

Możliwości badawcze i znaczenie toru doświadczalnego dla kolejnictwa

Waldemar SZULC¹, Marek FIEDZIUK²

Streszczenie

W artykule opisano przyczyny utworzenia poligonu badawczego, zadania i możliwości badawcze oraz znaczenie toru doświadczalnego dla kolejnictwa. Scharakteryzowano układ torowy i konstrukcje pod względem możliwości prowadzenia badań.

Słowa kluczowe: badania, kolej, infrastruktura

1. Wprowadzenie

Dwadzieścia trzy lata temu, 12 września 1996 roku, zakończono budowę i oddano do eksploatacji Tor Doświadczalny w Żmigrodzie. Jest to największa do tej pory inwestycja Centrum Naukowo-Technicznego Kolejnictwa (obecnie Instytutu Kolejnictwa). Rozpoczęcie jej eksploatacji stało się również wielkim wydarzeniem w historii polskiego kolejnictwa. Obiekt jest jednostką organizacyjną Instytutu Kolejnictwa, który nim zarządza i prowadzi badania według opracowanych programów i planów badawczych. Na torze są wykonywane różnego rodzaju eksperymentalne badania, związane z wprowadzaniem innowacyjnych rozwiązań na kolei.

2. Przyczyny powstania obiektu

Kolej jest wielkim przedsiębiorstwem, złożonym z wielu obszarów powiązanych oraz współpracujących ze sobą. W latach 70–80 ubiegłego wieku Polskie Koleje Państwowe były podstawową gałęzią transportu pasażerów i towarów. Ponieważ jakość tych usług znacząco odbiegała od standardów w Europie Zachodniej, w transporcie kolejowym należało wprowadzić zmiany jakościowe w postaci nowych rozwiązań technicznych i technologicznych oraz podnieść jakość świadczonych usług. Zastosowanie nowych, prototypowych rozwiązań powinno być poprzedzone długotrwałymi i rygorystycznymi badaniami, co jest związane ze specyfiką prowadzenia ruchu kolejowego. Urządzenia kolejowe, to bardzo odpowiedzialne kon-

strukcje, których niezawodność i poprawność działania jest podstawowym warunkiem bezpieczeństwa całego systemu transportu kolejowego. Podstawą oceny przydatności nowych rozwiązań są badania laboratoryjne, a następnie badania poligonowe prowadzone w rzeczywistych warunkach. Prowadzenie badań na czynnych torach kolejowych wydłużało harmonogram prac badawczo-rozwojowych, jak również niosło za sobą pewną dozę niebezpieczeństw dla ekip badawczych i dla użytkowników kolei.

Budowę Toru Doświadczalnego wpisano do Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego Nr 9.3 pod nazwą: „Obsługa Transportowa Gospodarki Narodowej i Społeczeństwa”, który miał być realizowany w latach 1986–1990. W tym programie przewidywano prace naukowo-badawcze i rozwojowe w następujących dziedzinach kolejnictwa:

- tabor,
- nawierzchnia,
- urządzenia trakcji elektrycznej,
- automatyka,
- telekomunikacja.

Główne kierunki tego programu wynikały z oceny sytuacji w transporcie kolejowym, z której wynikało, że prace badawczo-rozwojowe będą miały na celu:

- 1) zwiększenie trwałości nawierzchni kolejowej,
- 2) zwiększenie niezawodności zasilania trakcji elektrycznej,
- 3) poprawę stanu technicznego taboru,
- 4) budowę nowoczesnych wagonów towarowych wraz z ich elementami,

¹ Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Ośrodek Eksploatacji Toru Doświadczalnego w Żmigrodzie; e-mail: wszulc@ikolej.pl.

² Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Ośrodek Eksploatacji Toru Doświadczalnego w Żmigrodzie; e-mail: mfiedziuk@ikolej.pl.

- 5) budowę nowoczesnych pojazdów szynowych oraz ich wyposażenia,
- 6) automatyzację procesów rozrządzenia wagonów towarowych,
- 7) racjonalizację ruchu kolejowego,
- 8) modernizację i wyposażenie torów ogólnoladunkowych na stacjach.

Osiągnięcie wymienionych celów w postaci konkretnych rozwiązań technicznych oraz gotowych wyrobów jest związane z koniecznością prowadzenia wszechstronnych badań oraz pomiarów w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Tematy wchodzące w zakres celów od 1) do 5) muszą być realizowane w ściśle określonych warunkach i programach badawczych. Najodpowiedniejszym rozwiązaniem do tego celu jest tor badawczy, który umożliwi prowadzenie kompleksowych badań, modelowanie oraz wykonanie prób porównawczych, a także przyczyni się do skrócenia czasu badań. W dniu 24 września 1986 roku, budowę tzw. Małego Okręgu jako cel wyprzedzający nr 21.102, włączono do CPBR nr 9.3 [1–4, 8].

