

Centralne Laboratorium Eksploatacji Kolei Dużych Prędkości. Założenia i wymagania

Central Laboratory for High-Speed Rail Operation. Assumptions and requirements



Dyduch Janusz

Prof. dr hab. inż.

Prezes Honorowy SITK RP
Prezes SITK RP Oddział w Radomiu
Uniwersytet Radomski



Molenda Jarosław

Prof. dr hab. inż.

Sieć Badawcza Łukasiewicz –
Instytut Technologii Eksploatacji



Perzyński Tomasz

Dr hab. inż., prof. UR

Dziekan Wydziału Transportu,
Elektrotechniki i Informatyki
Uniwersytet Radomski



Palczewski Ryszard

Dr inż.

Ekspert SITK RP

Streszczenie: W artykule omówiono problematykę nowoczesnych laboratoriów badawczych w aspekcie badań i analiz Kolei Dużych Prędkości. Zwrócono uwagę na istotną rolę laboratoriów w rozwoju nauki i technologii oraz możliwości testowania nowych rozwiązań. Na przykładzie pokazano, że mogą pełnić także funkcję badawczą oraz edukacyjną i szkoleniową. Stwierdzono, że Centralne laboratorium KDP może stać się kluczowym ośrodkiem integrującym naukę i przemysł, wspierającym proces certyfikacji, wdrażania innowacji oraz kształcenia nowoczesnych kadr inżynierskich.

Słowa kluczowe: Centralne Laboratorium; Koleje Dużych Prędkości; Badanie i edukacja

Abstract: This article discusses the issue of modern research laboratories in the context of research and analysis of high-speed rail. It highlights the important role of laboratories in the development of science and technology and the potential for testing new solutions. It illustrates how they can also serve research, educational, and training purposes. It concludes that the Central High-Speed Railway Laboratory could become a key center integrating science and industry, supporting certification processes, implementing innovations, and educating modern engineering staff.

Keywords: Central Laboratory; High-Speed Railways; Research and Education

Wstęp

Obecnie można dostrzec wyraźny trend polegający na ponownym zwiększeniu znaczenia transportu kolejowego, zwłaszcza w przewozach pasażerskich. Na taki stan rzeczy wpływa szereg czynników o charakterze ekonomicznym, społecznym oraz technicznym. Na dystansach do około 1500 km szybka kolej, osiągająca prędkości rzędu 350 km/h, sta-

nowi konkurencyjną alternatywę dla innych środków transportu, w tym także dla lotnictwa. Nie ma potrzeby szczegółowego uzasadniania, że koszt przewozu jednego pasażera na trasie 1000 km jest niższy niż w przypadku transportu lotniczego czy samochodowego. Przeprowadzone analizy jednoznacznie potwierdzają tę tezę. Kolejnym istotnym czynnikiem jest czas podróży liczony w formule „od drzwi do drzwi”, który nawet na dystansie

1500 km czasowo okazuje się krótszy niż w przypadku podróży środkiem transportu lotniczego. Jeśli uwzględnimy się ponadto komfort w trakcie przejazdu oraz możliwość elastycznego planowania podróży, przewaga szybkiej kolei staje się niepodważalna. Do tego dochodzi jeszcze wiele innych aspektów o charakterze społecznym, które również przemawiają na korzyść tego środka transportu.

Ważnym elementem wprowadze-

nia szybkich kolei w Polsce jest problem podniesienia poziomu techniczno – organizacyjnego całej kolei. Wdrożenie takiego rozwiązania (KDP – Koleje Dużych Prędkości) niewątpliwie pociągnie wzrost poziomu technicznego i pojawią się nowoczesne elementy technologiczne, które będą możliwe do wprowadzenia w wielu elementach sieci kolejowej. Wiele takich elementów można również wdrażać i wprowadzać w innych obszarach gospodarczych. Kolej dużych prędkości wymusza wdrożenie nowoczesnych rozwiązań technicznych i organizacyjnych, które wpłyną na proces modernizacji całej sieci kolejowej. Naturalnym również będzie, na istniejących liniach, podniesienie prędkości do 250 km/h oraz prowadzenie na tych liniach ruchu towarowego, co znajduje odzwierciedlenie w projektach, [12]. Na liniach, po których kursować będą koleje dużych prędkości (350 km/h), ruchu towarowego prowadzić nie można.

