

OCENA JAKOŚCI GEOMETRYCZNEJ TORÓW I ROZJAZDÓW NA ZMODERNIZOWANYCH LINIACH KOLEJOWYCH

Grzegorz Stencel

mgr inż., specjalista inżynierjno-techniczny, Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów, 04-275
Warszawa, ul. Chłopickiego 50, tel.: 22 47 31 431, gstencel@ikolej.pl

Streszczenie. *W opracowaniu zawarto ocenę jakości geometrycznej zmodernizowanych linii kolejowych. Przeanalizowano wybrane aspekty jakości geometrycznej torów i rozjazdów bezpośrednio po wykonanej naprawie, a także po pewnym okresie eksploatacji. Sformułowano wnioski dotyczące możliwości poprawy jakości prac w ramach prowadzonych inwestycji.*

Słowa kluczowe: *inwestycje, jakość geometryczna, tory, rozjazdy*

Wprowadzenie

Ocena jakości geometrycznej torów i rozjazdów od początku budownictwa kolejowego jest niezbędna dla bezpieczeństwa ruchu pociągów. Odpowiednie wykorzystanie wyników oceny pozwala na skuteczne diagnozowanie zjawisk zachodzących w budowli oraz wczesne przeciwdziałanie usterkom, co nie tylko zapewnia bezpieczeństwo, ale także niezawodność i ekonomiczność.

Techniki pomiarowe służące do oceny podlegają szybkiemu rozwojowi, dzięki czemu możemy gromadzić coraz więcej różnych danych i informacji. Jednakże zbyt duża ilość danych powoduje, że coraz trudniej jest „wyłowić w gąszczu” to, co jest najbardziej istotne, przez co ogólny obraz ulega rozmyciu.

W przykładach przedstawionych w niniejszym artykule skupiono się na wybranych aspektach podlegających ocenie przy odbiorach robót modernizacyjnych. Zaprezentowano również przykłady wskazujące na konieczność udoskonalenia technik oceny jakości geometrycznej nawierzchni.

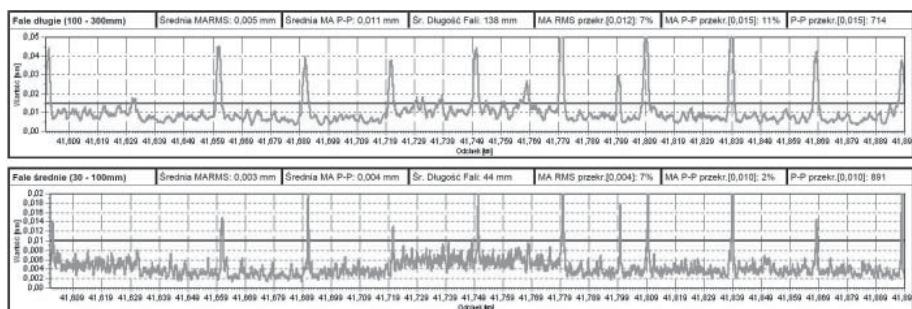
Ocena nierówności powierzchni tocznej szyn

W ramach oceny porównano wyniki pomiarów nierówności powierzchni tocznej nowych szyn. W pierwszym przypadku, szyny poddano szlifowaniu po zabudowie, natomiast w drugim przypadku taki zabieg nie był wykonany. Na wykresach poniżej przedstawiono średnie ruchome wartości międzyszczytowej (peak-to-pe-

