 kg.

Według tego modelu po obciążeniu 15 Tg odchylenie standardowe wzrosło od 0,6 mm do 1,4 mm. Wartość początkowego odchylenia standardowego 0,6 mm była osiągnięta w sporadycznych przypadkach na Centralnej Magistrali Kolejowej.

Przy uzyskaniu takiej dokładności robót, pierwsza naprawa nawierzchni z szynami UIC60 byłaby potrzebna po przeniesieniu obciążenia około 15 Tg, po drugiej naprawie zaś – gdyby nawet powtórnie uzyskano analogiczną wartość odchylenia standardowego, jak po ułożeniu nowego toru – po około 13 Tg. Graniczna wartość σ równa 1,5 mm odpowiada w przybliżeniu nierówności pionowej $\pm 4,5$ mm.

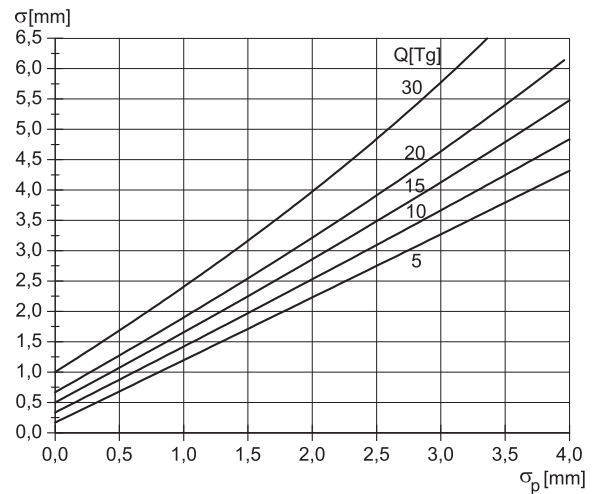
Drugi model opracowany ostatnio przez autora artykułu dla zbliżonych warunków i szyn UIC 60 ma postać:

$$\sigma = \sigma_p + \frac{Q \left(1 + \frac{\sigma_p}{10}\right)}{30} \quad (2)$$

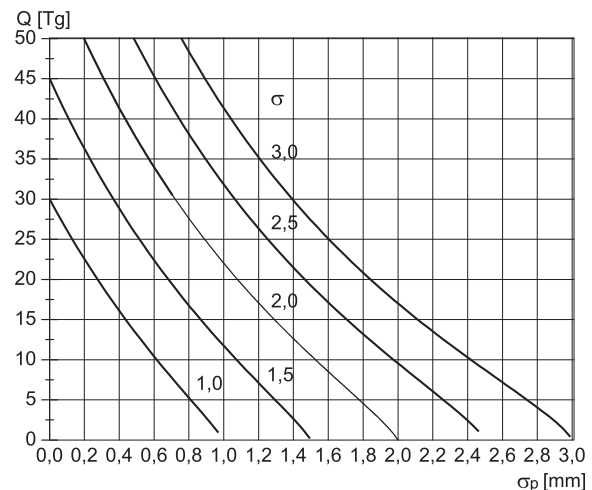
Z rysunku 8, przedstawiającego tę zależność wynika, że między początkowym odchyleniem standardowym σ_p a przyjętym jako graniczne σ , przyrosty obciążenia są nieco większe niż obliczane z modelu (1), co oznacza wolniejszy postęp degradacji. Z przekształcenia (2) otrzymujemy model przedstawiający wpływ początkowej dokładności toru na długość cyklu ograniczonego odchyleniem σ .

$$Q = \left[30(\sigma - \sigma_p) \right]^{1/(\sigma_p/10+1)} \quad (3)$$

Wartość $\sigma = 2$ mm na rysunku 9 może być przyjęta do oceny przeniesionego obciążenia na liniach o prędkości pociągów do 200 km/h. Można to uzasadnić normą [9] i praktyką kolei Shinkansen, natomiast $\sigma = 3$ mm może charakteryzować linie o prędkości 140 km/h i mniejszej. Wykonanie wymiany z dokładnością odpowiadającą $\sigma_p = 0,6$ mm na linii o prędkości 200 km/h oznacza konieczność następnego podbicia i nasunięcia toru po przejściu obciążenia 34 Tg, co przy natężeniu przewozów rzędu 17 Tg/rok daje, przy właściwym stanie podtorza, dwuletni cykl napraw. Dokładność scharakteryzowana $\sigma_p = 1,1 \div 1,2$ mm według tego samego modelu skraca ten cykl do jednego roku, a $\sigma_p = 1,6$ mm – do sześciu miesięcy, co jest już w ogóle nieracjonalne.