Najbliższe lata warto przeznaczyć na analizę różnorodnych rozwiązań technicznych i organizacyjnych stosowanych w państwach posiadających rozwinięte systemy szybkiej kolei, aby wybrać te najbardziej efektywne pod względem ekonomicznym i technologicznym. Na podstawie opinii wielu przedstawicieli środowiska naukowego można przyjąć, że obecna kadra dysponuje odpowiednim poziomem kompetencji, umożliwiającym aktywne przyswajanie i adaptację najnowszych osiągnięć stosowanych w różnych krajach. Wydaje się, że najbardziej racjonalnym podejściem byłoby stworzenie syntezy najlepszych, cząstkowych rozwiązań funkcjonujących w poszczególnych systemach kolei dużych prędkości na świecie.

Nowoczesne kolejnictwo jest jednym z kluczowych filarów współczesnej gospodarki. Wykorzystywane w nim technologie sprawiają, że kolej należy do najbezpieczniejszych środków transportu. Zgodnie z Raportem UTK [1], rok 2023 był kolejnym okresem, w którym nie odnotowano poważnych wypadków. W kwestii bezpieczeństwa warto również odnieść

się do analiz Europejskiej Agencji Kolejowej dotyczących bezpieczeństwa systemów interoperacyjnych, [10]. W tym miejscu należy podkreślić, że rozwój kolei musi opierać się na wdrażaniu nowoczesnego taboru i innowacyjnych technologii przy zachowaniu najwyższych standardów bezpieczeństwa oraz niezawodności.

Obecnie jednym z najważniejszych wyzwań jest rozwój kolei dużych prędkości, co wiąże się z koniecznością podniesienia poziomu technicznego i organizacyjnego całego sektora. Wdrożenie KDP wymaga jednak nie tylko specjalistycznego taboru zdolnego do jazdy z bardzo dużymi prędkościami, ale także dedykowanej infrastruktury oraz zaplecza badawczo-technicznego [2-5]. Obecne rozwiązania wskazują na konieczność zmian w wielu obszarach, takich jak systemy trakcyjne, konstrukcja taboru czy nawierzchnia torowa. Specyfika kolei dużych prędkości wymusza nowe podejście do zarządzania, eksploatacji infrastruktury [13] oraz systemu kształcenia obecnych i przyszłych kadr [6]. W procesie wdrażania zmian pomocne mogą być doświadczenia państw posiadających rozwinięte systemy szybkiej kolei [7]. Wzrost prędkości pociągów rodzi jednak także wyzwania natury fizycznej, problemy związane z zasilaniem oraz inne potencjalne trudności eksploatacyjne [8, 9]. Aktualnie prowadzone działania koncentrują się na umożliwieniu jazdy z prędkościami przekraczającymi 250 km/h, a docelowo nawet 350 km/h. Realizacja ambitnych celów związanych z KDP wymaga równoległych inwestycji w infrastrukturę badawczą i dydaktyczną, pozwalającą na kształcenie przyszłych inżynierów kolejnictwa. Wyzwania organizacyjno-techniczne sprawiają, że rozwój wyspecjalizowanych ośrodków naukowo-badawczych i edukacyjnych staje się niezbędnym elementem budowy nowoczesnego systemu kolei dużych prędkości.

Celem planowanego laboratorium KDP powinno być utrzymanie wysokiego poziomu prac badawczo-wdrożeniowych poprzez rozwój i

adaptację nowoczesnych technologii dla potrzeb kolei, szczególnie kolei dużych prędkości w Polsce. Istotnym zadaniem będzie także integracja zaplecza laboratoryjnego wspierającego kształcenie na wszystkich poziomach studiów oraz doskonalenie zawodowe obecnych kadr inżynierów i techników związanych z eksploatacją i ruchem kolejowym.