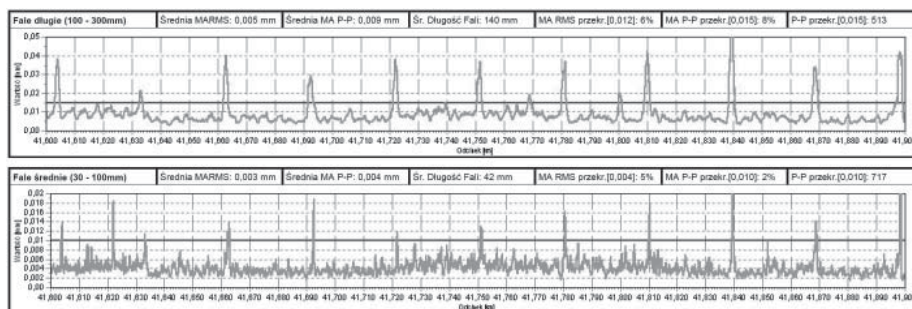
ak) dla fal o długościach 30-100 mm oraz 100-300 mm. Pogrubiona linia pozioma oznacza dopuszczalną wartość określoną przez normę PN-EN 13231-3:2012 wykorzystywaną przy ocenie jakości prac po przeprowadzeniu profilowania szyn. Norma ta dopuszcza wadliwość wynoszącą 5%. Wadliwość dla fal o długości 100-300 mm przekracza tę wartość, gdyż wynosi 11% po zabudowie i 7% po przeniesieniu obciążenia 20 Tg, co spowodowane jest przede wszystkim nadmiernymi nierównościami w rejonie złączy zgrzewanych, występującymi co 30 m. Nierówności te, o ile znajdują się w dopuszczalnych granicach, można usunąć poprzez szlifowanie, co widać na rysunkach 3 oraz 4.

Jest to zabieg wskazany również z uwagi na zachowanie wartości gradientu toru. Na rysunku 5 przedstawiono wykres gradientu z tego samego odcinka, co na rysunku 1 i 2. Widać wyraźnie, że nierówności złączy rozmieszczonych co 30 m wpływają na kilku procentową wadliwość gradientu. Co ciekawe, kolejne pomiary wskazują na niewielki wzrost tych odchylek, co w praktyce obserwujemy często, ale w nieco większej skali tego zjawiska.

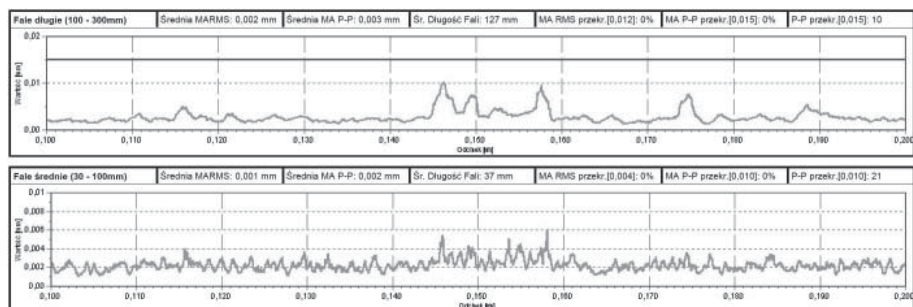
Potwierdzeniem narastania nierówności są również wykresy na rysunkach 3 i 4, gdzie w km 0,140-0,160 można zaobserwować wzrost nierówności w rejonie złącza szynowego, której nie udało się usunąć w trakcie robót szlifierskich.



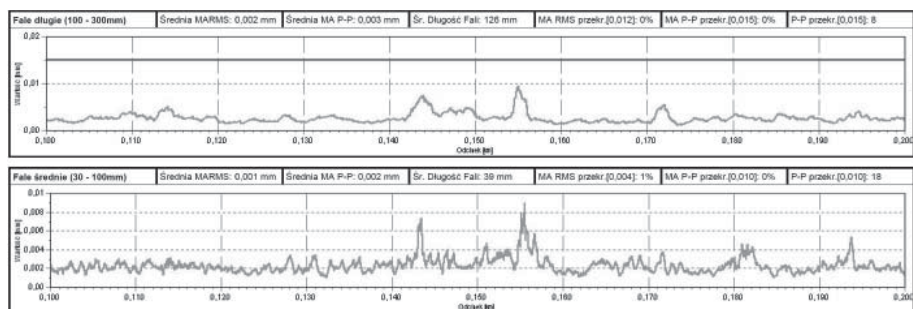
Rys. 1. Wykres nierówności powierzchni toczonej – tor nieszlifowany – pomiar po zabudowie



