

Seminaria naukowo-techniczne w Instytucie Kolejnictwa

Informację opracowała Elżbieta LANGA¹

Streszczenie

W pierwszej połowie 2016 r. Instytut Kolejnictwa zorganizował 6 otwartych seminariów naukowo-technicznych, będących platformą dyskusji nad najważniejszymi problemami transportu szynowego i nowymi rozwiązaniami technicznymi. Oprócz pracowników nauki, w spotkaniach wzięli udział przedstawiciele spółek kolejowych i przemysłu. W wystąpieniach przedstawiono osprzęt nowej generacji sieci trakcyjnej ze stopów aluminium, nowe badania wytrzymałości zmęczeniowej, omówiono bezpieczeństwo na przejazdach kolejowo-drogowych, a także znaczenie profilowania szyn w utrzymaniu nawierzchni kolejowej. Przedstawiono wyniki badań doświadczalnych i symulacyjnych par ciernych hamulca kolejowego oraz metody szacowania niepewności pomiarów stosowane w Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji. Prezentacje są dostępne na stronie internetowej Instytutu Kolejnictwa (www.ikolej.pl/seminaria-instytutu-kolejnictwa).

Słowa kluczowe: transport szynowy, Instytut Kolejnictwa, seminarium, sieć trakcyjna, wytrzymałość zmęczeniowa, przejazdy kolejowo-drogowe, bezpieczeństwo, profilowanie szyn, para cierna hamulca kolejowego, szacowanie niepewności pomiaru

W dniu 19 stycznia 2016 r. w Instytucie Kolejnictwa miało miejsce pierwsze w tym roku spotkanie seminaryjne. Referat pt. „Nowa generacja osprzętu sieci trakcyjnej ze stopów aluminium” wygłosił dr inż. Artur Rojek, kierownik Zakładu Elektroenergetyki Instytutu Kolejnictwa. Pierwszą część prezentacji autor poświęcił obecnym rozwiązaniom osprzętu sieci trakcyjnej zwracając uwagę na ich wady, do których można zaliczyć m.in. trudną regulację zawieszenia sieci przy pracach montażowych oraz pracochłonny montaż do konstrukcji wsporczych ze względu na dużą liczbę części składowych i ich masę. Ponadto badania symulacyjne i laboratoryjne wykazały dużą podatność na korozję ze względu na niską jakość wykonania elementów (tj. odlewy, spoiny), wrażliwość izolatorów ceramicznych na gwałtowne zmiany temperatury i uderzenia mechaniczne oraz podatność podwieszenia sieci na deformacje wynikające z wzajemnego przesunięcia wzdłużnego liny względem przewodów jezdnych.

Autor przedstawił nowe rozwiązanie konstrukcyjne systemu podwieszenia sieci jezdnej opracowane przez Akademię Górniczo-Hutniczą, Instytut Kolejnictwa oraz firmę Mabo Sp. z o.o. W układzie podwieszeń trakcji elektrycznej, użyto m.in. elementów o nowej geometrii wykonanych ze stopu aluminium. Nową konstrukcję poddano badaniom laboratoryjnym i eksploatacyjnym. Określono rozkład i wartość naprężeń mechanicznych w warunkach statycznych i dynamicznych. Układ testowano podczas przejazdu pojazdu trakcyjnego z różnymi prędkościami (do

180 km/h) oraz przy podniesionym jednym i dwóch pantografach. W nowej konstrukcji wykonanej ze stopu aluminium i stali nierdzewnej, w porównaniu z dotychczas stosowaną (ze stali cynkowanej ogniowo), zmniejszono masę wszystkich elementów z 90 kg do 41 kg i liczbę części łączenia z 19 do 13, co skróciło czas montażu zawieszenia do 30-50% czasu dotychczasowego (bez uwzględnienia prac przygotowawczych).

Autor zaprezentował także zagadnienie rozszerzalności liniowej sieci jezdnych przy zmianach temperatury otoczenia i potrzebę utrzymywania stałego napięcia przewodów za pomocą urządzeń naprężających. Porównał urządzenie naprężające TUN-1, którego kompensacja wydłużenia wynosi do 900 mm a siła napięcia 10-23 kN z nowym TUN-2, którego kompensacja wydłużenia wynosi 1200 mm, a siła napięcia 10-32 kN. Na zakończenie przedstawił gazowe urządzenie naprężające francuskiej firmy, którego kompensacja wydłużenia wynosi do 480 mm (AREO480) i do 1000 mm (AREO1000), a siła napięcia do 40 kN.