3. Plan poligonu badawczego PKP

Według założonego planu, kolejowy poligon badawczy powinien składać się z dwóch okręgów, a także ze stacji zdawczo-odbiorczej (rys. 1). Planowany tzw. Duży Okrąg miał być przeznaczony do prowadzenia badań pojazdów szynowych przy dużych prędkościach, w przedziale od 200 do 300 km/h. Dodatkowo, miały być zamontowane rozjazdy do badań przy prędkościach ponad 200 km/h.

Mały Okrąg jest strukturą torową przeznaczoną głównie do badań nawierzchniowych, urządzeń ste-

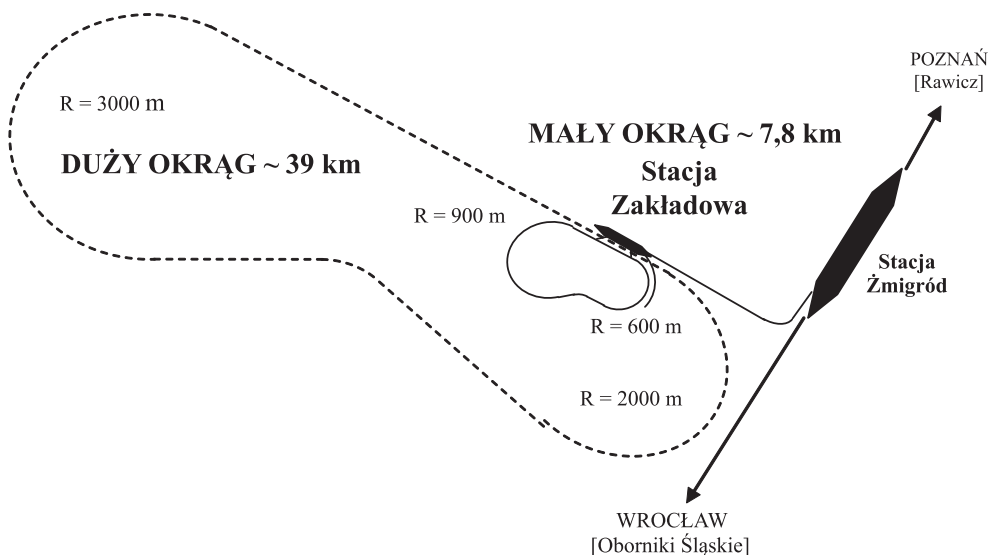
rowania ruchem kolejowym, urządzeń telekomunikacyjnych i innej infrastruktury wykorzystywanej w kolejnictwie. Planowano prowadzenie badań taboru przy maksymalnej prędkości 120 km/h.

Stacja zdawczo-odbiorcza jest grupą torów przeznaczonych do postoju taboru, wraz z wyposażeniem niezbędnym w drobnych pracach renowacyjnych i przygotowawczych podczas badań taboru. Zaplanowano również stanowiska do badania zderzeń i przejazdu taboru przez łuki odwrotne oraz halę do badań statycznych systemów zasilania o różnych napięciach [1–4, 8–9].

