

Proces technologiczny naprawy głównej toru i podtorza zespołem PUN dla prędkości pociągów 250 km/h

W ostatnich latach powstały realne przesłanki utworzenia europejskiej sieci kolejowej dla dużych prędkości. W skład tej sieci ma wejść również linia CMK, na przykładzie której chcemy przedstawić najnowszy proces technologiczny naprawy głównej toru i podtorza z wykorzystaniem zespołu PUN dla prędkości 250 km/h.

Zadaniem techniki kolejnictwa jest poszukiwanie w zakresie infrastruktury (szczególnie nawierzchni), taboru i urządzeń zabezpieczenia ruchu kolejowego takich rozwiązań, które zapewniając bezpieczeństwo spełniałyby warunek rentowności podczas wprowadzania coraz to większych prędkości.

Celem artykułu jest przedstawienie najnowszego procesu technologicznego naprawy głównej toru i podtorza, z uwzględnieniem wszystkich niezbędnych czynności i operacji związanych z tym procesem.

Technologia naprawy głównej toru dla prędkości 250 km/h

Centralna Magistrala Kolejowa (CMK) zbudowana została w latach 1971–1977. Układ geometryczny tej linii, długości 224 km, umożliwia prowadzenie ruchu pociągów z prędkością do 250 km/h. Stan nawierzchni w 1994 r. kwalifikował nawierzchnię na linii do wykonania remontu kapitalnego niezależnie od stosowanej prędkości. Zaplanowano naprawę główną i już w 90% ją zrealizowano. W 2000 r. planowane jest zakończenie naprawy, z przystosowaniem toru do prędkości 250 km/h. Osiągnięcie tej prędkości w normalnej eksploatacji będzie możliwe jednak dopiero po modernizacji sieci trakcyjnej, likwidacji przejazdów w poziomie szyn oraz wprowadzeniu systemu sygnalizacji kabinowej.

Zakład Napraw Infrastruktury uczestniczy w różnych fazach procesu modernizacji CMK, od pierwszego dnia jej naprawy do chwili obecnej, co pozwoliło na zebranie wielu praktycznych obserwacji dotyczących technologii budowy toru kolejowego.

Technologie prowadzenia robót stopniowo się zmieniały, począwszy od technologii z użyciem suwnic SBT, następnie pociągu SUM-1000, obecnie wymianę wykonuje się za pomocą pociągu P-93, który wchodzi w skład zespołu PUN i jest jednostką wykonawczą w Zakładzie Maszyn Torowych w Krakowie.

W 1995 r. PKP zakupiła dwa pociągi typu P-93 UMP do potokowej wymiany nawierzchni kolejowej. Maszyny te produkowane są przez szwajcarską firmę Matis, która ma wieloletnie tradycje w produkcji tego typu urządzeń. Bazując na własnych pociągach do potokowej wymiany nawierzchni P-93, zbudowano zespół PUN-1 i PUN-2.

W skład zespołu PUN wchodzi oczyszczarki tłucznia OT-800 i RM-80 oraz grupa transporterów samowyladowczych MFS-40YP (TMS-40) do robót poprzedzających wymianę. Sekcja Zmechanizowanych Robót Nawierzchniowych (ISMN), reprezentując jednostkę wykonawczą Zakładu Naprawy Infrastruktury (IN) w Radomiu, jest odpowiedzialna za organizację robót.

W przyjętej technologii za bardziej ekonomiczną uznano pracę w zamknięciach dobowych. Każdego roku technologię ulepszano dążąc do zwiększenia wydajności maszyn, obniżenia kosztów remontu i, dzięki zastosowaniu stabilizatora toru DGS, wprowadzenia prędkości rozkładowej po otwarciu toru dla ruchu pociągów.

Wprowadzając oczyszczanie maszynami wysokowydajnymi RM-80 i OT-800, eliminuje się oczyszczanie pięcioma OT-400, co oprócz lepszych parametrów daje także korzyści ekonomiczne.

W nowej technologii uległy również zmianie metody zapinania łapek sprężystych, zgrzewania szyn bezpośrednio za pociągiem P-93, rozładunku szyn długich, zbiórki szyn, śrub i pierścieni. Wprowadzono również obowiązkowe szlifowanie szyn. Zmiany te w znacznym stopniu ograniczają zatrudnienie oraz obniżają koszty.

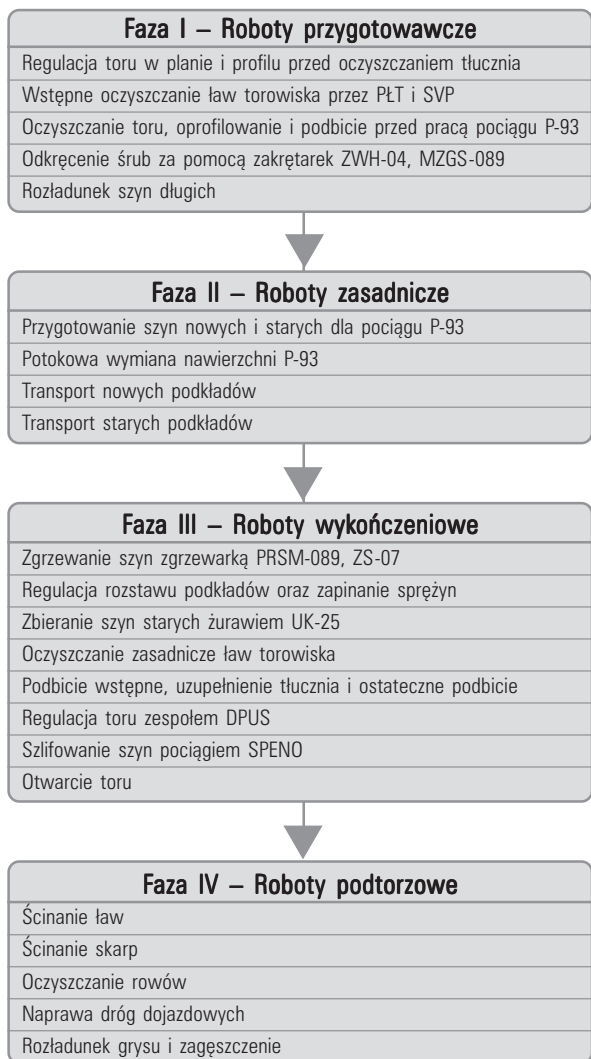
Jednocześnie z robotami nawierzchniowymi przeprowadzana jest modernizacja podtorza, co jest niezbędne do poprawienia parametrów linii kolejowej.