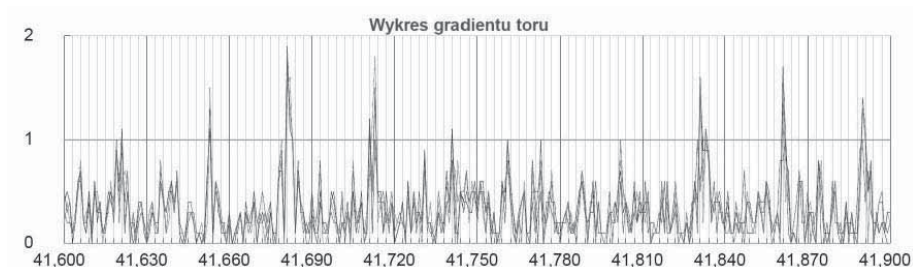
Rys. 2. Wykres nierówności powierzchni toczonej – tor nieszlifowany – pomiar po 20 Tg



Rys. 3. Wykres nierówności powierzchni toczonej – tor szlifowany – pomiar po zabudowie



Rys. 4. Wykres nierówności powierzchni toczonej – tor szlifowany – pomiar po 20 Tg



Rys. 5. Wykres gradientu toru – tor nieszlifowany – pomiar po 20 Tg

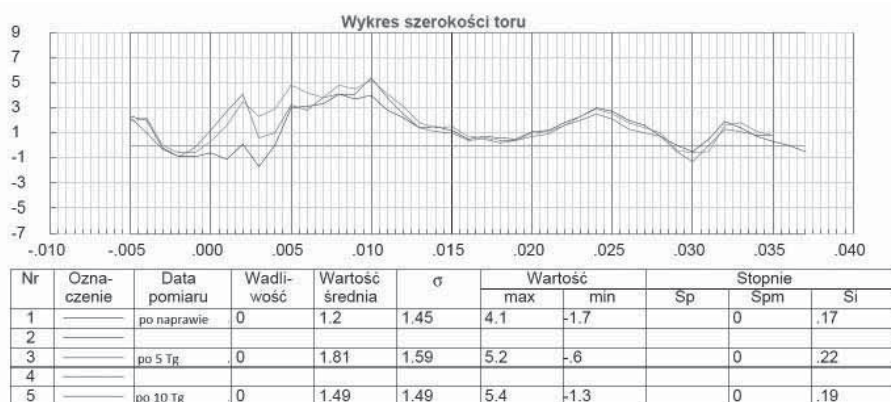
Tym nie mniej porównanie wykresów nierówności toru szlifowanego oraz toru nieszlifowanego pozwala na wyciągnięcie pierwszych wniosków dotyczących zasadności szlifowania szyn nowych. Średnie wartości w przypadku toru nieoszlifowanego wynoszą 0,009 mm dla fal w zakresie 100-300 mm oraz 0,004 mm dla fal w zakresie 30-100 mm, natomiast na torze szlifowanym nierówności wynoszą odpowiednio 0,003 oraz 0,002 mm. Dalsze pomiary i obserwacje na tych odcinkach powinny pozwolić na kolejne wnioski dotyczące korzyści szlifowania szyn nowych po przeprowadzonych naprawach.