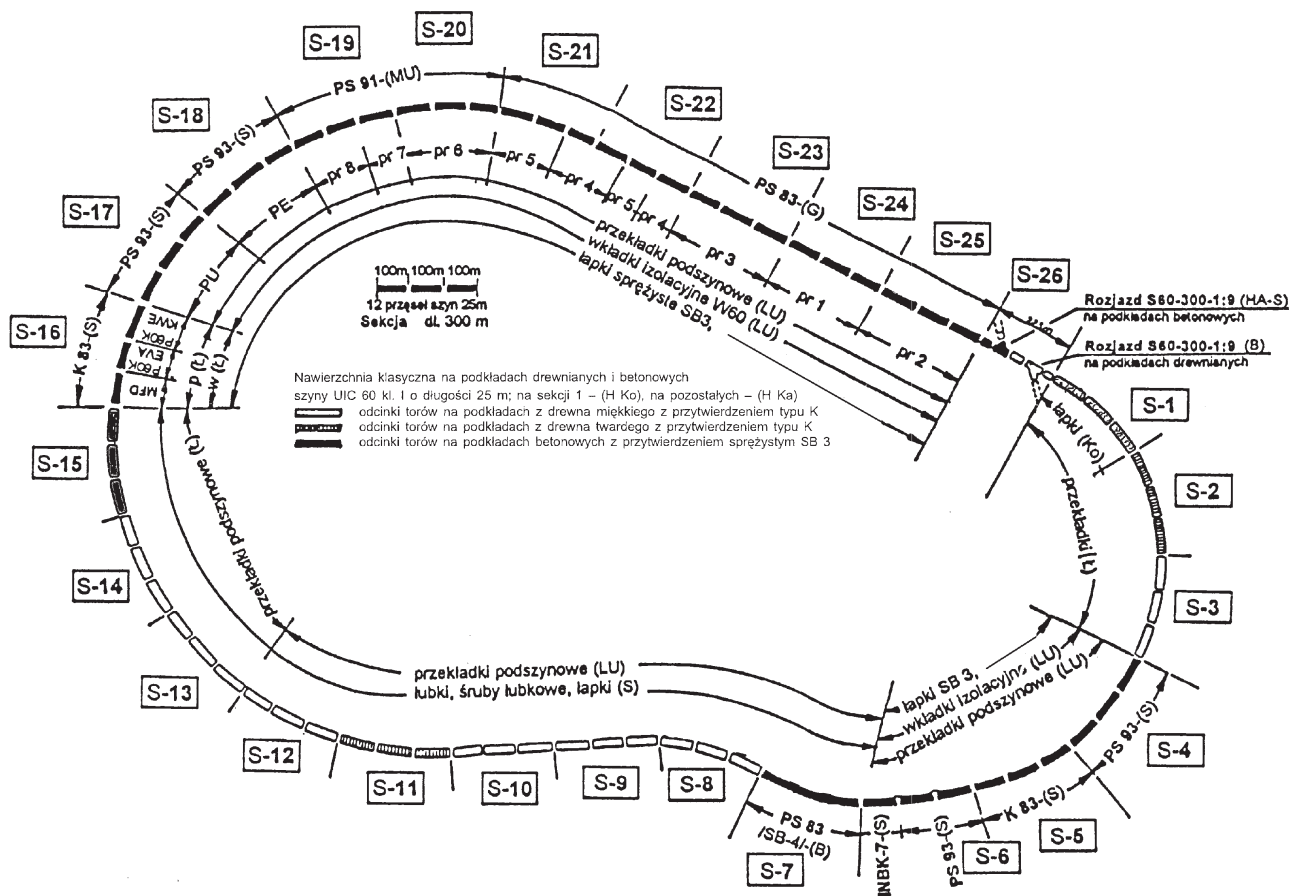
4. Charakterystyka techniczna istniejącego obiektu

Krzywoliniowy, zamknięty kształt Okręgu Doświadczalnego o długości 7725 m jest zbudowany z 25 sekcji torowych o długości 300 m każda i sekcji rozjazdowej długości 225 m. Nawierzchnia jest wyposażona w szyny UIC 60 częściowo na podkładach betonowych różnego typu oraz drewnianych – z drewna miękkiego i twardego. Przez odpowiednio dobrane rozmieszczenie poszczególnych rodzajów podkładów oraz różnego rodzaju przytwierdzeń, uzyskano odcinki toru różniące się zarówno pod względem konstrukcyjnym, jak i położeniem w płaszczyźnie poziomej (rys. 2). Ma to istotne znaczenie w prowadzeniu różnych badań nawierzchniowych.

Podtorze toru pętli doświadczalnej stanowi nasyp, wykonany z gruntu przepuszczalnego (piasek, żwir), zabezpieczony od góry warstwą ochronną (warstwa odsączająca z kłińca i warstwa szczelna z niesortu kamiennego zagęszczonego), a od dołu warstwą odcinającą od podłoża gruntu rodzimego (żwir i po-



Rys. 1. Szkic projektowanego Poligonu Badawczego PKP według koncepcji z 1986 roku [4]



Rys. 2. Lokalizacje różnych rozwiązań konstrukcji nawierzchni na wydzielonych sekcjach toru nr 2 [4]

spółka oraz kamienny niesort). Zbudowano również kilka odcinków doświadczalnych, gdzie na warstwę ochronną użyto: kliniec z Czarnego Boru, starą podsypkę z Wrocławia Głównego, piasek średnioziarnisty, wysiewki oraz zastosowano stabilizację cementem. Zasadnicze odwodnienie podtorza stanowią rowy boczne i odprowadzające. Na Okręgu Doświadczalnym jest ułożony tor bezстыkowy, zbudowany z odcinków prostych o długościach 1313,9 m i 543,9 m oraz łuków o promieniach $R = 600$ m i $h = 150$ mm, $R = 700$ m i $h = 115$ mm, $R = 800$ m i $h = 90$ mm, $R = 900$ m i $h = 100$ mm.