Proces technologiczny przedstawiono za pomocą wykresu czterech faz (rys. 1) oraz sieci czynności opartej na metodzie grafów (rys. 2). Ustawienia maszyn do naprawy głównej przedstawiono na rysunkach 3 i 4, a łączność radiotelefoniczną i nadzór poszczególnych grup roboczych na rysunku 5.

Proces napraw podtorza

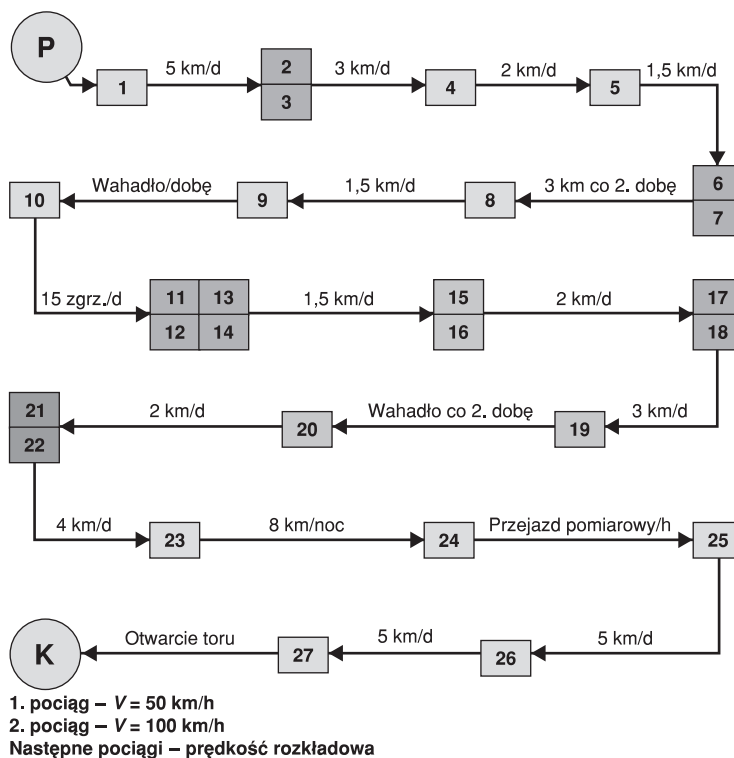
Naprawa podtorza prowadzona jest równoległe z wymianą nawierzchni i obejmuje następujące roboty:

1. Oczyszczanie wstępne ław przed wymianą nawierzchni przez dwie maszyny typu PŁT + dwa zestawy wagonów PTO w przekopach, które miało także na celu wrzucenie jak największej ilości tłucznia w skrajnię pracy belki przed oczyszczeniem przez oczyszczarki, oraz poprawienie oczyszczenia ław po wymianie celem odzyskania jak najczystszej ilości tłucznia, oraz nadania ostatecznych parametrów geometrycznych ławie w stosunku do projektowanej niwelety. Dzienny średni przerób dwóch maszyn PŁT wynosi $1500 \times 2 = 3000$ m.