Rola i charakterystyka Centralnego Laboratorium KDP

Nowoczesne laboratoria badawcze odgrywają istotną rolę w rozwoju nauki i technologii, stanowiąc przestrzeń powstawania innowacji oraz testowania nowych, bezpiecznych rozwiązań. Powinny one pełnić nie tylko funkcję badawczą, lecz także edukacyjną i szkoleniową, umożliwiając zdobywanie wiedzy oraz praktycznych umiejętności. Odpowiednio wyposażone laboratoria pozwalają prowadzić analizy i symulacje trudne do realizacji w warunkach rzeczywistych. Znaczenie laboratorium wynika również z kompetencji kadry badawczo-dydaktycznej, która posiada wiedzę i doświadczenie w prowadzeniu badań oraz kształceniu specjalistów.

Charakter przyszłościowo realizowanych zadań w laboratorium KDP wymaga skoordynowania badań w różnych obszarach poprzez stworzenie wspólnej bazy laboratoryjnej oraz integrację potencjału intelektualnego różnych dyscyplin. Spójne zarządzanie merytoryczne tymi działaniami jest kluczowe dla realizacji praktycznych celów związanych z eksploatacją kolei o podwyższonych prędkościach.

Inicjatywa utworzenia laboratorium KDP wynika z kilku przesłanek. Po pierwsze, planowane jest zwiększenie prędkości pociągów pasażerskich do 250 km/h przy wykorzystaniu modernizowanej infrastruktury. Po drugie, w Polsce brakuje zintegrowanego zaplecza laboratoryjnego wspierającego kształcenie specjalistów na wszystkich poziomach studiów w obszarze kolei o podwyższonych prędkościach. Istotnym wyzwaniem pozostaje także konieczność dalszego podnoszenia

poziomu bezpieczeństwa, szczególnie w kontekście wzrostu prędkości, oraz niedobór odpowiednio przygotowanej kadry inżynieryjno-technicznej. Równocześnie rozwój nowoczesnych, z informatyzowanych systemów eksploatacyjnych wymaga kształcenia specjalistów biegle posługujących się nowoczesnymi narzędziami inżynierskimi, w tym informatycznymi. Edukacja w obszarze kolei dużych prędkości powinna opierać się na najnowocześniejszych technologiach i rozwiązaniach.

Merytoryczny zakres realizowanego projektu laboratorium zakłada integrację kilku obszarów mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo kolei dużych prędkości. Wybrane obszary badań laboratorium pokazano na rys. 1.

Utworzenie proponowanego laboratorium KDP wiąże się z koniecznością poniesienia nakładów na zaplecze techniczne, budowę i adaptację pomieszczeń oraz zakup specjalistycznej aparatury badawczej. Kluczowym elementem realizacji projektu powinna być współpraca z otoczeniem gospodarczym, które może uczestniczyć w doposażaniu laboratorium w nowoczesną aparaturę. Doświadczenie firm związanych z branżą kolejową pozwoli trafnie określić potrzeby badawcze oraz kierunki dalszego rozwoju. Finansowanie kolejnych etapów wyposażania laboratorium może być również wspierane przez krajowe i europejskie granty związane z rozwojem kolei o podwyższonych prędkościach.

Modelowanie dynamiczne jako kluczowy obszar badań

Jednym z elementów badań powinno być opracowywanie modeli dynamicznych pociągów dużych prędkości, które polega na symulowaniu ich

zachowania w różnych warunkach eksploatacyjnych w celu oceny stabilności, bezpieczeństwa oraz komfortu jazdy. Wykorzystuje się do tego zaawansowane symulacje komputerowe, przede wszystkim modele dynamiki wielocłonowej, w których pociąg odwzorowany jest jako układ połączonych brył sztywnych (nadwozia, wózki, zestawy kołowe) współpracujących z elementami sprężysto-tłumiącymi. Kluczowe znaczenie ma tutaj precyzyjne modelowanie kontaktu koło-szyna oraz odwzorowanie toru jako struktury sprężystej uwzględniającej jego sztywność, nierówności i oddziaływanie z pojazdem.