W profilu podłużnym, pętla doświadczalna składa się z odcinków położonych w poziomie i na pochyleniach 1‰ i 2‰. Wbudowane są rozjazdy nr 20 i nr 21. Wyposażenie obiektu stanowią również tory stacji zakładowej, w skład których wchodzi: tor nr 1 o długości użytkowej 973 m, tor nr 3 i 3a o długości 852 m, tor nr 5 o długości użytkowej 352 m, tor nr 7 – 224 m, tor żeberkowy nr 1c z kanałem rewizyjnym o długości użytkowej 66 m, tor wyciągowy nr 8a o długości 1000 m, położony w łuku o promieniu 605 m oraz tory wchodzące w skład trójkąta do obracania składów, tor nr 10 w łuku o promieniu

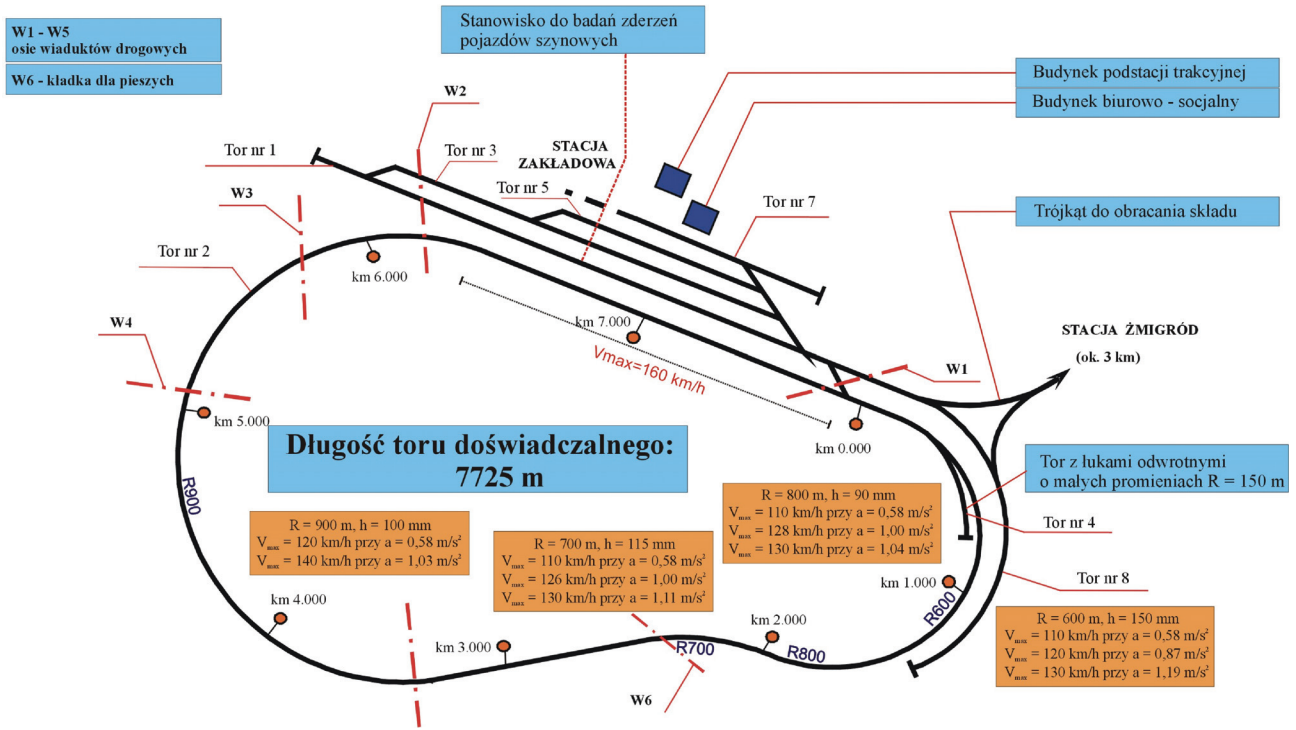
150 m, tor wyciągowy nr 8 i tor dojazdowy nr 1a. Tory są połączone dwunastoma rozjazdami. Układ torowy, przedstawiony na rysunku 3, jest połączony ze stacją PKP Żmigród torem dojazdowym – tor nr 101 i nr 1a, ułożonym w części nieczynnej linii kolejowej 317 Żmigród – Wąsosz (rys. 4). Sieć trakcyjna jest zasilana napięciem 3,3 kV, moc przyłączeniowa podstacji trakcyjnej wynosi 7,5 MW [1–4, 7, 9].