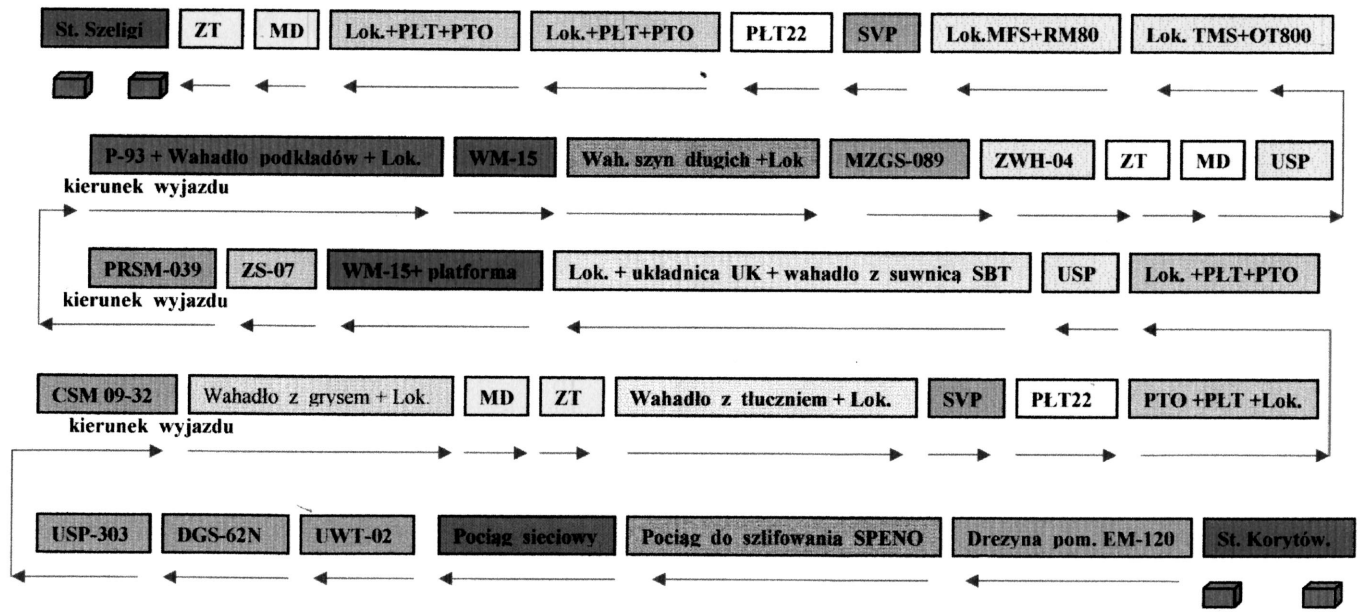
Rys. 1. Fazy procesu technologicznego

- Oczyszczanie skarpy i rowów przez dwie maszyny UDS prowadzone jest już po pracy PŁT i SVP, także równoległe do robót nawierzchniowych. Maszyny te pracują wraz ze spycharką i w razie potrzeby ładowarką Ł-34, które teren równają. W razie konieczności nadmiar ziemi wywożony jest wywrotkami w ustalone lokalizacje. Dzienny przerób dwóch maszyn UDS wynosi $300 \times 2 = 600$ m.
- Oczyszczanie ław przez SVP (szczególnie przy słupach) wykonuje się zarówno przed wymianą, jak i po wymianie. Wydajność tej maszyny jest wystarczająca by w technologii pracować wspólnie w zespole z dwoma maszynami PŁT oraz ze ścinarką ław PŁT-22.
- Wygarnięcie nadmiaru ziemi w terenach równinnych i nasypach wykonuje maszyna PŁT-22, która ze względu na specjalistyczne możliwości swojego mechanizmu roboczego (połączenie mechanizmów PŁT, SVP i UDS) pracując na torze może wygarniać na dużą odległość nadmiary ziemi.
- Rozładunek kłosa na ławach z wagonów tzw. śrutówek przy użyciu specjalnych blach zsykowych, jego rozplantowanie za pomocą SVP i zagęszczenie żabami celem wzmocnienia oraz dobrego odwodnienia łąwy.

