

*Prof. dr hab. inż. Mirosława Dąbrowa-Bajon,
Dr hab. inż. Wiesław Zabłocki, prof. nadzw. PW
Politechnika Warszawska*

OSIĄGNIĘCIA I KIERUNKI BADAŃ NAUKOWYCH I WDROŻENIOWYCH DLA KOLEJNICTWA PROWADZONE W ZAKŁADZIE STEROWANIA RUCHEM PW

STRESZCZENIE

Artykuł prezentuje działalność Zakładu Sterowania Ruchem Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej w ostatnich 40 latach. Podstawowymi kierunkami tej działalności są badania, modernizacja, projektowanie i wdrażanie systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym (ksr). Do najważniejszych osiągnięć Zakładu, wypracowywanych przez wiele lat, należy koncepcja struktury hierarchicznego systemu ksr. Na jej podstawie były opracowane, a następnie wdrożone systemy ksr w kolejnictwie i metrze warszawskim. Ponadto przedstawiono informacje o bieżącej działalności Zakładu.

Obecny Zakład Sterowania Ruchem powstał ponad 50 lat temu na ówczesnym Wydziale Ruchu Kolejowego. Jego organizatorem i wieloletnim kierownikiem był prof. Tadeusz Ważyński, wspomagany przez doc. Stanisława Karasia. Problematykę telekomunikacyjną prowadził prof. Henryk Śmigieński. Zakład¹ funkcjonował pod nazwą „Zabezpieczenie Ruchu Pociągów”. Obecny Zakład Sterowania Ruchem kontynuuje i rozwija podjęte wówczas działania naukowe i dydaktyczne. Zakład funkcjonuje na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej i obejmuje również problematykę sterowania ruchem drogowym. Usamodzielił się Zakład Inżynierii Ruchu Lotniczego, który powstał w Zakładzie Sterowania Ruchem.

Podstawowymi kierunkiem w tej działalności są badania, modernizacja, projektowanie i wdrażanie systemów kierowania i sterowania w kolejnictwie i metrze warszawskim. Istotnymi czynnikami, którymi kierowano się w pracach są następujące wartości, idee lub cele:

- 1) unowocześnienie lub modernizacja systemów sterowania ruchem kolejowym, przy uwzględnieniu ścisłego dostosowania do wymagań i przepisów kolejnictwa polskiego i europejskiego,

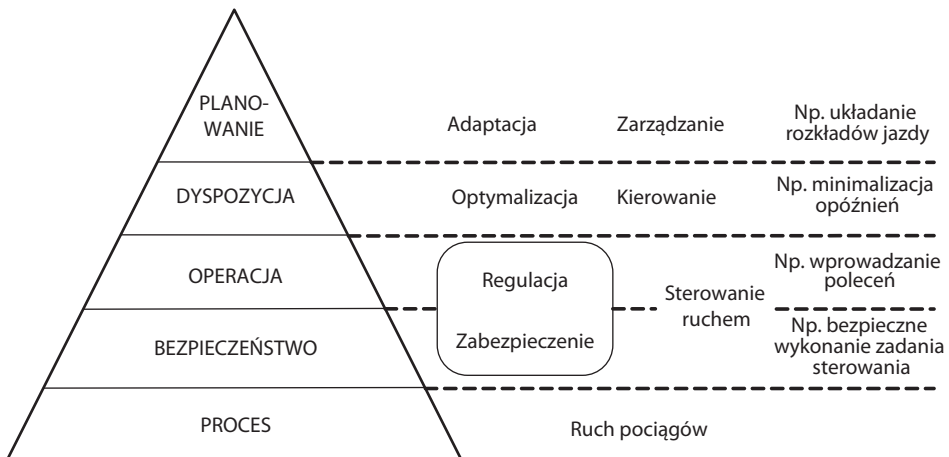
¹ Była to ówczesna Katedra i Zakład Zabezpieczenia Ruchu Pociągów.

- 2) wspomaganie pracy dyspozytorów i dyżurnych ruchu przez wdrażanie technologii informatycznych,
- 3) obligatoryjne spełnianie kryteriów bezpieczeństwa, efektywności i nowoczesnych sposobów eksploataowania systemów sterowania ruchem kolejowym.