5. Stanowiska badawcze i rodzaje wykonywanych badań taboru kolejowego

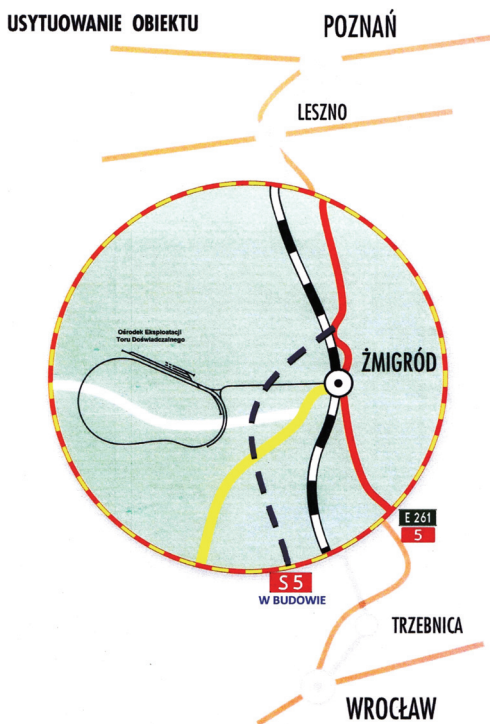
Do prowadzenia badań taboru, polegających na wymuszeniu określonych warunków dynamiki wzdłużnej składu pomiarowego w taki sposób, aby sprawdzić podatność badanego obiektu na możliwość wykolejenia przy działaniu wysokich sił wzdłużnych, wybudowano tor nr 4, tzw. łuki odwrotne S. Tor ten odgałęzia się od toru nr 2 rozjazdem typu S 60-300-1:9 w pobliżu km 0,00 i przebiega wzdłuż niego w rejonie łuku o promieniu 600 m od jego strony wewnętrznej.

Długość użytkowa toru wynosi 415 m. Między odrotnymi łukami jest wstawka prosta o długości 6 m. W składzie pomiarowym znajdują się: lokomotywy

napychające, wagony separacyjne, badany wagon i wagony hamujące sterowane oddzielnym układem powietrznym (rys. 5).



Rys. 3. Schemat układu torowego [3]



Rys. 4. Lokalizacja toru doświadczalnego [opracowanie własne]



Rys. 5. Skład pomiarowy do badań na łukach odrotnych [fot. autorzy]

Konfiguracja pętli doświadczalnej, a zwłaszcza trzy istniejące łuki o promieniach 600 m, 800 m i 900 m w połączeniu z ponad kilometrowym odcinkiem prostym, umożliwia badania pojazdów pod względem ich dynamicznego zachowania. Dopuszczalna na tym odcinku prędkość 160 km/h, umożliwia przeprowadzanie badań ruchowych układów hamulcowych z tą prędkością. Skład złożony z lokomotywy, wagonu pomiarowego i obciążonego wagonu badanego, rozpędza się do wymaganej prędkości, po czym następuje automatyczne rozłączenie badanego wagonu i wdrażane jest hamowanie nagłe (rys. 6) a lokomotywa z wagonem pomiarowym bezpiecznie odjeżdża. Po zatrzymaniu się badanego wagonu, dojeżdża reszta składu i następuje połączenie z badanym wagonem. Po sprawdzeniu parametrów można kontynuować badania.



Rys. 6. Skład pomiarowy do badania układu hamulcowego wagonu cysterny [fot. autorzy]

Prowadzenie badań układu hamulcowego z odzcpianiem można przeprowadzać na czynnym szlaku, ale wiąże się to z wzajemnym zakłócaniem ruchu kolejowego i badań. Ponieważ czas badań jest rygorystycznie określony, muszą być opracowane szczegółowe regulaminy, a często niewralgiczne miejsca muszą być obsadzone przez pracowników PKP PLK.