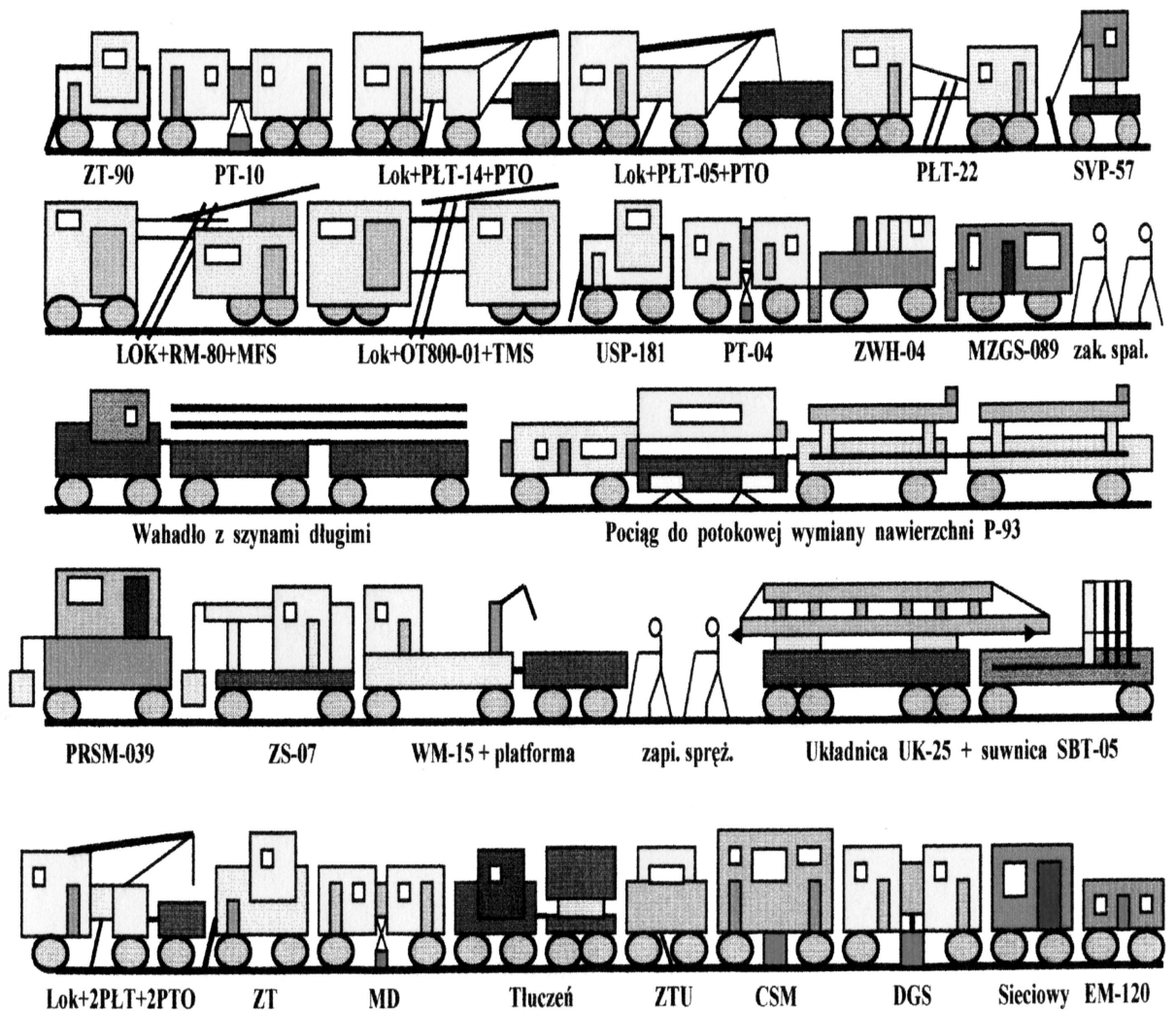


Kolejność	Opis operacji procesu technologicznego	Czas trwania
1	Regulacja toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej przed oczyszczeniem tłucznia	5 km/dobę
2	Wstępne oczyszczanie ław torowiska przez PŁT i SVP	3 km/dobę
3	Oczyszczanie toru OT-800, RM-80 (2 km/dobę)	
4	Oprofilowanie pryzmy podsypki zgarniarką ZT i podbicie toru podbijarką MD	2 km/dobę
5	Odkręcenie śrub za pomocą zakrętarek ZWH-04, MZGS-089	1,5 km/dobę
6	Rozładunek długich szyn	3 km/2 doby
7	Przygotowanie szyn nowych i starych dla pociągu P-93	
8	Potokowa wymiana nawierzchni pociągami P-93	1,5 km/dobę
9	Transport podkładów na przerób dzienny i transport starych podkładów do bazy w Żytkowicach	1 wahadło/dobę
10	Zgrzewanie zgrzewarką PRSM-039, ZS-07	15 zgrzewów/dobę
11	Rozładunek sprężyn i korków	
12	Zbieranie uszkodzonych podkładów	
13	Regulacja rozstawu podkładów	
14	Zapinanie sprężyn	2 km/dobę
15	Cięcie szyn starych na 25-metrowe odcinki	
16	Zbieranie szyn starych żurawiem UK-25 i załadunek suwnicą SBT-2,5 na wahadło	2 km/dobę
17	Oprofilowanie ław profilarką USP	
18	Oczyszczenie zasadnicze ław przez PŁT i SVP	3 km/dobę
19	Uzupełnienie tłucznia	1 wahadło/2 doby
20	Podbicie zasadnicze podbijarką MD i oprofilowanie profilarką USP	2 km/dobę
21	Ostateczna regulacja toru w planie i profilu przez CSM	4 km/dobę
22	Stabilizacja toru DGS	8 km/noc
23	Szlifowanie szyn pociągami SPENO	
24	Ocena stanu toru drezyną pomiarową EM-120	1 przejazd/h
25	Montaż urządzeń zabezpieczenia	5 km/dobę
26	Montaż uszynień, regulacja sieci, załączenie napięcia	5 km/dobę
27	Otwarcie toru – 1. poc. V = 50 km/h, 2. poc. V = 100 km/h, kolejne pociągi: V = rozkładowa	

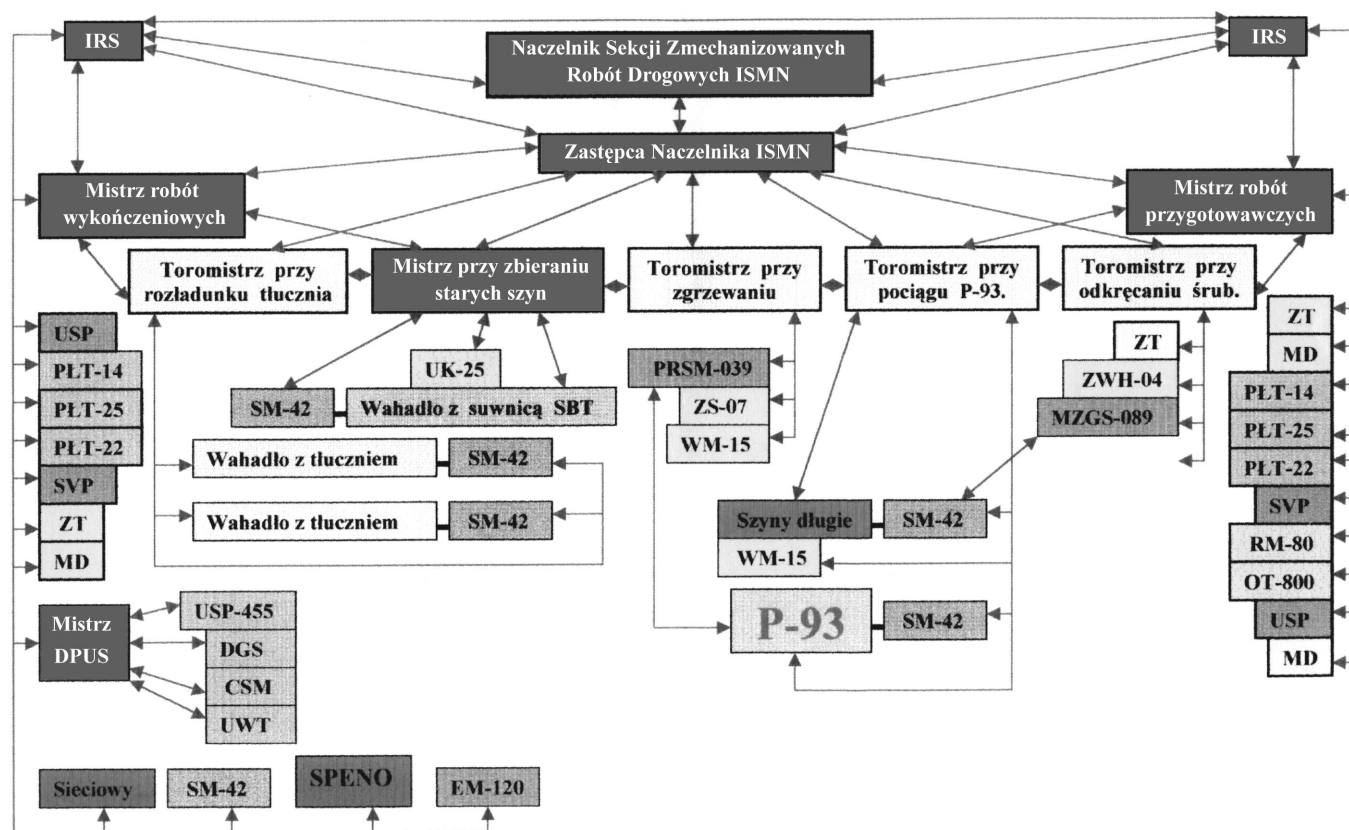
Rys. 2. Wykres sieciowy procesu technologicznego naprawy głównej toru, oparty na metodzie grafów