Symulacje takie muszą być prowadzone zgodnie z obowiązującymi normami, w szczególności EN 14363 (zgodnie z wymaganiami obowiązującymi z Unii Europejskiej, [13]), która określa kryteria oceny bezpieczeństwa jazdy, komfortu (m.in. wskaźnik Sperlinga) oraz odporności na wykolejenie. Analizy muszą obejmować wpływ nierówności toru, oddziaływań aerodynamicznych, wiatru, zmiennego obciążenia pasażerami czy niepewności parametrów zawieszenia. Powstałe modele podlegają walidacji na podstawie badań terenowych i laboratoryjnych, a proces ich doskonalenia ma charakter iteracyjny. Do jednych z podstawowych wskaźników oceny należą:

- prędkość krytyczna,
- bezpieczeństwo przed wykolejeniem (m.in. analiza odciążenia kół i współczynników wykolejenia),
- komfort jazdy,
- częstotliwości i postacie drgań własnych oraz dynamiczna odpowiedź toru (ugięcia, naprężenia, osiadania).

Należy dodać, że modele wspierają projektowanie zawieszek, profili kół i konstrukcji toru, ocenę bezpieczeństwa operacyjnego oraz planowanie utrzymania poprzez prognozowanie zużycia elementów. Zakres badań musi obejmować również zagadnienia szczegółowe, takie jak efekt tłokowy w tunelach, reakcja dynamiczna mostów, kompatybilność elektroma-

gnetyczna, osiągi aerodynamiczne czy oddziaływanie na podtorze.

Wybrany zakres działalności laboratorium KDP

Laboratorium kolei dużych prędkości powinno stanowić zintegrowane centrum badań nad dynamiką pojazdów, infrastrukturą oraz systemami monitorowania. Jego działalność powinna obejmować:

- Dynamikę pociągów i interakcję koło – szyna
Badania sił kontaktowych, zużycia, drgań, hałasu i stabilności ruchu przy bardzo dużych prędkościach, z wykorzystaniem stanowisk testowych (rolling contact rigs), instrumentowanych kół i szyn, systemów tensometrycznych, skanerów 3D oraz analiz tribologicznych i materiałowych.
- Modelowanie i symulacje numeryczne
Zastosowanie specjalistycznego oprogramowania (np. do dynamiki wielocłonowej, kontaktu koło – szyna, analiz CFD, MES) oraz wysokowydajnych systemów obliczeniowych. Wykorzystanie algorytmów sztucznej inteligencji do analizy danych, predykcji uszkodzeń i optymalizacji eksploatacji.
- Aerodynamikę i wibroakustykę
Badania w tunelu aerodynamicznym, analizy oporu powietrza, fal ciśnienia w tunelach oraz drgań i hałasu wpływających na komfort i trwałość infrastruktury.
- Infrastrukturę torową i podtorze
Testy wytrzymałościowe nawierzchni, symulacje dynamiczne torowisk (FEM/DEM), badania propagacji drgań i osiadań oraz rozwój technologii monitorowania stanu toru.
- Systemy pantograf-sieć trakcyjna i zasilanie
Analiza jakości współpracy odbieraka prądu z siecią trakcyjną, niezawodności zasilania oraz systemów awaryjnych.
- Zaawansowane systemy monitorowania
Rozwój czujników przytorowych i



1. Obszary badań [oprac. własne]

pokładowych (światłowodowych, piezoelektrycznych, ultradźwiękowych), systemów diagnostyki w czasie rzeczywistym oraz narzędzi do predykcyjnego utrzymania infrastruktury.