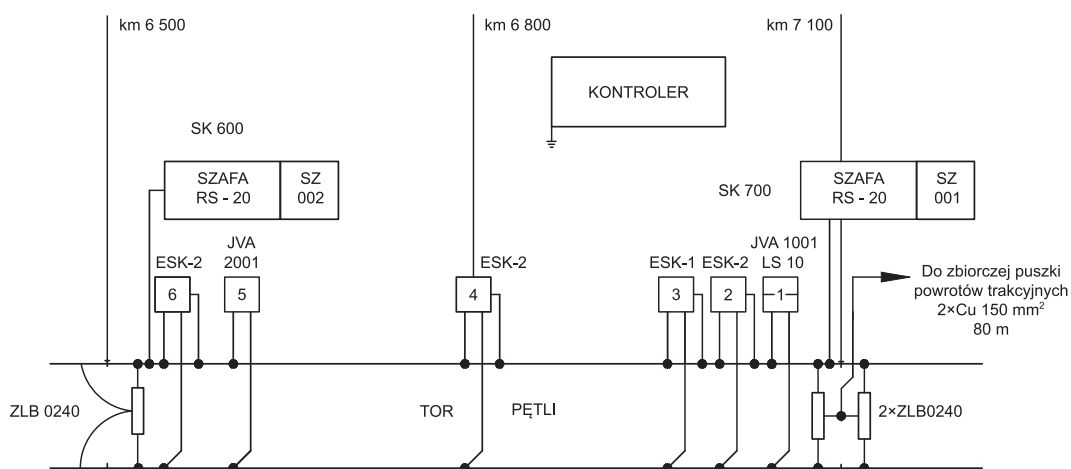
Czasowe zamknięcia szlaku na czas badań są dosyć krótkie, a co za tym idzie czas badań zdecydowanie wydłuża się, dlatego Mały Okrąg jest komfortowym, przygotowanym miejscem do tego typu badań.

Okrąg jest wyposażony w suwnice oraz różnego rodzaju balasty do załadunku wagonów, łącznie z opomiarowanym stanowiskiem do tankowania cystern. Na torze nr 2, w km 6,500 jest wydzielony odcinek, wokół którego zachowana jest akustyczna neutralność. Odcinek ten charakteryzuje się podwyższonymi parametrami dynamicznymi z dobrą jakością geometrycznego układu toru i służy do prowadzenia badań hałasu zgodnie z wymaganiami Technicznych Specyfikacji Interoperacyjności. Na tym odcinku mierzony jest hałas od przejeżdżających pojazdów zarówno z ustaloną prędkością, jak i w trakcie rozruchu.

Ze względu na wyizolowanie z sieci trakcyjnej PKP oraz możliwość całkowitego odseparowania w sieci energetycznej, na potrzeby badań zakłóceń powstających od przejeżdżających pojazdów w obwodach torowych, wykonano specjalne stanowisko pomiarowe (rys. 7), zlokalizowane również przy torze nr 2 [1–4, 6, 8].

6. Badania eksperymentalne zderzeń pojazdów szynowych i projekty międzynarodowe

Jednym z najbardziej spektakularnych badań przeprowadzanych na torze, były badania zderzeń pojazdów szynowych w naturalnej skali (rys. 8). Pierwsze takie międzynarodowe badania odbyły się w 1990 roku na specjalnie do tego celu przygotowanym stanowisku, zlokalizowanym na stacji zakładowej. Miały one na celu: weryfikację nowej filozofii konstruowania kabiny maszynisty, opartej na zasadzie stopniowego, kontrolowanego zgniatania jej elementów konstrukcyjnych



Rys. 7. Schemat stanowiska pomiarowego wpływu zakłóceń [opracowanie własne]

(procesowi temu powinno towarzyszyć możliwie maksymalne pochłanianie energii) oraz sprawdzenie i ocenie matematycznego modelu procesu zgniatania kabiny w celu wykorzystania tego modelu do przyszłych obliczeń konstrukcyjnych. Udział wykwalifikowanej i doświadczonej kadry CNTK (obecnie Instytut Kolejnictwa) w tym eksperymencie oraz dysponowanie odpowiednim miejscem do przeprowadzania wysokoenergetycznych testów zderzeniowych i opracowanych metod pomiarowych, zaowocował udziałem w wielu projektach tego typu, między innymi: Safetram – „bezpieczny” tramwaj, Safetrain – „bezpieczny” pociąg. Z usług tego typu korzystali również polscy i zagraniczni producenci pojazdów szynowych.

Dzięki swoim walorom, Ośrodek Eksploatacji Toru Doświadczalnego jest również doskonałym poligonem kolejowym do przeprowadzania różnego rodzaju projektów krajowych i zagranicznych w szeroko rozumianej dziedzinie kolejnictwa, jak i w pokrewnych jej sferach. Skupienie wszystkich kolejowych cech, które występują na linii kolejowej, możliwość niestandardowych działań, które mogą być wielokrotnie powtarzane i sterowane bez zakłóceń ruchu kolejowego powodują, że na Okręgu Doświadczalnym miały swój finał takie projekty, jak:

- ProtectRail – scenariusze zagrożeń i proponowane rozwiązania informatyczne w celu poprawy bezpieczeństwa na kolei,
- Monit – badanie zachowania dynamicznego taboru przy wprowadzeniu różnego rodzaju zaburzeń [4].