Rys. 3. Ustawienie i kolejność wyjazdu maszyn na szlak



Rys. 4. Ustawienie maszyn do naprawy głównej toru linii CMK



Rys. 5. Schemat łączności radiotelefonicznej (zasięg 5 km) nadzoru z dyżurnym ruchem, i odwrotnie, maszyn z nadzorem, ze sobą, z dyżurnym ruchem, i odwrotnie, oraz poszczególnych grup roboczych

6. Roboty wykończeniowe na ławach kończą fazę robót podtorzowych. Usuwane są usterki na ławach, skarpach i rowach, których nie mogły usunąć maszyny. Czynności te wykonywane są po zakończeniu robót lub w przerwach między poszczególnymi operacjami. Wszystkie roboty wpływające na kształt torowiska, tj. profilowanie ławy torowiska, wzmocnienie ławy, oczyszczanie podsypki na ławie, powinny być wykonywane przed wymianą nawierzchni, jednakże po wykonaniu niezbędnych korekt położenia toru. Poziomym odniesieniem dla tych robót powinien być poziom toru wyregulowanego zgodnie z projektem jego regulacji.

Warto nadmienić, że polskie koleje zakupiły nowoczesny pociąg do naprawy podtorza, który już jest wykorzystywany w procesach technologicznych naprawy i modernizacji podtorza.

Efekty szlifowania szyn

Zastosowanie pociągu do szlifowania szyn (np. SPENO) daje dobre efekty. Można szacować, że jakość toru (charakteryzowana wskaźnikiem J) poprawia się o 10%, co pociąga za sobą zmniejszenie przyspieszenia bocznego wagonu o 1,5% i przyspieszenia pionowego wagonu o 2,5%.

Liczby przejść szlifierskich nie można z góry określić, może być ona oszacowana w przybliżeniu. Pozostające zużycie szyn jest mierzone przez maszynę po każdym przejściu roboczym. Szlifowanie może być zakończone o ile rezultat może być uznany jako zadowalający, tzn. nie występuje fałszywe zużycie o amplitudzie większej od 0,02 mm.

Zmniejszenie hałasu od jazdy we wnętrzu pojazdu przyczynia się do zwiększenia komfortu jazdy dla pasażerów.

Szlifowanie szyn poprawia spokojność biegu pociągów, znosi wężykowanie taboru, polepsza przyleganie obręczy zestawu kołowego i jadącego taboru do główki szyny, co zmniejsza poślizg i przenoszenie wibracji oraz minimalizuje zużycie główki.

Racjonalizacja procesu naprawy głównej toru i podtorza dla $v = 250$ km/h

Racjonalizacja ekonomiczna jest to działalność zmierzająca do osiągnięcia celu w sposób doskonalszy od poprzednio stosowanego. Może ona dotyczyć konstrukcji i jakości wyrobu, technologii, organizacji wytwarzania itp. W przypadku procesu technologicznego omówionego w artykule będzie to działalność zmierzająca do lepszej organizacji naprawy głównej toru oraz jak najmniejszego kosztu remontu, a także wdrażanie najnowocześniejszych maszyn i technologii by uzyskać najlepsze efekty dla parametrów pozwalających wprowadzenie prędkości 250 km/h, co przedstawiono w tabelicy 1.

Wnioski

Każda nowa technologia wymaga sprawdzenia organizacji robót, jak też parametrów jakościowych wytwarzanego produktu. Przez uogólnioną jakość można rozumieć dokładność wyrobu oraz jego trwałość. W przypadku prowadzenia napraw najważniejszy jest efekt końcowy.