Ocena szerokości w rozjazdach

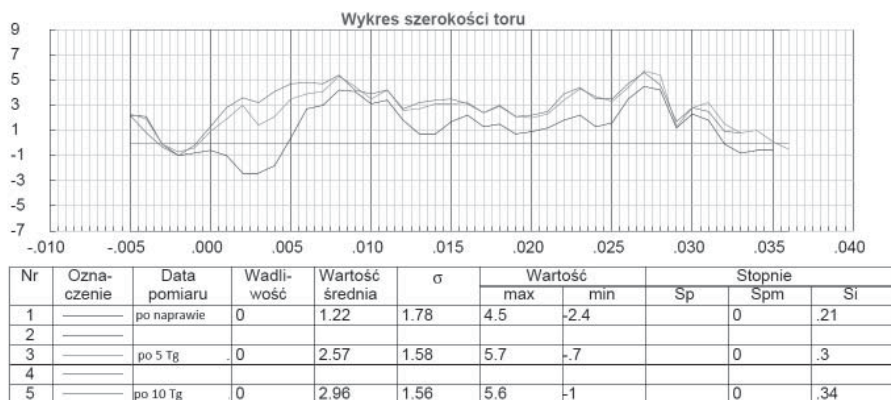
Utrzymanie właściwej szerokości toru w rozjazdach, pomimo odejścia od stosowania podrozjazdnic drewnianych na rzecz podrozjazdnic betonowych, jest wciąż aktualny. Dowodzi temu wiele pomiarów wykonanych przez pracowników Instytutu Kolejnictwa.

Na rysunkach 6÷9 przedstawiono wykresy szerokości toru dwóch rozjazdów o promieniu 300 m na podrozjazdnicach betonowych zabudowanych w tym samym czasie na tej samej linii. Na obydwu rozjazdach obciążenie przewozami jest jednakowe.

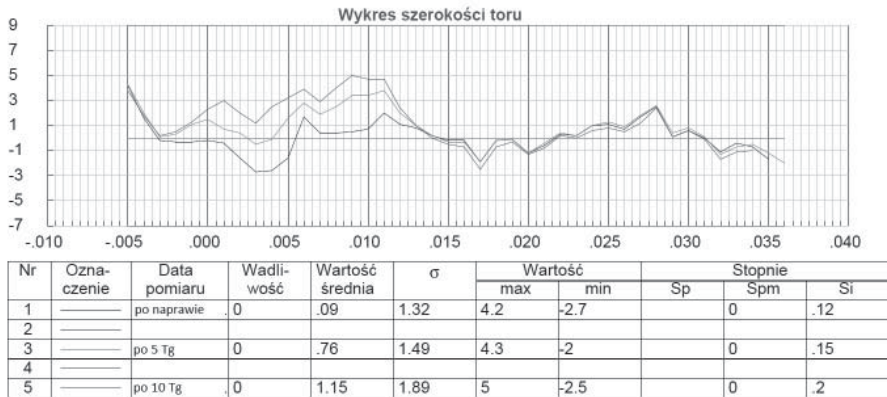
Pomiary szerokości wykonano toromierzem TEC na kierunku zasadniczym i zwrotnym (krok pomiarowy 0,5 m). Szerokość nominalna w ostrzu iglicy wynosi 1439 mm, na pozostałej części rozjazdu wynosi 1435 mm. Odchyłki dopuszczalne przyjęto jak dla toru ($V=120$ km/h).



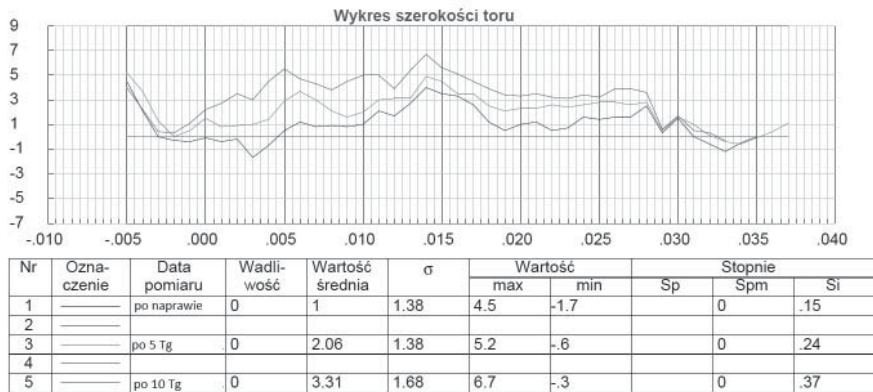
Rys. 6 Wykres szerokości – rozjazd nr 1, tor zasadniczy