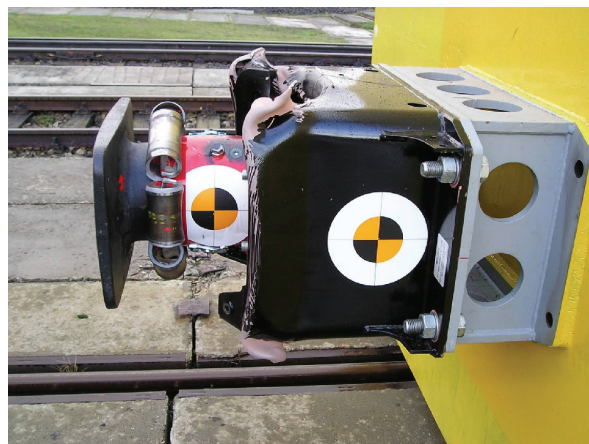
7. Badania wyposażenia infrastruktury kolejowej

Na torze doświadczalnym w większości przeprowadza się badania taboru kolejowego, jednak przyna-

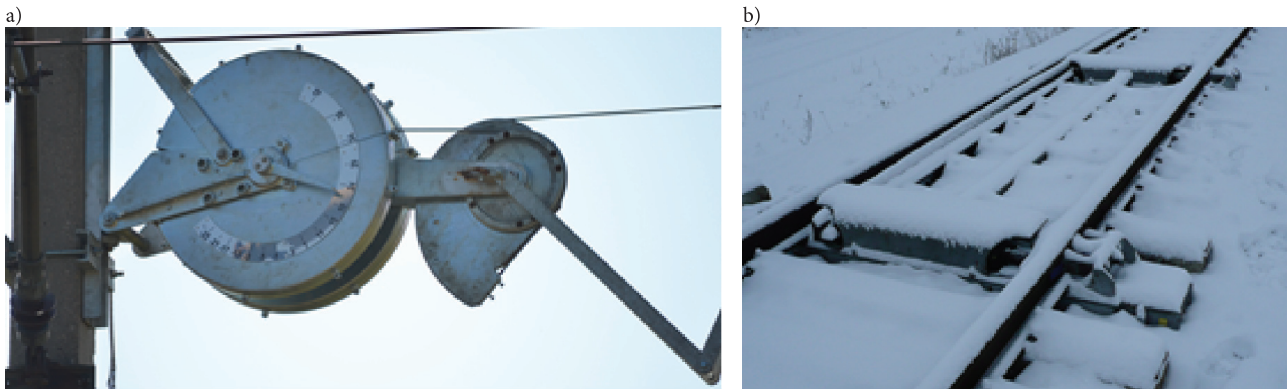
czenie poligonu badawczego umożliwia prowadzenie badań prototypowych rozwiązań konstrukcyjnych elementów wyposażenia infrastruktury kolejowej. Zamontowano i poddano badaniom prototypowe sprzężynowe urządzenie do naprężania sieci trakcyjnej (rys. 9a). Badania i pomiary posłużyły do opracowania nowych i doskonalszych rozwiązań technicznych tego urządzenia, co umożliwiło stosowanie na sieci trakcyjnej. Specjalnie opracowany plan testów oraz duża częstotliwość przejazdów taboru przez punkty pomiarowe, umożliwiły zamontowanie w rozjeździe prototypowego, hydraulicznego zamknięcia nastawczego (rys. 9b), które było badane przez cały rok w różnych warunkach pogodowych. Zamontowanie niesprawdzonych elementów na szlaku kolejowym, szczególnie odpowiadających za bezpieczeństwo ruchu kolejowego, niesie za sobą ryzyko powstania nieprzewidzianych awaryjnych sytuacji. Na Torze Doświadczalnym takie ryzyko jest wpisane w zakres prac badawczych, które mają zadanie określić warunki brzegowe oraz granice bezpieczeństwa. Warto również podkreślić, że na obiekcie, który w planach miał być przeznaczony do badań nawierzchniowych, po ponad dwudziestu latach eksploatacji zamontowano odcinek doświadczalny toru o długości 300 m na podsypce stabilizowanej żywicą.

8. Znaczenie toru doświadczalnego w badaniach dla kolejnictwa

Wymienione badania eksperymentalne dla kolejnictwa prowadzone na torze doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa, podejmowane są w celu stwierdzenia celowości stosowania nowych lub modyfikowanych rozwiązań technicznych, które w efekcie mają udoskonalić funkcjonowanie transportu kolejowego.