Seminarium „Badania wytrzymałości zmęczeniowej w pojazdach szynowych” odbyło się 9 lutego 2016 r. Referat wygłosił dr hab. inż. Henryk Sanecki. Na wstępie, autor prezentacji omówił podstawy teoretyczne wytrzymałości zmęczeniowej, bazując na koncepcji współczynnika kształtu, współczynnika wrażliwości materiału na działanie karbu, współczynnika spiętrzenia naprężeń oraz współczynnika stanu powierzchni. Omówił wykres Smitha-Goodmana oraz Haicha i sposoby ich schematyzacji. Następnie przed-

¹ Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Metrologii; e-mail: elanga@ikolej.pl.

stawił nowe podejście do zagadnienia odporności na zmęczenie, które różni się od klasycznej wytrzymałości zmęczeniowej. Uwzględnił przy tym wytyczne zawarte w kartach UIC, w raportach ERRI B12 RP17 i ERRI B12 RP60 a obecnie w EN 12663-1, 2 i w dyrektywach TSI.

Z uwagi na potrzebę „odchudzenia” konstrukcji pojazdów szynowych, wykorzystanie nowych materiałów, zwiększenie prędkości jazdy oraz ograniczanie wpływu na środowisko naturalne, jest niezbędne wprowadzanie nowych metod projektowania. W analizie wytrzymałości zmęczeniowej wykorzystuje się m.in. stale udoskonalane metody opisujące stany wieloosiowe oraz mechanikę pęknięcia, wspomagane oprogramowaniem komputerowym umożliwiającym prawidłową ocenę stanu odporności zmęczeniowej (np. NCODE).

Celem tych działań jest uniknięcie zniszczeń zmęczeniowych elementów w środkach transportu, gdyż mogą one doprowadzić do poważnych wypadków i ofiar śmiertelnych. Przyczyną ww. uszkodzeń są obciążenia działające w różnych układach mechanicznych, które wywołują w materiale złożone zjawiska i zmiany, zależne od wartości naprężeń i liczby cykli. Zmęczenie materiału obniża trwałość elementów konstrukcyjnych i może prowadzić do pęknięć zmęczeniowych. Na zakończenie autor omówił hipotezę Dang Vana jako przykładowe narzędzie do analizy wieloosiowego stanu naprężeń, które oprócz obciążeń pionowych uwzględni jeszcze obciążenia poprzeczne i podłużne, a nawet obciążenia skręcające pudło. Dodatkowo przedstawił sposoby zliczania cykli naprężeniowych otrzymanych po badaniach doświadczalnych, które rejestrują pełny zestaw efektów obciążeniowych podczas jazdy.

Dnia 8 marca 2016 r. mgr inż. Witold Olpiński wygłosił referat pt. „Elementy regulacji prawnych, wpływające na bezpieczeństwo na przejazdach kolejowo-drogowych, wymagające dalszego doskonalenia po wprowadzeniu nowego rozporządzenia nr 1744 z 20.10.2015 r.”

Na wstępie autor przedstawił krótki rys historyczny dotyczący zagadnienia bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych. Następnie skupił się na elementach rozwiązań systemowych, zagadnieniach technicznych oraz tezach do dyskusji. Zaprezentował swoje wnioski i opinie dotyczące bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych. Wśród podstawowych problemów wymienił m.in. potrzebę ustawowego uregulowania współodpowiedzialności sektorów w zakresie kosztów budowy, przebudowy, doposażenia i eksploatacji przejazdu oraz ujednoczenie przejazdów dotyczących oznakowania, sygnalizacji, oświetlenia, nawierzchni, widoczności i czasów trwania poszczególnych faz. Autor zaproponował zastosowanie zasady „4xE” – ang. *Education* (edukacja), *Enforcement* (penalizacja wykroczeń), *Engagement* (uzgodnienia) i *Equipment* (wyposażenie techniczne). Wśród zagadnień technicznych zwrócił uwagę na problem niespójności przepisów i wymagań oraz braku otwartości na nowe rozwiązania (np. wprowadzenie trzeciego, białego światła).

Autor przedstawił również możliwe rozwiązania systemowe obejmujące:

- odejście od iloczynu ruchu na rzecz indywidualnej oceny ryzyka przez wprowadzenie kompletnych i ścisłych zasad, sporządzanie rankingu przejazdów według stopnia ryzyka, rozwinięcie listy elementów wyposażenia przejazdów i zastosowanie narzędzi doboru wyposażenia opcjonalnego,
- stworzenie narodowych programów poprawy bezpieczeństwa na przejazdach uwzględniających poprawę wyposażenia, doposażenia oraz ewentualną likwidację lub zmianę na skrzyżowanie dwupoziomowe,
- wprowadzenie elementów wspomagających osoby o ograniczonej możliwości poruszania się.