Laboratorium powinno dysponować odpowiednią infrastrukturą badawczą (tory testowe, stanowiska pełnoskalowe, laboratoria materiałowe i wibroakustyczne), a także zespołem interdyscyplinarnych specjalistów z zakresu mechaniki, materiałoznawstwa, elektrotechniki, informatyki i tribologii. Istotna jest współpraca z przemysłem oraz prowadzenie badań zgodnie z normami EN, UIC, ERA i ISO. Integracja symulacji numerycznych, badań laboratoryjnych i testów terenowych umożliwi tworzenie bezpieczniejszych, bardziej efektywnych i komfortowych systemów kolei dużych prędkości, odpowiadających rosnącym wymaganiom technicznym, środowiskowym i eksploatacyjnym.

Partnerstwa naukowe i przemysłowe

Realizacja projektu laboratorium kolei dużych prędkości wymaga ścisłej współpracy z partnerami naukowymi i przemysłowymi, którzy mogą wnieść istotny wkład w rozwój zaplecza badawczego, technologii oraz procesów wdrożeniowych. Kluczową rolę w obszarze standaryzacji oraz ekspertyz związanych z infrastrukturą torową może pełnić Instytut Kolejnictwa, wspierający opracowywanie wytycznych technicznych i analiz bezpieczeństwa. Istotnym partnerem operacyjnym mogą być zarządcy infrastruktury kolejowej, przede wszystkim PKP Polskie Linie Kolejowe, którzy zapewnią dostęp do sieci kolejowej oraz umożliwią walidację opracowywanych czujników i systemów monitorowania w warunkach rzeczywistych. Współpraca z ośrodkami akademickimi, w tym Uniwersytetem Radomskim (WTEil) politechnikami w Warszawie, Wrocławiu Poznaniu czy Krakowie, pozwoli na rozwój zaawansowanych modeli symulacyjnych, analiz danych oraz

zastosowań sztucznej inteligencji w systemach transportowych. Partnerzy przemysłowi mogą dostarczać specjalistyczne czujniki i systemy pomiarowe oraz nowoczesne komponenty infrastruktury torowej i rozwiązania ograniczające drgania i zużycie. Synergia środowiska naukowego i przemysłowego stworzy solidne podstawy dla rozwoju innowacyjnych technologii oraz ich skutecznej implementacji w systemach kolei dużych prędkości.

Nowoczesne obiekty - testowe laboratoria

Laboratorium kolei dużych prędkości zakłada istnienie kilku zaawansowanych obiektów badawczych, umożliwiających kompleksowe testowanie pojazdów, infrastruktury oraz zintegrowanych systemów kolejowych. Wśród proponowanych stanowisk badawczych i obiektów należy wyróżnić:

- Stanowisko testowania pojazdów oparte będzie na koncepcji „rolki” z programowalną geometrią toru, pozwalającą odwzorować dowolną trasę kolejową na świecie. Umożliwi to prowadzenie badań przy prędkościach do 350 km/h oraz analizę nowych systemów trakcyjnych, hamulcowych, materiałów konstrukcyjnych i rozwiązań zwiększających efektywność energetyczną. Obiekt pozwoli na precyzyjną ocenę osiąarów pojazdów szynowych w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Podobne stanowiska funkcjonują w wiodących ośrodkach badawczych Europy, umożliwiając symulację warunków eksploatacyjnych pojazdów dużych prędkości, [14].
- Stanowisko testowania infrastruktury, które będzie symulować oddziaływania dynamiczne na tor, podsypkę oraz konstrukcje wsporcze, takie jak nasypy i podtorze, zarówno dla pociągów konwencjonalnych, jak i dużych prędkości do 350 km/h. Planowana lokalizacja na otwartym terenie umożliwi realistyczne odwzorowanie dynamiki gruntu i rzeczywistych warunków eksploatacyjnych.