Wszystkie projekty obejmujące wymienione dziedziny są tworzone w poszanowaniu praw i norm techniki, ergonomii i ekologii, przyczyniając się do ochrony środowiska. Rezultaty prac Zakładu można syntetycznie przedstawić następująco:

1. Już w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia prowadzono badania obejmujące wdrażanie wspomaganie komputerowego do projektowania urządzeń srk, a zwłaszcza planów schematycznych, przekaźnikowni i sieci kablowych.
2. Podjęto próby elektronizacji urządzeń i wprowadzenia do badań technik symulacyjnych.
3. Powstało kilka prac doktorskich.
4. Wydano dwa, pierwsze w Polsce, podręczniki akademickie [4, 16].

Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych podjęto kształtowanie struktury hierarchicznego systemu kierowania i sterowania ruchem. Powstała wielowarstwowa makrostruktura spełniająca wymogi współczesnego kolejnictwa (rys. 1).



Rys. 1. Wielowarstwowa hierarchiczna struktura kierowania i sterowania ruchem (ksr)

Etap podsumowany na przełomie lat dziewięćdziesiątych zakończono opracowaniem koncepcji wprowadzenia proponowanej struktury na sieci kolei polskich [2, 3, 4, 5]. Struktura posiada następujące cechy:

- zintegrowanie sterowania i kierowania ruchem na znacznym obszarze sieci (np. całej linii kdp), obejmujące zdalne sterowania i kontrolę dyspozytorską,
- powiązanie systemu kierowania i sterowania ruchem (ksr) z otoczeniem, np. systemami zarządzania ruchem,
- spełnianie wymagań interoperacyjności kolei,

- tworzenie bazy danych o ruchu rzeczywistym,
- wprowadzenie najnowszych technologii informatycznych, w tym komputerowych systemów zależnościowych.

Pakiet najważniejszych osiągnięć i wdrożeń w ujęciu chronologicznym zawiera:

- 1) opracowanie i zabudowanie systemu urządzeń Wielokomputerowego Systemu Kierowania Ruchem (WSKR)² z – urządzeniami przekazywania informacji o pociągu (PIP) na 25 posterunkach ruchu na linii Kraków – Medyka oraz systemu WSKR w Centrum Dyspozytorskim (CD) w Krakowie, zakończone przekazaniem licencji firmie ADtranz ZWUS, 1986–1996,
- 2) rozbudowę systemu WSKR-PIP o system zdalnego sterowania WSKR-ZS z nastawnią zdalnego sterowania w Woli Rzędzińskiej, obejmującą obszar posterunków między Tarnowem i Dębicą, 1995–1999,
- 3) opracowanie koncepcji systemu zdalnego sterowania na linii Reda-Hel, a następnie wdrożenie systemu przy udziale Wydziału Transportu, 1996–1999,
- 4) wdrożenie przez firmę Bombardier przy współpracy z Wydziałem Transportu systemu zdalnego sterowania na linii Warszawa Gołębki – Sochaczew z centrum zdalnego sterowania w Błoniu, 2000–2003,
- 5) opracowanie komputerowego systemu urządzeń zależnościowych WT UZ³, z przeznaczeniem dla Szybkiej Kolei Miejskiej (SKM) – 2002 oraz projektu zabudowy WT UZ dla linii Gdańsk Główny – Gdynia Chylonia, na podstawie projektów Wydziału Transportu, inwestycja jest stopniowo realizowana od 2001 r.,
- 6) opracowanie i wdrożenie dla I linii Metra w Warszawie systemu WT ZSiKD⁴, z Centralną Dyspozytornią na stacji POLITECHNIKA, a następnie w Kabatach na stacji techniczno-postojowej – 2007, od 1995 r.,
- 7) opracowanie i wdrożenie mikroprocesorowego sterownika wybierającego (MSW) na stacji Staszów, 1993,
- 8) opracowanie komputerowego systemu zależnościowego WT UZm (na podstawie doświadczeń WT UZ) z przeznaczeniem dla stacji I linii Metra w Warszawie, od 2000 r. urządzenia te były stopniowo instalowane na kolejnych stacjach jako pierwotne lub zastępujące urządzenia przekaźnikowe,
- 9) opracowanie elektronicznego pulpitu nastawczego WT EPN z tablicą graficzną, tzw. digitizerem – 1998, komputerowych urządzeń typu WT GSS (generatora sygnałów sterujących) – 2000 oraz powiązania urządzeń typu WT UZ z urządzeniami blokady liniowej – 2002.