Rys. 7 Wykres szerokości – rozjazd nr 1, tor zwrotny



Rys. 8 Wykres szerokości – rozjazd nr 2, tor zasadniczy

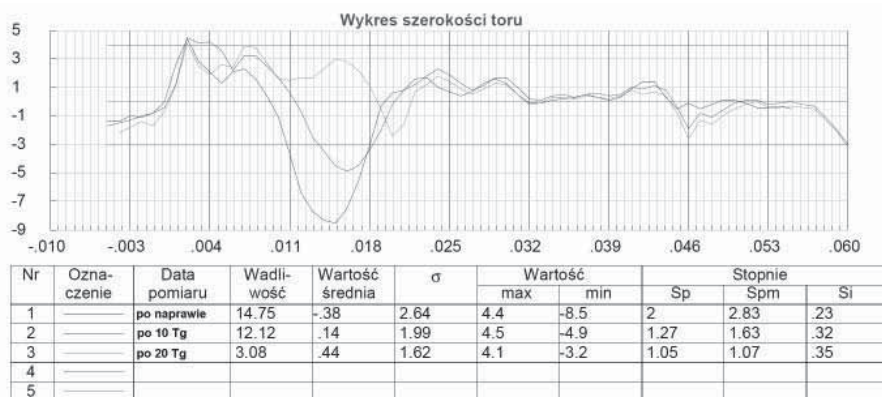


Rys. 9. Wykres szerokości – rozjazd nr 2, tor zwrotny

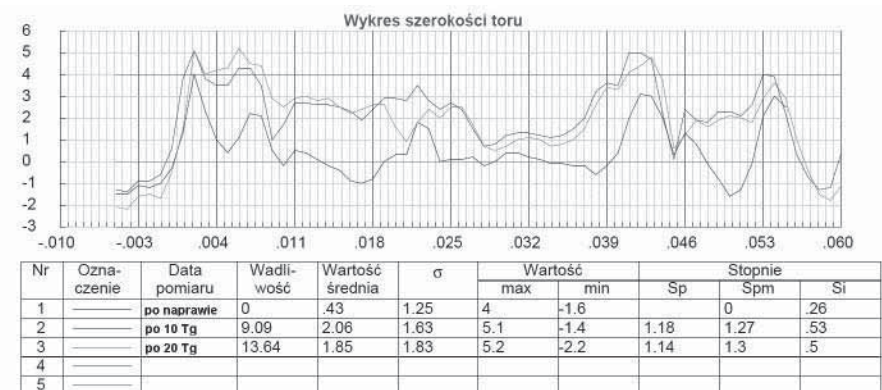
Zużycie boczne szyn w tych rozjazdach nie przekraczało 1 mm w zwrotnicy, a w pozostałej części rozjazdu praktycznie nie występowało. W związku z koniecznością prezentacji wykresów w odcieniach szarości, należy sprecyzować, że wykresy z pomiarów po 10 Tg osiągają największe wartości szerokości. Na poniższych wykresach przyjęto odchyłki dopuszczalne zapewniające spokojność jazdy przy prędkości 120 km/h jak dla toru, zatem są to wartości mniej restrykcyjne, gdyż dla rozjazdów bez względu na prędkość obowiązuje odchyłka szerokości +5/-3 mm.

Pobieżna analiza rodzi pokusę zbagatelizowania tego problemu i prowadzi do mylnej tezy, że utrzymanie właściwej szerokości w rozjeździe na podrozjazdnicach betonowych jest trudne wyłącznie w rozjazdach o małych promieniach toru zwrotnego. Mylności tej tezy dowodzą poniższe wykresy szerokości torów w rozjeździe o promieniu 1200 m. Widać wyraźnie, że zjawisko przebiega podobnie, tzn. na torze zasadniczym zmiana szerokości toru następuje w zasadzie wyłącznie w zwrotnicy, natomiast na torze zwrotnym przebiega ona praktycznie na całej długości roz-

jazdu. Przyjęto odchyłki dopuszczalne zapewniające spokojność jazdy po rozjeździe z prędkością 200 km/h na kierunku zasadniczym (wg projektu Instrukcji Id-4).