Podsumowując prezentację, autor zaproponował kilka tez do dyskusji:

1. Linia kolejowa nie powinna dezintegrować obszaru, szczególnie zurbanizowanego. Prawo decyzji dotyczących przestrzennego zagospodarowania terenu powinno mieć użytkownicy końcowi tego terenu i usług transportowych, a nie koleje.
2. Zmiana podejścia do problemu przekraczania linii kolejowych: zamiast utrudnień i kar, zaoferowanie alternatywnych rozwiązań, jak np. przejścia podziemne dla pieszych.
3. Konieczne są zmiany prawa, ustaw i rozporządzeń, ponieważ bez nich, dzisiejszy stan bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych nie zmieni się. Potrzebna jest podstawa do dalszego działania.

„Czynniki wpływające na potrzebę profilowania szyn w utrzymaniu nawierzchni kolejowej” były tematem czwartego seminarium, które odbyło się 12 kwietnia 2016 roku; mgr inż. Grzegorz Stencel rozpoczął prezentację od wymienienia podstawowych wad szyn, które mają wpływ m.in. na hałas, drgania w pojazdach szynowych i otoczeniu linii oraz na niewłaściwą współpracę koła z szyną. Na zdjęciach zaprezentował przykładowe wady szyn, tj. wybuksovanie, uszkodzenie *headcheck*, wadę typu *squat*, zużycie faliste i łuszczenie blaszkowate. Przedstawił metody ich usuwania przez frezowanie, szlifowanie rotacyjne i oscylacyjne oraz struganie. Porównał reprofilację nowych szyn, reprofilację naprawczą i reprofilację prewencyjną oraz uszkodzenia *headcheck* i zużycia falistego. Przedstawił przykładowe wykresy pomiarów nierówności powierzchni tocznej szyn przed i po profilowaniu. Zaprezentowane wykresy dotyczyły zarówno eksploatowanej, jak i nowej szyny. W podsumowaniu omówił znaczenie profilowania szyn w początkowej fazie eksploatacji. Oprócz zmniejszenia kosztów cyklu życia nawierzchni, wyeliminowania hałasu i drgań, autor zwrócił uwagę na dodatkowe wymierne korzyści, tj.:

- poprawę współpracy koła z szyną i zapobieganie powstawaniu wad kontaktowo-zmęczeniowych przez dokładniejsze odwzorowania przekroju poprzecznego szyny,

- usunięcie wad, niedoskonałości hutniczych i innych drobnych uszkodzeń powierzchni tocznej powstałych podczas robót budowlanych,
- wyeliminowanie nierówności złączy szynowych, które mają wpływ na początkową jakość układu geometrycznego toru,
- profilowanie początkowe może być skuteczne przez wiele lat na większości linii kolejowych w Polsce, gdzie obciążenie ruchem nie przekracza 10 Tg,

Dr inż. Robert Konowrocki oraz dr inż. Jacek Kukulski przygotowali prezentację pt. „Badania doświadczalne i symulacyjne par ciernych hamulca kolejowego”, którą 10 maja 2016 r. przedstawił Jacek Kukulski. Na wstępie uzasadnił aktualność omawianego zagadnienia oraz przedstawił przegląd literatury. Zaprezentował informacje ogólne przybliżające tematykę dotyczącą par ciernych (tribologia, zjawisko tarcia, pojęcie dynamicznego tarcia w układach hamulcowych, para cierna, hamulec klockowy, wstawki hamulcowe – ich konfiguracja oraz kształty, hamulec tarczowy, okładziny hamulcowe, koła oraz tarcze hamulcowe). Opisał stanowisko badawcze, które wybudowano w Instytucie Kolejnictwa w 1995 roku. Stanowisko uzyskało pierwszą homologację UIC w 2001 roku. Aktualna jego homologacja jest ważna do 2020 roku. Parametry techniczne stanowiska badawczego:

- zakres prędkości pojazdu (dla koła \varnothing 890 mm) – 3,5÷420 km/h,
- maksymalna prędkość obrotowa – 2500 obr./min,
- moc silnika napędowego przy 1150 obr./min – 536 kW,
- moment obrotowy w zakresie do 1150 obr./min – 4450 Nm;
- maksymalny moment hamowania:
 - hamowanie do zatrzymania – 3000 Nm,
 - hamowania ciągłe – 4450 Nm;
- zakres momentów bezwładności mas z elektryczną symulacją – 150÷3000 kgm²,
- maksymalna symulowana masa przypadająca na parę cierną – 15 t,
- zakres regulacji sumarycznej siły docisku szczęk hamulcowych – 0÷100 kN,
- zakres pomiarowy temperatury tarczy hamulcowej (koła jezdne) – 0÷1000°C.

Możliwości badawcze stanowiska:

- badanie wstawek żeliwnych kompozytowych typu K i LL,
- badanie okładzin hamulcowych,
- badanie kół kolejowych i tramwajowych,
- badanie tarcz hamulcowych.