Racjonalizacja procesu technologicznego

Proces technologiczny bez użycia zespołu PUN	Proces technologiczny przy użyciu zespołu PUN	Zyski lub straty wynikające z nowego procesu
Używanie do potokowej wymiany nawierzchni suwnic SBT-5A	Użycie do potokowej wymiany nawierzchni pociągu P-93	Wydajność zwiększyła się z 800 m/dobę do 1500 m/dobę
Użycie do potokowej wymiany nawierzchni pociągu SUM-1000	Użycie do potokowej wymiany nawierzchni pociągu P-93	Wydajność zwiększyła się z 1200 m/dobę do 1500 m/dobę
Oczyszczanie tłucznia za pomocą maszyn OT-400C – 4 ÷ 7 szt.	Oczyszczanie tłucznia za pomocą maszyn OT-800-1, RM-80, OT-400C – szt. 1	Przerób dzienny 2000 m/dobę w obu wariantach, przy zmniejszeniu liczby maszyn o 50%
Używanie do wywozu wysiewek pociągów transportu odsiewek PTO	Używanie do wywozu wysiewek transporterów materiałów sypkich MFS 40Y-P, TMS-40	Większa o 30% pojemność oraz możliwość rozładunku wzdłuż ławy celem poszerzenia ławy, czy też rozładunek na większą odległość od osi toru
Zgrzewanie szyn w procesie technologicznym po zapięciu łapek SB3 i podbiciu wstępnym przez MD	Zgrzewanie szyn w procesie technologicznym bezpośrednio po pociągu potokowej wymiany P-93	Eliminacja odpinania i zapinania łapek SB3 na długości ok. 150 podkładów przy każdym zgrzewie, co zmniejsza zatrudnienie o 20 pracowników na dobę
Zapinanie łapek SB3 za pomocą specjalnych drążków	Zapinanie łapek SB3 za pomocą zapinarek spalinowych	Utrzymanie przerobu 1500 m/dobę, zmniejszenie zatrudnienia o 15 prac./dobę.
Rozładunek szyn długich w środki toków szynowych	Rozładunek szyn długich na zewnątrz toków szynowych	Eliminacja wyrzucania szyn długich ze środka toków szynowych na zewnątrz. Zmniejszenie zatrudnienia o 4 pracowników + 1 oper. wraz z drezyną WM15
Zbieranie szyn długich za pomocą układnicy UK-25 na platformy	Zbieranie szyn długich za pomocą układnicy UK-25 oraz suwnicy SBT-5A, przewożącej szyny na specjalnym wahadle	Zwiększenie przerobu z 500 m/dobę do 1500 m/dobę co równa się przerobowi pociągu P-93. Poprzednia metoda opóźniała roboty wykończeniowe
Zbieranie śrub i pierścieni na specjalny wagon podciągany drezyną WM-15	Zbieranie śrub i pierścieni elektromagnesami przez pociąg P-93	Rezygnacja z drezny WM-15 wraz z kierowcą oraz 6 pracowników
Roboty podtorzowe – ścinanie ławy i skarpy torowiska	Roboty podtorzowe – ścinanie ławy, ścinanie skarpy torowiska, naprawa rowów odwadniających, naprawa dróg dojazdowych, wzmacnianie ławy przez wysypanie grysu i jego zagęszczenie żabami	W obecnej technologii stosuje się lepsze metody modernizacji podtorza o 50%, co daje niewspółmierny efekt w późniejszym utrzymaniu podtorza oraz nawierzchni toru i umożliwi wprowadzenie $v = 250$ km/h
Nadzór nad technologią robót naprawy głównej toru przez dwie sekcje zmechanizowanych robót drogowych	Nadzór nad technologią naprawy głównej toru przez jedną sekcję zmechanizowanych robót drogowych	Zmniejszenie stanu zatrudnienia zaplecza technicznego o 40% i nadzoru o 30%
Stosowanie przytwierdzenia za pomocą śrub stopowych, sprężyn i żabek oraz złącz izolowanych starego typu	Stosowanie przytwierdzenia za pomocą wkładek W60 i łapek SB3 oraz bezzłączowy system izolacji torów SOT	Stosowane przytwierdzenie jest tańsze i łatwiejsze w utrzymaniu
Brak szlifowania szyn po naprawie głównej toru	Szlifowanie szyn pociągiem SPENO po naprawie głównej toru	Korzyści: likwidacja nierówności główki szyny powodujących dużą emisję hałasu i wibracji do wnętrza wagonu, tj. wzrost oddziaływań dynamicznych na tabor. Elementy te bez względu na koszty szlifowania są niezbędne do uzyskania parametrów toru dla $v = 250$ km/h
Zamknięcia toru przeznaczonego do remontu od 8 ÷ 12 godz./dobę	Zamknięcia toru przeznaczonego do remontu całodobowo lub nawet dwóch szlaków w celu zwiększenia ilości lokalizacji i możliwości wdrożenia nowych technologii	Zyski: eliminacja strat czasu na codzienne wyjazdy i zjazdy maszyn, włączanie i wyłączanie napięcia. Straty: zużycie energii elektrycznej przez zatrzymania i rozruch pociągów na stacjach w celu ich krzyżowania, oraz koszty wartości czasu pasażerów i przewożonych ładunków. Przedstawiona nowa technologia może być realizowana jedynie przy zamknięciach dobowych

W artykule przedstawiono najnowszy proces technologiczny naprawy głównej toru i podtorza z wykorzystaniem zespołu maszyn firm Matis, Plasser & Theuer, a także polskiej produkcji, oparty na technologii prowadzenia robót przez Zakład Napraw Infrastruktury (ZNI Radom) na linii CMK. Wysoka jakość sprzętu do remontu toru daje możliwość uzyskania lepszych parametrów toru oddawanego do ruchu, a tym samym zbliża polskie koleje do dużych prędkości użytkowanych już w wielu krajach Europy Zachodniej. Umożli-

wia to dostosowanie polskiej infrastruktury kolejowej do wymagań Unii Europejskiej.

Początki lat 90. były okresem przygotowania dokumentacyjnego i technicznego do wdrożenia na CMK prędkości pociągów 200 ÷ 250 km/h. Opracowany program przewidywał kompleksową wymianę nawierzchni, przebudowę stacji Ildzikowice, z likwidacją w torach głównych zasadniczych rozjazdów o promieniu 300 m, powodujących stałe ograniczenie prędkości do 120 km/h i zastąpienie ich rozjazdami

UIC 60-1:18,5-1200 oraz UIC 60-1:12-500 z ruchomymi dziobami krzyżownic, budowę 22 wiaduktów drogowych w celu likwidacji jednopoziomowych skrzyżowań dróg kołowych z linią kolejową oraz ogrodzenie linii CMK i zakończenie budowy (przebudowy) dróg technologicznych.

Wprowadzenie prędkości 250 km/h stawia więc wysokie wymagania jakościowe przygotowania infrastruktury przez wszystkie branże uczestniczące w procesie modernizacji i utrzymania linii. Na łączną długość 450 km toru szlakowego, do 1999 r. wymieniono 404 km. Pozostałe 46 km zaplanowano do wymiany w 2000 r. Na stacji Psary ułożono pierwsze w Polsce rozjazdy z ruchomymi dziobami krzyżownic, ale ze względu na trudną sytuację finansową przedsiębiorstwa PKP wszystkie planowane remonty zwolniły tempo realizacji, co oddala moment wprowadzenia prędkości 250 km/h.