Rys. 10. Wykres szerokości – rozjazd nr 3, tor zasadniczy



Rys. 11. Wykres szerokości – rozjazd nr 3, tor zwrotny

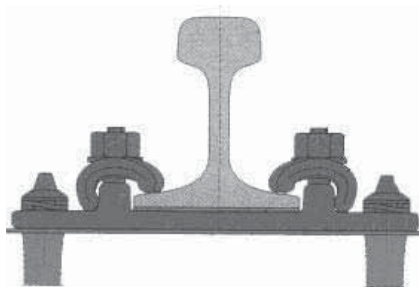
Na wykresach przyjęto bardziej rygorystyczne odchyłki dopuszczalne, ale na uwagę zasługuje fakt, że zmiana szerokości jest podobna, czyli wynosi średnio do 1 mm na torze zasadniczym oraz do 2 mm na torze zwrotnym, ale przy dwukrotnie większym obciążeniu badanego rozjazdu. Odchylenie standardowe jest we wszystkich przypadkach podobne i poza jednym wyjątkiem przyjmuje wartości od 1,25 do 2 mm. Wymienione wartości nie wymagają co prawda natychmiastowych działań naprawczych, gdyż wg obecnie obowiązującej Instrukcji Id-4 szerokość w rozjeździe może wynosić od +5 do -3 mm, ale wskazują że konieczna jest bardziej dokładna niż dotychczas diagnostyka rozjazdów, pozwalająca na zarejestrowanie parametrów geometrycznych w większej liczbie przekrojów pomiarowych. Przy pomiarze zgodnym z obecnie obowiązującą Instrukcją Id-4 zjawisko zaprezentowane na wykresach byłoby trudne do zdiagnozowania.

Regulacja szerokości w rozjazdach

W tym miejscu celem autora nie jest opisanie technologii robót związanej z regulacją szerokości toru na podrozjazdnicach betonowych, lecz wskazanie przyczyn poszerzenia oraz zakresu możliwych działań.

W celu obliczenia możliwych zakresów szerokości torów w rozjeździe przeanalizowano następujące wymiary oraz dopuszczalne odchyłki węzła przytwierdzenia przedstawionego na rysunku 1:

- szerokość główki szyny¹: 72 \pm 0,5 mm,
- szerokość stopki szyny: 150 \pm 1 mm,
- asymetria szyny: 1,2 mm,
- szerokość komory szynowej podkładki żebrowej: 152 \pm 1/0 mm,
- położenie żebra względem osi otworu w podkładce: 79 \pm 1,0 mm,
- średnica otworu w podkładce żebrowej: 26 \pm 0,5 mm,
- średnica wkręta: 24 \pm 0,5 mm,
- średnica wewnętrzna dybla 24 \pm 0,3/0,0 mm,
- „duży” rozstaw dybli w podrozjazdnicy: 1507,6 \pm 1 mm.



Rys. 12. Przykład węzła przytwierdzenia stosowanego w rozjazdach z podrozjazdnicami betonowymi

Dodatkowym czynnikiem mającym wpływ na szerokość toru jest położenie szyny w podkładce żebrowej oraz położenie podkładki żebrowej względem wkrętów. Są to bardzo istotne czynniki, ponieważ:

- nominalna szerokość stopki szyny wynosi 150 mm, a nominalna szerokość komory szynowej ma wartość 152 mm,
- nominalna średnica otworu w podkładce żebrowej wynosi 26 mm, a nominalna średnica wkręta ma wartość 24 mm.