Oprócz parametrów technicznych oraz możliwości badawczych stanowiska, prelegent przedstawił także system wentylacji pary cierniej, ramę hamulca klockowego oraz ramę hamulca tarczowego. Następnie scharakteryzował wykorzystywaną aparaturę pomiarową oraz możliwości pomiarowe stanowiska badawczego obejmujące:

- pomiar siły normalnej,
- pomiar siły stycznej (pomiar momentu),

- pomiar temperatury za pomocą termopar zainstalowanych w kole lub tarczy,
- pomiar temperatury powietrza wentylującego parę cierną,
- pomiar prędkości obrotowej,
- pomiar prędkości wentylacji pary cierniej,
- pomiar wydatku wody do zraszania,
- pomiar chropowatości koła lub tarczy,
- pomiar masy wstawek,
- pomiar profilu koła,
- pomiar profilu tarczy,
- pomiar naprężeń własnych,
- pomiar generowanego hałasu w trakcie hamowania,
- pomiary termowizyjne.

Oprócz zagadnień dotyczących badań doświadczalnych, autor omówił także badania symulacyjne. Przedstawił przykładowy model numeryczny tarczy i okładzin, które składały się z połączenia segmentów organicznych i spiekanych. Omówił zależności matematyczne umożliwiające wyznaczenie energii i mocy hamowania, ilości ciepła, podziału energii cieplnej a także parametry przyjęte do badań numerycznych. Następnie przedstawił wykresy przedstawiające wyniki symulacji:

- rozkład temperatury w tarczy podczas hamowania z prędkości 200 km/h w chwili $t = 50$ s od początku procesu hamowania,
- rozkład temperatury w tarczy podczas hamowania z prędkości 200 km/h w chwili $t = 100$ s od początku procesu hamowania,
- rozkład temperatury w tarczy po zatrzymaniu z hamowania z prędkości 200 km/h w chwili $t = 138$ s,
- mapę temperatur odpowiadającą miejscom montażu termopar w tarczy przy prędkości tarczy 100 km/h – hamowanie z 200 hm/h.

Po seminarium, prelegent zorganizował dla zainteresowanych pokaz omawianego stanowiska badawczego.

Ostatnie przedwakacyjne seminarium odbyło się 21 czerwca 2016 r. Prezentację pt. „Metody szacowania niepewności pomiarów w Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji” przygotował mgr inż. Krzysztof Olszewski i inż. Tadeusz Główka. Każde laboratorium mające akredytację PCA, zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005, na świadectwie wzorcowania do każdej wartości wielkości zmierzonej musi podać niepewność pomiaru. Tadeusz Główka rozpoczął więc prezentację od przedstawienia wymagań wymienionej normy dotyczących wyznaczania niepewności pomiaru oraz związanych z nią podstawowych definicji. Następnie przedstawił etapy wyznaczenia niepewności pomiaru metodą typu A (na drodze analizy statycznej serii wyników pomiarów) i typu B (uwzględniająca różne źródła informacji o niepewności pomiaru). Autor przedstawił przykładowe obliczenia niepewności pomiaru dla pomiaru bezpośredniego temperatury, wilgotności, napięcia, rezystancji izolacji oraz czasu działania czuwaka. Natomiast dla

pomiaru pośredniego omówił przykład obliczenia niepewności pomiaru światłości kierunkowej. Dodatkowo omówił sytuację, kiedy obliczenie niepewności pomiaru jest niemożliwe – gdy badana cecha (funkcjonalność) jest cechą niemierzalną (nieskalowaną), w przypadku kiedy wynik próby może mieć tylko wartość logiczną 1 (układ spełnia

wymagania) lub 0 (układ nie spełnia wymagań). W tej sytuacji niemożliwe jest oszacowanie niepewności pomiaru. Na zakończenie autor przedstawił reguły określania zgodności wyniku badania z obowiązującymi wymaganiami oraz korzyści dla laboratoriów płynące z wyznaczania niepewności pomiaru.

Do końca 2016 roku zaplanowano 4 kolejne spotkania seminaryjne:

13 września 2016 mgr inż. Jan Raczyński	Możliwości wykorzystania KDP dla przewozów regionalnych.
11 października 2016 dr Paweł Kowalik mgr inż. Łukasz Antolik	Impregnacja drewnianych podkładów kolejowych olejem kreozotowym. Właściwości drewna twardego. Pękanie a właściwości mechaniczne podkładów bukowych.
8 listopada 2016 dr inż. Andrzej Toruń	Stanowisko do badań urządzeń pokładowych systemu ETCS L1 na okręgu doświadczalnym IK.
6 grudnia 2016 mgr inż. Agata Pomykała	Społeczno-gospodarcze aspekty systemu KDP w Polsce.

65 lat Instytutu Kolejnictwa



Stanowisko dynamometryczne do badania par ciernych hamulca kolejowego (widok ogólny i kabiny badawczej)
[fot. archiwum Laboratorium Badań Taboru]