- Centrum Integracji Systemów i Innowacji, które pozwoli na badanie kolei jako zintegrowanego systemu obejmującego pojazdy, infrastrukturę torową, zasilanie i systemy sterowania ruchem. Umożliwi analizę wzajemnych oddziaływań między poszczególnymi elementami oraz przetwarzanie danych z platform testowych. W centrum prowadzone będą m.in. badania nad cyfrową sygnalizacją, systemami zasilania oraz kompatybilnością elektromagnetyczną.

Centralne Laboratorium Kolei Dużych Prędkości i Integracji Systemów stanie się kluczowym ośrodkiem rozwoju nowoczesnych technologii kolejowych. Planowana lokalizacja w rejonie Radomia wpisuje się w szerszą koncepcję stworzenia regionalnego centrum inżynierii kolejowej, sprzyjającego powstawaniu miejsc pracy, przyciąganiu inwestycji i rozwojowi kompetencji technologicznych. Laboratorium umożliwi badanie systemów kolejowych jako spójnej całości oraz przyczyni się do rozwoju innowacyjnych rozwiązań wdrażanych zarówno w Polsce, jak i na rynkach międzynarodowych.

Nowoczesne platformy badawcze zwiększą potencjał Polski w zakresie projektowania, testowania i certyfikacji technologii kolejowych, wspierając rozwój sektora transportowego oraz gospodarki opartej na wiedzy. Inwestycja ta wpisuje się w strategiczne programy rozwojowe, generując miejsca pracy i stwarzając nowe możliwości dla przemysłu, nauki oraz edukacji. Szacuje się, że projekt może przynieść znaczące korzyści ekonomiczne, zwiększając efektywność sektora kolejowego i wzmacniając jego konkurencyjność.

Przykładowe systemy i wyposażenie badawcze laboratorium

Planowane laboratorium kolei dużych prędkości powinno zostać wyposażone w zintegrowany zestaw stanowisk badawczych, systemów pomiarowych

oraz narzędzi analitycznych umożliwiających kompleksowe badania infrastruktury torowej i pojazdów szynowych. Kluczowym elementem infrastruktury będzie odcinek toru testowego o długości około 10–20 metrów, wykonany z szyn typu UIC60 lub UIC54, z możliwością stosowania różnych konstrukcji nawierzchni, takich jak tłuczeń, beton czy prefabrykaty. Uzupełnieniem stanowiska będzie symulator obciążeń osiowych, oparty na układach hydraulicznych lub mechanicznych, pozwalający odwzorować naciski od 17 do 25 ton oraz analizować oddziaływania dynamiczne na tor i podtorze.

System pomiarowy laboratorium obejmie również zestaw czujników torowych umożliwiających pomiar sił, drgań, przemieszczeń i temperatury. Wśród nich znajdują się tensometry, przetworniki przemieszczeń LVDT, czujniki piezoelektryczne oraz czujniki światłowodowe FBG. Dane pomiarowe będą gromadzone i synchronizowane przez nowoczesne systemy akwizycji danych, takie jak DEWESoft, National Instruments czy LabVIEW, umożliwiające rejestrację i analizę sygnałów w czasie rzeczywistym. Uzupełnieniem będzie analityczny system AI/ML wykorzystujący algorytmy uczenia maszynowego do prognozowania zużycia elementów infrastruktury i identyfikacji potencjalnych awarii.

W zakresie pomiarów przemieszczeń i deformacji zastosowane zostaną czujniki indukcyjne LVDT, czujniki laserowe oraz optyczne czujniki CCD, umożliwiające precyzyjne monitorowanie odkształceń szyn i podkładów. Do analizy drgań wykorzystywane będą piezoelektryczne akcelerometry, czujniki MEMS oraz czujniki ICP/IEPE o szerokim paśmie pomiarowym. Pomiar sił i naprężeń realizowany będzie z wykorzystaniem tensometrów oporowych, czujników siły osiowej oraz specjalistycznych płyt tensometrycznych przeznaczonych do badań kontaktu koło–szyna.