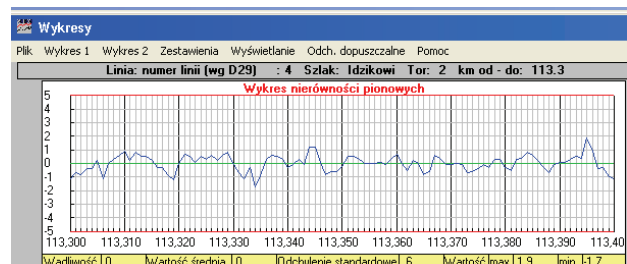


Rys. 8. Odchylenia standardowe nierówności pionowych σ w funkcji odchylen początkowych σ_p i wzrostu obciążenia Q [opracowanie własne]



Rys. 9. Obciążenie toru Q przeniesione od początkowego odchylenia standardowego nierówności pionowych σ_p do stanu określonego odchyleniem σ [opracowanie własne]

Przy odchyleniu standardowym około 0,6 mm (rys. 10) wymiary graniczne są często zbliżone do wartości odpowiadających regule 3σ . W konkretnym przypadku, przy ścisłym spełnieniu tej zasady odchyłki skrajne powinny wynosić $3 \times 0,6 = \pm 1,8$ mm, w rzeczywistości wystąpiła tu niewielka asymetria (1,9 i -1,7 mm).



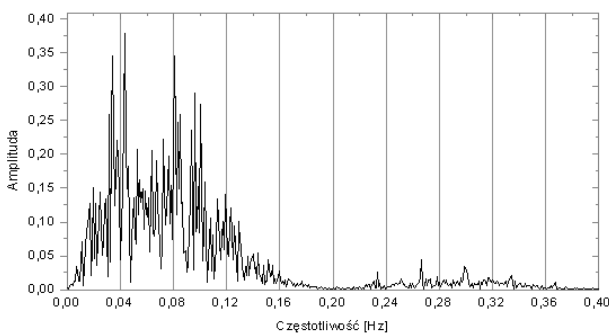
Rys. 10. Nierówności pionowe o odchyleniu standardowym 0,6 mm na długości 100 m toru, przedstawione w systemie SOHRON [opracowanie własne]

Przy prędkościach rzędu 140 km/h i mniejszych, dokładność odpowiadająca $\sigma_p = 1,2$ mm powinna być traktowana jako wartość graniczna, co nie oznacza celowości dążenia do dokładności znacznie większej. Przy odchyleniu tego rzędu zwykle występuje większa asymetria odchyłek skrajnych (rys. 11).



Rys. 11. Nierówności pionowe o odchyleniu standardowym 1,24 mm na długości 500 m toru przedstawione w systemie SOHRON [opracowanie własne]

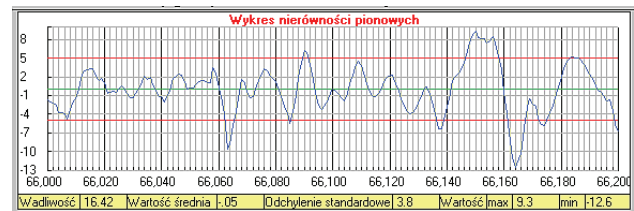
Przedstawione modele zostały oparte na aproksymacji i ekstrapolacji wyników pomiarów w torach o zbliżonych charakterystykach eksploatacyjnych. Prowadzone badania na liniach o wyraźnie zróżnicowanych warunkach konstrukcyjnych i eksploatacyjnych zakończą się zapewne budową modeli obejmujących większą liczbę zmiennych decyzyjnych. Badania te powinny też wyjaśnić powody występowania niesymetrycznych wymiarów skrajnych przy gorszym stanie nawierzchni oraz związek określonej długości fal nierówności toru z pewnymi procesami technologicznymi. Przykładem może być rysunek 12 przedstawiający funkcję gęstości widmowej nierówności pionowych pokazanych na rysunku 11. Wynikająca z niego długość fal 25 i 12,5 m wskazuje na wpływ zgrzein szyn.