Opracowana technologia uwzględnia możliwość wykonywania robót innych branż w czasie tego samego zamknięcia. W trakcie kompleksowej wymiany nawierzchni instaluje się bezzłączowe obwody torowe, naprawia elementy sieci trakcyjnej i jej konstrukcje wsporcze, remontuje obiekty mostowe, których naprawa wymaga długotrwałych zamknięć torowych. Należy też zauważyć, że osiągnięciu bardzo dobrej jakości robót sprzyja zastosowanie nowoczesnego pociągu utrzymania nawierzchni DPUS, szlifowanie szyn i zagęszczenie podsypki przez dynamiczne stabilizatory. Nie mniej ważnym czynnikiem są wysokie kwalifikacje i coraz lepsze wykształcenie załóg sekcji zmechanizowanych robót drogowych w realizacji procesu technologicznego, ciągle doskonalonego nowymi pomysłami organizacyjnymi załogi. Efekty te potwierdzają wyniki pomiarów toru drezyną EM-120. Osiągnięty wskaźnik syntetyczny $J < 0,6$ kwalifikuje tor do prędkości 250 km/h.

Prędkość 200 km/h jest prędkością graniczną tradycyjnych pociągów składających się z lokomotywy i wagonów. W takich samych warunkach (dotyczących układu geometrycznego toru), wprowadzając niekonwencjonalny tabor z przechylnym pudłem redukującym nierównowagę przyspieszenia boczne, pociągi mogą jechać z prędkością przekraczającą 250 km/h.

Na odcinku doświadczalnym, przygotowanym do prędkości 200 km/h, zlokalizowanym w torze 2 w rejonie posterunku odgałęźnego Biała Rawska, 11 maja 1994 r. zespół trakcyjny ETR 460 PENDOLINO ustanowił rekord prędkości na liniach PKP, osiągając 250,1 km/h, co jest potwierdzeniem jakości toru na linii CMK.

Wysoka jakość eksploatowanego toru jest efektem starannego wykonania wszystkich faz robót nawierzchniowych przez wszystkich uczestników procesu modernizacyjnego.

Stan toru otrzymany w wyniku remontu w oparciu o opracowany proces technologiczny naprawy głównej toru i podtorza będzie odpowiadał standardom europejskim, jeżeli uwzględnione będą następujące zalecenia [4], [5].

Podstawową przyczyną niedokładności w torze ułożonym przez maszynę P-93 są deformacje toru starego w płaszczyźnie pionowej i poziomej oraz lokalne braki lub nadmiary podsypki (zaleca się usunięcie nadmiarów i uzupełnienie braków

tłuczniwa, następnie poprawę położenia toru w planie i profilu).

□ Stan starego toru, a głównie liczba zatrzymań w celu usuwania na bok starych podkładów (ponad 80% zatrzymań), ma istotny wpływ na jakość toru nowego (zaleca się obcięcie starych podkładów drewnianych na wymagany wymiar przed wymianą).

□ Niedostateczne ścięcie ław torowiska powoduje w miejscach nadmiaru podsypki podnoszenie niwelety toru nowego (konieczne kontrolne pomiary ław torowiska przez zespół geodezyjny i w razie konieczności prawidłowe wykonanie ław torowiska).

□ Błędy w załadunku podkładów nowych na wagonach transportowych są zawsze powodem spiętrzenia podkładów i powstawania błędów w rozstawach podkładów w torze nowym (potrzebna kontrola poprawnego załadunku nowych podkładów i poprawa źle załadunkowanych podkładów).

□ Podczas pracy w lukach konieczne jest stałe kontrolowanie położenia toru nowego i wprowadzenie korekt w prowadzeniu maszyny (potrzebna dokładna kontrola geodezyjna położenia nowego toru).

□ Ostateczny kształt toru wymienionego przez P-93 nadają roboty wykończeniowe, a przede wszystkim podbijarki (zaleca się dokładne zagęszczenie każdego podkładu przez zespół zagęszczający podbijarki oraz pomiary kontrolne po każdym podbiciu oraz korekta podbicia w razie potrzeby).

□ Przeprowadzone pomiary geodezyjne w trakcie różnych procesów technologicznych pozwalają stwierdzić, że jakość toru ułożonego przez P-93 jest dobra i nie budzi zastrzeżeń. Jest znacznie lepsza w porównaniu z dokładnością robót wymiany nawierzchni prowadzoną suwnicami SBT 5A lub żurawiami UK-25.

□ Trwałość nowo ułożonego toru, zwłaszcza w odniesieniu do deformacji pionowych, byłaby większa, gdyby maszyna P-93 była wyposażona w zagęszczacz warstwy podsypki rozgarniętej przez pług. Wewnątrz jest miejsce na takie urządzenie oferowane przez producenta. Praca tego zagęszczacza jest celowa, gdy przesiewanie podsypki odbywa się przed wymianą toru (warto zalecić zamontowanie zagęszczacza warstwy podsypki oraz jego używanie przed pracą maszyny P-93).

□ Należy ograniczyć do minimum przejazdy maszyn po torze, w którym szyny nie są przymocowane do podkładów. Następuje bowiem nierównomierne wgniatanie ich w podsypkę i w efekcie szyny nie leżą na wszystkich podkładach, co powoduje konieczność podnoszenia obniżonych podkładów w trakcie przymocowywania do nich szyn.

□ Duże zmniejszenie strat czasu pracy maszyny można uzyskać przez usunięcie ze starego toru zniszczonych podkładów starych, dobre przygotowanie ław torowiska na przejazdach, przy peronach i obiektach inżynierskich.

□ Pracownicy przydzielani do prac pomocniczych z ISMN powinni przejść bezpośrednie praktyczne przeszkolenie w czasie pracy maszyny. Najlepsze efekty współpracy są wtedy, gdy jest to stała, niezmienna grupa etatowych pracowników.

□ Maszyna P-93 może pracować na torze o nie przesianej podsypce, pod warunkiem dobrze wykonanych robót przygotowawczych, takich jak: odsłonięcie czoł podkładów, ułożenie szyn nowych na końcach podkładów starych, dokładnego ścięcia ław.