Laboratorium zostanie również wyposażone w systemy monitorowania temperatury i warunków środowisko-

wych, w tym czujniki rezystancyjne PT100, termopary oraz kamery termowizyjne umożliwiające bezdotkowy pomiar nagrzewania elementów toru i taboru. Istotnym elementem będą czujniki światłowodowe FBG, pozwalające na wielopunktowy pomiar odkształceń i temperatury przy wysokiej częstotliwości próbkowania.

Uzupełnieniem infrastruktury badawczej będą mobilne systemy pomiarowe instalowane na pojazdach testowych, obejmujące jednostki inercyjne IMU, systemy GPS RTK o wysokiej dokładności oraz skanery Lidar 3D do mapowania torowiska i podtorza podczas jazdy. Dane z czujników będą rejestrowane przez zaawansowane systemy akwizycji, takie jak HBM QuantumX, NI CompactDAQ czy DEWE-Soft Sirius, zapewniające synchronizację pomiarów i możliwość integracji z systemami sztucznej inteligencji.

Zaplecze obliczeniowe laboratorium stanowić będą wysokowydajne stacje robocze HPC z oprogramowaniem do analiz numerycznych i symulacyjnych (m.in. MATLAB, ANSYS, narzędzia FEM/CFD), umożliwiające prowadzenie zaawansowanych analiz dynamicznych, wytrzymałościowych i aerodynamicznych. Całość infrastruktury zostanie uzupełniona o systemy zasilania i generatory zapewniające stabilne warunki prowadzenia badań oraz zasilanie czujników i stanowisk

testowych.

Zintegrowanie wszystkich wymienionych systemów w jednym środowisku badawczym pozwoli na prowadzenie kompleksowych analiz dynamiki toru i pojazdów, interakcji koło–szyna oraz trwałości infrastruktury. Tak skonfigurowane laboratorium stworzy nowoczesne zaplecze do testowania i wdrażania innowacyjnych technologii dla kolei dużych prędkości, wspierając rozwój bezpiecznego i efektywnego transportu szynowego.

Przykładowe laboratoria, w tym istniejące na Wydziale transportu, Elektrotechniki i Informatyki Uniwersytetu Radomskiego pokazano na rys. 2.

Podsumowanie

Transport kolejowy należy do najbardziej efektywnych, bezpiecznych i przyjaznych środowisku form przemieszczania osób oraz towarów. Odgrywa on istotną rolę w procesie zrównoważonego rozwoju, integracji regionów oraz stymulowaniu wzrostu gospodarczego. W obliczu dynamicznych przemian zachodzących na europejskich rynkach kolejowych konieczne jest równoległe prowadzenie pogłębionych analiz funkcjonalnych, technicznych i organizacyjnych rozwiązań stosowanych w krajach posiadających doświadczenie w zakresie kolei dużych prędkości. Takie podej-



2. Laboratoria systemów sterowania ruchem kolejowym – WTEiI URad. [źr. własne]



3. Badanie elementów konstrukcji pojazdów



4. Badanie elementów nawierzchni torowej

ście umożliwi wybór najbardziej efektywnych modeli wdrożeniowych oraz ograniczy ryzyko popełnienia kosztownych błędów. Kierunek ten jest zgodny z europejską polityką rozwoju zrównoważonego i interoperacyjnego transportu kolejowego, [13], [15].

Integralnym elementem transformacji sektora powinny być inwestycje w nowoczesne zaplecze badawczo-dydaktyczne dedykowane KDP. Integracja kompetencji i infrastruktury badawczej w wyspecjalizowanych ośrodkach, takich jak Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki Uniwersytetu Radomskiego oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Technologii Eksploatacji, może zapewnić spójne podejście do zagadnień naukowych i dydaktycznych, szczególnie w obszarze bezpieczeństwa kolei dużych prędkości. Naturalnym zatem jest, że inwestycja taka może zostać zlokalizowana w Radomiu, który posiada zaplecze badawcze i naukowe.