Rys. 12. Gęstość widmowa pionowych nierówności toru przedstawionych na rysunku 11 [opracowanie własne]

Wystarczająca jest natomiast liczba nagromadzonych pomiarów wykazujących, że z niemożliwością graniczy uzyskanie dokładności określonej odchyleniem standardowym 0,6 mm w procesie technologicznym, w którym zamiast sprawnych maszyn specjalistycznych używa się tylko koparek i walców oraz wyeksploatowanych podbijarek.

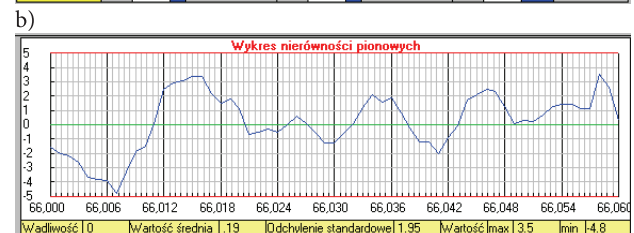
Posługiwanie się odchyleniem standardowym nierówności pionowych jest wystarczające do syntetycznej oceny jakości wykonanej wymiany, nie może jednak zastąpić dokładnych pomiarów przy odbiorze robót. Nie wystarczy ono tym bardziej do oceny już eksploatowanego toru, szczególnie, gdy nawierzchnia charakteryzuje się dużą niejednorodnością. Przykład taki ilustruje rysunek 13. W lewej części tego krótkiego odcinka, nierówności pionowe są znacznie mniejsze niż w części prawej. Różnice, jakie występują w tym torze może wykazać prosty eksperyment polegający na porównaniu jego skrajnych odcinków 60 m. Rysunek 14 przedstawia odcinek lewy, przy czym, oprócz wykresu nierówności pionowych dołączono tu zestawienie wszystkich innych mierzonych wielkości. Rysunek 15 charakteryzuje w analogiczny sposób odcinek prawy. Różnice między tymi dwoma fragmentami toru są bardzo duże i stanowią dowód, że posługując się tylko miarami syntetycznymi można pominąć fragmenty toru wręcz zagrażające bezpieczeństwu jazdy.



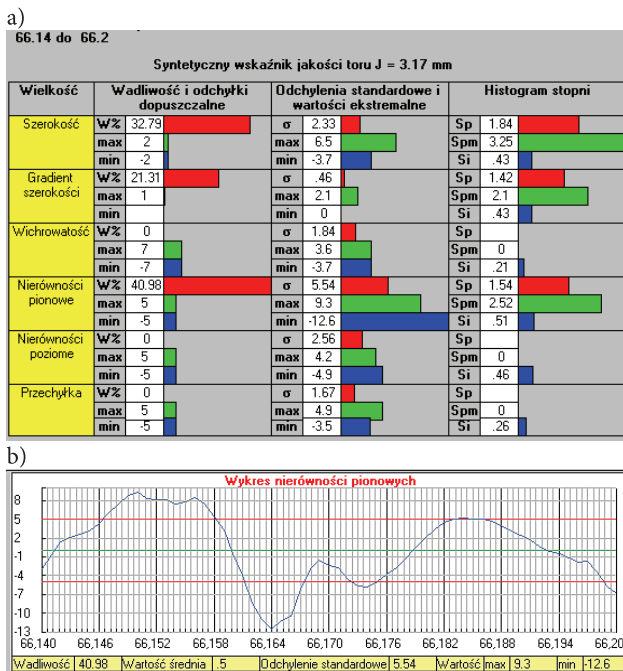
Rys. 13. Zróżnicowane odkształcenia pionowe toru na długości 200 m [opracowanie własne]

a)