□ Praca dwuzmianowa pociągu P-93 również zdała egzamin, ale zawsze wymaga to szczegółowych analiz uwzględniających lokalne warunki terenowe, możliwości współpracy z innymi jednostkami i wykorzystania własnego potencjału. Z doświadczenia wiadomo, że unika się prac dwuzmianowych, a praktykuje wydłużony czas pracy do 12 godz./dobę.

Bezpieczeństwo pracowników na torze zamkniętym jest bardzo ważnym problemem, dlatego też ograniczenie prędkości do 80 km/h powinno być wprowadzone na całej długości odcinka robót, natomiast w rejonie pracy pociągu P-93 – do 50 km/h.

Istotnym elementem jest stabilizacja toru DGS, co pozwala na wprowadzenie po otwarciu toru prędkości rozkładowej na całej długości remontowanego odcinka.

Ważną, ale i kosztowną operacją, jest szlifowanie szyn przy zastosowaniu pociągu szlifierskiego. Rezultatem szlifowania jest znaczne zmniejszenie drgań w nawierzchni, czego dalszymi efektami są:

- lepsza stabilność toru i zwolnienie tempa luzowania się elementów składowych (przytwierdzenie, podsypka);
- wydłużenie okresu żywotności szyny;
- znaczne wydłużenie okresu eksploatacji taboru, w wyniku znacznie mniejszego zmęczenia materiału części biegowych;
- oszczędności energetyczne, dzięki zmniejszaniu oporów jazdy, w wyniku przywrócenia regularności powierzchniom tocącym szyny.

Poprawie ulega bezpieczeństwo jazdy pociągów, dzięki likwidacji błędów profilu szyny – zwłaszcza przy dużych prędkościach – właściwe bowiem przyleganie obrzeża koła taboru do krawędzi jezdnej szyny opóźnia proces powstawania rys będących przyczyną pęknięć.

Metoda szlifowania szyn przynosi odczuwalną korzyść podróżnym i mieszkańcom osiedli sąsiadujących z liniami kolejowymi, bowiem poziom natężenia hałasu – w wyniku osłabienia drgań nawierzchni – jest mniejszy o 10 dB, co odpowiada poprawie warunków w tym względzie o prawie 80%.

Proces technologiczny naprawy głównej toru z użyciem zespołu PUN jest najlepszą metodą modernizacji toru ze względu na:

- oszczędność maszyn i urządzeń (które zastępuje zespół PUN),
- mniejszą o 50 liczbę pracowników,
- lżejszą i łatwiejszą pracę człowieka,
- większe bezpieczeństwo pracy,
- krótszy czas robót,
- większą wydajność (wydajność suwnic SBT wynosi 800 m/dobę, pociągu SUM 1000–1200 m/dobę, pociągu P-93 – 1500 m/dobę),
- lepsze parametry toru potwierdzone podczas odbioru eksploatacyjnego i ostatecznego.

Analiza wyników odbioru eksploatacyjnego i ostatecznego, po naprawie głównej toru z użyciem zespołu PUN potwierdziła, że jest to najlepsza technologia i należy ją stosować wszędzie tam, gdzie planuje się zwiększenie prędkości jazdy pociągu do 250 km/h, co potwierdza uzyskanie wartości wskaźnika syntetycznego $J = 0,5 \div 1,0$ na linii CMK. Na liniach TGV we Francji wskaźnik J wynosi 0,7.

W celu racjonalizacji procesu technologicznego PKP zakupiła pociąg potokowej naprawy podtorza AHM-800R, który jest już wykorzystywany przy naprawach podtorza na modernizowanych liniach kolejowych.

W celu uzyskania wymaganych parametrów toru dla prędkości $v = 250$ km/h konieczne jest poniesienie dodatkowych kosztów wprowadzenia nowoczesnych technologii międzyoperacyjnych, a także technologii robót wykończeniowych. Technologie te pozwalają na osiągnięcie bardzo dobrych wyników wskaźnika syntetycznego J , a także wskaźnika spokojności biegu pociągu W_2 .

□

Literatura

- [1] Brojanowski W.: *Technologia wymian ciągłych na CMK ukierunkowana na wysoką jakość robót*. Przegląd Kolejowy. Zarząd Drogowy Wschodnia DOKP.
- [2] Cieślakowski St. J.: *Diagnostowanie stanu torów kolejowych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport, z. 32, Gliwice 1998.
- [3] Cieślakowski St. J.: *Droga kolejowa źródłem wibracji w pasażerskim taborze kolejowym*. Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna. „Wibracje w pasażerskim taborze kolejowym” Politechnika Radomska, SiTK, Radom 1998.
- [4] Obuchowicz B.: *Wymiana toru pociągiem P-93 przed oczyszczaniem podsypki*. Przegląd Kolejowy 4/1998. Politechnika Krakowska.
- [5] Obuchowicz B.: *Jakość toru ułożonego przez pociąg P-93*. Przegląd Kolejowy 8/1998. Politechnika Krakowska.
- [6] *Projekt budowlany z elementami projektu wykonawczego na wymianę nawierzchni kolejowej E-65 na odcinku Grodzisk Mazowiecki – Strzałki*. Biuro Projektów Kolejowych. Lublin 1998.
- [7] *Przepisy techniczne utrzymania i eksploatacji nawierzchni na liniach normalnotorowych użytku publicznego – D 1*. Ministerstwo Komunikacji. Warszawa 1982.
- [8] *Standardy techniczne – szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji linii CMK do prędkości $v = 200/250$ km/h*. Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa. Warszawa 1997.

Autorzy
dr inż. Stanisław J. Cieślakowski
Politechnika Radomska

inż. Piotr Dułęba
Zakład Napraw Infrastruktury w Radomiu