Uwzględniając strategiczny kierunek rozwoju europejskiej polityki transportowej, ukierunkowanej na mobilność ekologiczną, szybką i bezpieczną, utworzenie zintegrowanego, centralnego laboratorium stanowi warunek skutecznej implementacji, utrzymania i eksploatacji kolei o podwyższonych prędkościach w Polsce. Analiza przedstawionych zagadnień wskazuje, że rozwój kolei dużych prędkości wymaga jednoczesnego działania w kilku kluczowych obszarach. Konieczne jest stworzenie wyspecjalizowanego, interdyscyplinarnego zaplecza badawczego, zdolnego do prowadzenia zaawansowanych

symulacji, badań laboratoryjnych i testów terenowych zgodnie z europejskimi normami.

Centralne laboratorium KDP może stać się kluczowym ośrodkiem integrującym naukę i przemysł, wspierającym proces certyfikacji, wdrażania innowacji oraz kształcenia nowoczesnych kadr inżynierskich. Taka infrastruktura nie tylko zwiększy bezpieczeństwo i efektywność przyszłej sieci KDP, ale również wzmocni pozycję Polski jako aktywnego uczestnika europejskiego rynku technologii kolejowych, generując długofalowe korzyści gospodarcze i społeczne. ◀

Materiały źródłowe

- [1] „Raport w sprawie bezpieczeństwa”. Urząd Transportu Kolejowego, 2024
- [2] Trzoński K., Ostenda A.: „Koleje dużych prędkości, aspekty techniczne i społeczne. Przyskład Hu perloop One”. Zeszyty Naukowo – techniczne SITK RP o/ Kraków. Nr 3(110), 2016
- [3] Fabirkiewicz W.: „Koleje Dużych Prędkości w Polsce – praktyczne elementy logistyki”. Czasopismo Logistyka 3/2012
- [4] Dyduch J., Perzyński T.: Laboratorium Kolei Dużych Prędkości. Materiały: IV Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Rozwój Kolei Dużych Prędkości w Polsce”. POL SPEED Gdańsk 21-23 VI 2023r.
- [5] Chudzikiewicz A., Dyduch J., Krzyszkowski A., „Układy jezdne kolei dużych prędkości”. Materiały: POLSPEED Gdańsk 21-23 VI 2023r.

- [6] Red. Siergiejczyk M.: „Koleje dużych prędkości w Polsce”. Wydawnictwo Instytutu Kolejnictwa, 2015

- [7] Dyduch J., Paś J.(2023). High-speed turnout as part of the track. Journal of civil engineering and transport.5(3), 45-53,ISSN 2658-1698, e-ISSN 2658-2120, DOI:10.24136/tren.2023.012

- [8] Polak K.: „Oddziaływanie kolei dużych prędkości na środowisko. Część 1: Oddziaływania akustyczne”. Problemy Kolejnictwa, Zeszyt 200, 2023

- [9] Zbiec A.: „Zjawiska aerodynamiczne wywołane przejazdem pociągu”. Część 6: Inne oddziaływania. Podsumowanie cyklu”. Problemy Kolejnictwa, Zeszyt 200, 2023

- [10] Dyduch J., Perzyński T. Koncepcja Centralnego Laboratorium Kolei Dużych Prędkości. Przegląd Kolejowy 1-2/2025

- [11] European Union Agency for Railways. Railway Safety and Interoperability in the EU. ERA, 2023

- [12] PKP Polskie Linie Kolejowe. Dostosowanie CMK do prędkości 250 km/h – opis projektu. Warszawa, 2023

- [13] European Union Agency for Railways. Technical Specifications for Interoperability (TSI). ERA, 2023

- [14] Wickens A. The application of roller rigs to railway vehicle dynamics. Vehicle System Dynamics, 2018

- [15] European Commission. Sustainable and Smart Mobility Strategy. Brussels, 2020