W analizie wyznaczono łącznie pięć wariantów szerokości toru możliwych do uzyskania. Poszczególne warianty różnią się wymiarami poszczególnych elementów przytwierdzenia oraz położeniem podkładki żebrowej względem szyn i wkrętów. Przyjęto pochylenie szyn 1:∞. Pominięto natomiast możliwość odkształcenia elementów oraz występowanie elementów wadliwych. Pozostałe założenia przyjęte w poszczególnych wariantach przedstawia tabela 1.

1 Przyjęto wymiar szyny 60E1 o klasie przekroju AX wg normy PN-EN 13674-1:2011.

Tabela 1. Warianty szerokości toru w rozjeździe

L.p.	Numer wariantu	Przyjęte założenie					
		Wymiary elementów			Polozenie podkładek żebrowych i szyn		
		nominalne	sprzyjające zwężeniu	sprzyjające poszerzeniu	osiowe	do wewnątrz toru	na zewnątrz toru
1	Wariant 0						
2	Wariant 1						
3	Wariant 2						
4	Wariant 3						
5	Wariant 4						

W tabelach 2 i 3 przedstawiono wszystkie wymiary przyjęte do obliczeń w poszczególnych wariantach. W tabeli 3 podano również wpływ poszczególnych odchylek na końcową szerokość toru.

Tabela 2. Warianty szerokości toru w rozjeździe przy założeniu wymiarów nominalnych elementów

	Wariant 1	Wariant 0	Wariant 2
Szerokość główki szyny	72	72	72
Szerokość stopki szyny	150	150	150
Asymetria szyny	0	0	0
Szerokość komory szynowej	152	152	152
Polozenie otworu	79	79	79
Średnica otworu	26	26	26
Średnica wkręta	24	24	24
Średnica wewnętrzna dybla	24	24	24
„duży” rozstaw dybli	1507,6	1507,6	1507,6
Polozenie elementów	<i>do wewnątrz</i>	<i>osiowe</i>	<i>na zewnątrz</i>
Szerokość toru	1431,6	1435,6	1439,6

Tabela 3. Warianty szerokości toru w rozjeździe przy założeniu wymiarów maksymalnych i minimalnych elementów

	Wpływ na szerokość toru	Wariant 3	Wariant 0	Wariant 4
Szerokość główki szyny	2x0,25	72,5	72	71,5
Szerokość stopki szyny	2x0,5	149	150	149
Asymetria szyny	2x1,2	1,2	0	1,2
Szerokość komory szynowej	+2x0,5/-0,0	153	152	153
Polozenie otworu	2x1,0	78	79	80
Średnica otworu	2x0,25	26,5	26	26,5
Średnica wkręta	2x0,25	23,5	24	23,5
Średnica wewnętrzna dybla	+2x0,15/-0,0	24	24	24,3
„duży” rozstaw dybli	1,0	1506,6	1507,6	1508,6
Polozenie elementów	2x2,0	<i>do wewnątrz</i>	<i>osiowe</i>	<i>na zewnątrz</i>
Szerokość toru	Razem: +13,2/-11,9	1423,7	1435,6	1448,8

Na podstawie powyższej analizy można sformułować następujące tezy:

- w rozjazdach z podrozjazdnicami betonowymi, w przypadku, gdy wymiary poszczególnych elementów przytwierdzeń byłyby nominalne, istnieje możliwość regulacji szerokości do 8 mm (± 4 mm),

- w przypadku, gdy wymiary elementów nie są nominalne, w zależności od konfiguracji, istnieje możliwość regulacji szerokości do 25 mm (+13,2/-11,9).