Rys. 8. Niszczące badania zderzeń na Torze Doświadczalnym [fot. autorzy]



Rys. 9. Badania elementów infrastruktury: a) urządzenia do naprężania sieci trakcyjnej, b) hydraulicznego zamknięcia rozjazdu [fot. autorzy]

Organizowane są we wszystkich obszarach działania kolei i wychodzą naprzeciw potrzebom rozwojowym. Nowe rozwiązania konstrukcyjne w podstawowych dziedzinach kolejnictwa, powinny odznaczać się dużą niezawodnością i sprawnością w działaniu, które gwarantuje pełne bezpieczeństwo ruchu pociągu. Wymaga to konieczności prowadzenia wszechstronnych badań w warunkach zbliżonych do normalnej eksploatacji. Może to być spełnione przy dysponowaniu odpowiednią bazą badawczą, której niezbędnym elementem jest tor doświadczalny, charakteryzujący się następującymi walorami:

- badania są prowadzone w warunkach zbliżonych do normalnego ruchu kolejowego, bez wzajemnych zakłóceń,
- w zależności od celu, warunki prowadzenia badań mogą być w kontrolowany sposób odpowiednio sterowane,
- dzięki stworzeniu takich samych warunków, które można łatwo określić, można prowadzić badania porównawcze, umożliwiające obiektywną ocenę stanu i poziomu technicznego obiektów oraz procesów badawczych,
- prowadzenie badań w sposób ciągły oraz ich szybkie rozpoczęcie skraca czas oczekiwania na wyniki,
- dzięki badaniom istnieje możliwość zweryfikowania wyników analiz i badań laboratoryjnych oraz stworzenie modelowych warunków eksploatacji,
- badania umożliwiają opracowanie nowych metod pomiarowych,
- proces badawczy umożliwia ocenę przydatności i celowości stosowania nowych rozwiązań technicznych, elementów konstrukcyjnych i nowych materiałów w kolejnictwie [2–6, 8].

9. Wnioski

Innowacyjność, to rozwój, który wiąże się z podejmowaniem odważnych decyzji, często wybiega-

jących ponad przyjęte i wcześniej akceptowalne rozwiązania. Postęp techniczny jest nie do zatrzymania, a rezygnacja z niego może być przyczyną osłabienia konkurencyjności. Szeroko stosowane narzędzia cyfrowe, które od wielu lat są wykorzystywane w procesie projektowania nowych elementów infrastruktury kolejowej, jak również nowych rozwiązań konstrukcyjnych taboru kolejowego, są przykładem kompleksowego podejścia do projektowania, począwszy od koncepcji i analiz wytrzymałościowych. Służy to do stworzenia modelu testów wytrzymałościowych i ruchowych obejmujących również zderzenia. Mimo, iż technologie te są stosowane na wielką skalę i stanowią niezbędny element procesu projektowego, konstruowania, badania oraz eksploatacji, nie spowodują rezygnacji z badań poligonowych. Badania takie wykorzystywane są do weryfikacji nowych rozwiązań, co jest związane z dużym wpływem konstrukcji kolejowych na bezpieczeństwo ruchu.

Literatura

1. Fijałek M., Żołnierzak R.: *Tor doświadczalny PKP koło Żmigrodu*, TTS Technika Transportu Szynowego, nr 1/ 1997.
2. Fijałek M.: *20-lecie toru doświadczalnego w Żmigrodzie. Geneza – przebieg budowy – charakterystyka techniczna*, TTS Technika Transportu Szynowego, nr 4/2016.
3. Fijałek M.: *Geneza i charakterystyka techniczna Toru Doświadczalnego w Żmigrodzie*, Prace Instytutu Kolejnictwa, 2016, nr 150.
4. Fijałek M.: *Tor Doświadczalny – Poligon badawczy PKP*, Opracowanie wewnętrzne Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa, Warszawa, 1986.
5. Krużyński M., Majewski M., Lewandowski M.: *Zadanie nr 6058/32. Prace techniczno-organizacyjne związane z rozpoczęciem wstępnej eksploatacji*

- obiekty Tor Doświadczalny – Poligon badawczy PKP*, PKP Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, marzec 1999.
6. Krużyński M., Majewski M.: *Rola i znaczenie toru doświadczalnego dla kolejnictwa*, XI Konferencja Techniczna „Drogi Kolejowe 01” 21–23 listopada, 2001.
 7. Mały Okrąg I etap budowy, Opracowanie wewnętrzne Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, październik, 1990.
 8. Szulc W.: *Ogólna charakterystyka Toru Doświadczalnego Instytutu Kolejnictwa i rodzaje wykonywanych badań taboru*, Prace Instytutu Kolejnictwa, 2016, nr 150.
 9. Żurkowski A., Szulc W., Groll W.: *Tor doświadczalny w Żmigrodzie – istotna infrastruktura badawcza Instytutu Kolejnictwa*, Infrastruktura Transportu, nr 4/2014.