Wielkość		Wadliwość i odchyłki dopuszczalne	Odchylenia standardowe i wartości ekstremalne	Histogram stopni
Szerokość	W%	32,79	σ 1,49	Sp 1,35
	max	2	max 2	Spm 1,8
	min	-2	min -3,6	Si 69
Gradient szerokości	W%	8,2	σ 0,25	Sp 1,1
	max	1	max 1,1	Spm 1,1
	min	0	min 0	Si 38
Wichrowatość	W%	4,92	σ 3,01	Sp 1,27
	max	7	max 5,1	Spm 1,34
	min	-7	min -9,4	Si 25
Nierówności pionowe	W%	0	σ 1,95	Sp
	max	5	max 3,5	Spm 0
	min	-5	min -4,8	Si 32
Nierówności poziome	W%	8,2	σ 2,57	Sp 1,09
	max	5	max 5,7	Spm 1,14
	min	-5	min -5,5	Si 37
Przechyłka	W%	29,51	σ 2,39	Sp 1,53
	max	5	max 10,2	Spm 2,04
	min	-5	min 1,6	Si 63



Rys. 14. a) zestawienie wielkości geometrycznych lewego fragmentu toru przedstawionego na rysunku 12, b) nierówności pionowe [opracowanie własne]



Rys. 15. Jak na rysunku 14 tylko prawy skrajny odcinek [opracowanie własne]

5. Wnioski

Rozwój degradacji nawierzchni kolejowej zależy od wielu czynników. Oprócz tak podstawowych czynników, jak intensywność obciążenia, jednym z najważniejszych jest dokładność i skuteczność robót wchodzących w zakres wymian nawierzchni. Prowadzone obserwacje wykazują duże potrzeby i możliwości poprawy w tym zakresie. Z przedstawionych modeli wynika konieczność uzyskiwania dokładności robót wyrażanej odchyleniem standardowym pionowych nierówności toru około 0,6 mm.

Na poprawę jakości wymian nawierzchni wpłynęło doskonalenie technologii jej wykonywania, m.in. zastąpienie obecnie stosowanych maszyn ogólnobudowlanych maszynami specjalistycznymi nowej generacji i konsekwentne przeprowadzanie odbiorów robót, również zanikających (ukrytych). Działaniami tymi musi przyświecać główny cel prowadzenia wymian, jakim jest zwiększenie trwałości nawierzchni i zmniejszenie kosztów jej utrzymania.

Badania zmian zachodzących w nawierzchni powinny zakończyć się nie tylko wynikami poznawczymi, lecz również projektem nowej procedury odbiorów robót dokumentującej obiektywnie jakość uzyskiwaną przez każdego wykonawcę. Bardzo duży zakres robót modernizacyjnych planowanych na najbliższe lata, nadaje temu zadaniu wysoką rangę.