Powyższe wartości tolerancji teoretycznie możliwej do uzyskania, w praktyce nigdy nie wystąpią. Żeby wyznaczyć bardziej prawdopodobną wartość tolerancji, należałoby wziąć pod uwagę wartości wymiarów gotowych elementów na określonej próbie losowej. Pozwoliłoby to na wyznaczenie m.in. wartości średniej poszczególnych wymiarów oraz odchylenia standardowe. W związku z tym, że na potrzeby przygotowania niniejszego artykułu niemożliwa była tak szczegółowa analiza, można przyjąć, że w większości przypadków tolerancja wymiarowa szerokości w rozjazdach na podrozjazdnicach betonowych wynosi do 10 mm, co potwierdzają doświadczenia autora w tym zakresie.

Wnioski

Przedstawione w artykule przykłady zużycia nowych konstrukcji rozjazdowych skłaniają do wniosku, że zwiększenie trwałości nawierzchni jest zadaniem dla wszystkich podmiotów zaangażowanych w procesie inwestycyjnym. Zjawiska te wskazują na konieczność rozwinięcia obecnie stosowanych procesów diagnostycznych. Brak działań w tym zakresie może oznaczać zmniejszenie trwałości nowych konstrukcji i przyspieszoną ich degradację.

Wyniki pomiarów przedstawionych w artykule pozwalają wykazać zasadność kontynuacji pomiarów nawierzchni nie tylko z punktu widzenia oceny jakości robót, ale również ze względu na trwałość nawierzchni kolejowej.

W początkowym okresie eksploatacji zmiana szerokości w rozjazdach wynosi średnio do 1 mm na torze zasadniczym oraz do 2 mm na torze zwrotnym. Dalsze pomiary mogą odpowiedzieć na pytanie czy skala zjawiska będzie się zwiększać, co wiązałoby się z koniecznością napraw.

Średnie wartości nierówności powierzchni tocznej szyn po przeprowadzeniu szlifowania w trybie początkowym są około 2-3 razy mniejsze niż w przypadku szyn nie poddanych zabiegowi szlifowania. W dalszym okresie eksploatacji możliwa będzie obserwacja porównawcza dotycząca zarówno rozwoju nierówności, jak i wad kontaktowo-zmęczeniowych.

Literatura

- [1] Bałuch H., Trwałość i niezawodność eksploatacyjna nawierzchni kolejowej. WKiŁ, Warszawa 1980.
- [2] Bałuch H., Jakość robót nawierzchniowych i metody jej oceny. Problemy Kolejnictwa 1998, nr 128.

- [3] Bałuch H., Bałuch M., Eksploatacyjne metody zwiększenia trwałości rozjazdów kolejowych. CNTK, Warszawa 2009.
- [4] Bałuch H., Bałuch M., Kształtowanie układów geometrycznych toru z uwzględnieniem trwałości nawierzchni. Technika Transportu Szynowego 2009 nr 7/8.
- [5] Bałuch H., Bałuch M., Determinanty prędkości pociągów – układ geometryczny i wady toru. IK, Warszawa 2010.
- [6] Id-1 (D1) – Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych. Zarządzenie Zarządu PKP PLK S.A. Nr 14 z dnia 18 maja 2005 r. w sprawie wprowadzenia „Warunków technicznych utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1)”. Biuletyn PKP PLK S.A., Załącznik B nr 02 z dnia 10 czerwca 2005 r., poz. 15 z późniejszymi zmianami.
- [7] Id-4 (D6) – Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów. Zarządzenie Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. nr 15 z dnia 18 maja 2005 r. Biuletyn PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. nr 02 z dnia 10 czerwca 2005 r., poz. 16.
- [8] PN-EN 13231-3:2012 Kolejnictwo. Tor. Odbiór prac. Część 3: Odbiór reprofiltowanych szyn w torze.
- [9] Stencel G., Analiza porównawcza metod pomiaru nawierzchni kolejowej, stosowanych do oceny jakości geometrycznej toru. Przegląd Komunikacyjny nr 9-10/2011.
- [10] Stencel G., Diagnostyka rozjazdów kolejowych w początkowym okresie ich eksploatacji. I Międzynarodowe Spotkanie Diagnostyki Infrastruktury Szynowej. Zawiercie, wrzesień 2012.