Literatura

- Bałuch H.: *Jakość robót nawierzchniowych i metody jej oceny*, Problemy Kolejnictwa, zeszyt 128, 1998.
- Bałuch H.: *Wpływ jakości robót na trwałość nawierzchni kolejowej*. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Technologie modernizacji i utrzymania linii kolejowych – 50 lat doświadczeń”, Wrocław 3-4 czerwca 2004.
- Bałuch H., Bałuch M.: *Determinanty prędkości pociągów – układ geometryczny i wady toru*, Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2010.
- Bałuch H., Bałuch M.: *Kształtowanie niezawodności nawierzchni w toku modernizacji linii kolejowych*, Problemy Kolejnictwa, zeszyt 162, 2014.
- Bałuch M.: *Jakość robót jako wyznacznik cykli napraw nawierzchni*, Problemy Kolejnictwa, zeszyt 152, 2011.
- Cuccaroni A.: *The TGV-East high-speed line: main infrastructure characteristics and behaviour of the ballasted track during high-speed test runs*, Rail Engineering International, Edition 2008, No. 4.
- Dahlberg T.: *Some railroad settlement models – a critical review*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, Vol. 215.
- Ehrlich A., Gliński B.: *Encyklopedia organizacji i zarządzania*, PWN, Warszawa 2007.
- European Standard EN-13848-5, *Railway applications – Track – Track geometry quality – part 5: Geometric quality levels*, March 2008.
- Helfenberger R.: *Zielwertbasierte Steuerung von Instanhaltungsmengen der Fahrban*, ZEVrail 2016, No. 5.
- Kowalczewski W., Matwiejczuk W. (red.): *Kierunki i metody zarządzania przedsiębiorstwem*, Difin, Warszawa 2007.
- Mundrey J.S.: *Railway track engineering*, 4th ed. Mc Graw-Hill Professional, Acces Engineering, 2009.
- Nemez J.: *Maintaining healthy ballast through consistent maintenance and upkeep*. Railway Track and Structures 2016, No. 3.
- Site inspection and review of items proposed for renewal on primary routes in 2009/10 to assess the justification for the timing and the proposed engineering specification*. Richard Spoors Associates Ltd, 2008.
- Wenty R.: *Ökologische Innovation für die Gleisstandhaltung*. Deine Bahn 2016, Nr 4.

Determinants of Replacing Railway Superstructure

Summary

Replacing track superstructure is supposed to meet several objectives: ensure appropriate durability and safety, enable achieving specified train speed, reduce operational costs, improve the riding quality etc. Obtaining complete durability of superstructure, expressed with transferred load, is the fundamental goal whose reaching requires performing all works provided in the technological process. This task is particularly important in relation to a large range of superstructure replacement expected in upcoming years and great expense of the works. The examples cited in the article demonstrate that encountered defects in workmanship of replacing track substructure cause essential shortening of maintenance cycles and incomplete use of the superstructure durability. Obtaining the required superstructure durability also demands appropriate accuracy of building a new track. This accuracy is often measured by standard deviation of vertical track irregularities. The article presents the developed models of the impact of accuracy defined in this way on the length of the cycle from the completion of the track replacement to the next track repair which comprises tamping and leveling. It has been shown that the standard deviation vertical irregularities of new track should not exceed 0,6 mm. Further researches on examining the quality of replacing railway structure has been signaled.

Keywords: track works, quality, durability

Определители реконструкции верхнего строения пути

Резюме

Реконструкция верхнего строения пути должна исполнять несколько целей: обеспечить подходящий уровень скорости и безопасности, позволить получить ожидаемой скорости поездов, уменьшить эксплуатационные расходы, улучшить плавность хода поезда и др.. В основании пирамиды должно лежать достижение полной долговечности верхнего строения пути, выраженного при помощи перенесенного нагружения. Достижение этой цели требует правильного выполнения всех работ предусмотренных в технологическом процессе. Эта задача приобретает особое значение в связи с ожидаемой в ближайшем году большой реконструкцией верхнего строения пути в Польше и огромными расходами на эти работы. Приведен в статье опыт показывает, что встречаемые дефекты изготовления реконструкции верхнего строения пути приводят к значительному сокращению срока осмотра и неполному использованию долговечности верхнего строения пути. Это довольно часто касается неполного выполнения работ связанных с ремонтом нижнего строения пути. Получение требуемой долговечности верхнего строения пути требует также соответствующей точности при строении нового пути. Эта точность часто выражается при помощи стандартного отклонения вертикальной неровности пути. Статья представляет разработанные модели влияния определенной этим способом точности на продолжительность цикла от завершения реконструкции до следующего ремонта пути заключающегося в его подбивке и выравниванию в горизонтальной плоскости. Проведенные исследования показывают большие возможности улучшения в этой области. Из представленных моделей возникает необходимость достижения точности работ выраженной при помощи стандартного отклонения вертикальной неровности пути ок. 0,6 мм. Советуется дальнейшие исследования качества верхнего строения пути.

Ключевые слова: путевые работы, качество, долговечность