² WSKR – początkowo Wieloprocesorowy System Kierowania Ruchem, a następnie Wielokomputerowy System Kierowania Ruchem, PIP – podsystem Przekazywania Informacji o Pociągu, CD – Centrum Dyspozytorskie, ZS – zdalne sterowanie.

³ WT UZ – komputerowe urządzenia zależnościowe Wydziału Transportu.

⁴ WT ZSiKD – system zdalnego sterowania i kontroli dyspozytorskiej Wydziału Transportu.

Przedstawione opracowania i wdrożenia charakteryzują się tym, że:

- stanowią oryginalne i nowoczesne rozwiązania powstałe na Wydziale Transportu i zastosowane po raz pierwszy na PKP lub w Metrze Warszawskim,
- były poprzedzone wieloletnimi badaniami teoretycznymi szczególnie z uwzględnieniem metod modelowania i symulacji komputerowej,
- generują tematykę prac doktorskich i habilitacyjnych i wnoszą nowe zagadnienia w pracy dydaktycznej z młodzieżą studencką.

Opracowane przez naukowców Wydziału Transportu lub przy ich współpracy systemy WT UZ, WT ZSiKD, WT UZm, WT EPN, WT GSS oraz system powiązania z blokadą liniową, uzyskały bezterminowe świadectwa dopuszczenia do eksploatacji wydane przez UTK. Z uwagi na rozszerzenia funkcjonalne systemów WT UZ i WT UZm, dotyczące współpracy z innymi systemami srk, nowe wersje tych systemów uzyskały kolejne świadectwa dopuszczenia. Aktualnie Wydział Transportu sprawuje nadzór autorsko-projektantki nad instalacjami systemów WT UZ na kolejnych stacjach SKM.

Istotnym czynnikiem w realizacji projektów systemów srk jest ciągła współpraca z firmą Kontron East Europe, prowadzoną na podstawie porozumienia z dnia 02 marca 2004. Firma jest wypróbowanym i niezawodnym dostawcą sprzętu komputerowego, spełniającego warunki systemów sterowania ruchem oraz realizatorem pomysłów i projektów, powstających przy współpracy z Wydziałem Transportu lub z pracownikami Wydziału. Współpraca z firmami Bombardier ZWUS oraz z firmą Kontron obejmuje nie tylko współpracę przy realizacji systemów i ich wdrożeniach, ale również inwestycje tych firm w laboratorium sterowania ruchem kolejowym Wydziału Transportu. Firma Kontron wyposaża laboratorium srk w sprzęt komputerowy – laboratoryjną konfigurację WT UZ oraz zestaw komputerów do modelowania funkcji kierowania i sterowania ruchem, a firma Bombardier ZWUS dostarczyła do niektórych ćwiczeń laboratoryjnych wyprodukowany przez siebie sprzęt. Należy podkreślić, że podstawą sukcesu aktualnych osiągnięć Wydziału jest współpraca uczelni i firm zewnętrznych.

Do połowy lat dziewięćdziesiątych w historii Zakładu nie do przecenienia była także współpraca z Centralnym Ośrodkiem Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa (COBiRTK), a następnie z Centrum Naukowo-Technicznym Kolejnictwa (CNTK), aktualnie Instytutem Kolejnictwa. W ramach współpracy w Zakładzie realizowano wiele badań związanych z elektroniczną systemów srk i badaniami symulacyjnymi, także w ramach programu CPBR.

Wykorzystując posiadane doświadczenia w zakresie tworzenia komputerowych systemów kierowania i sterowania ruchem (ksr), dobrze dostosowanych do potrzeb ruchowych, nowoczesnych wymagań bezpieczeństwa, a także projektowania i eksploatacji, uznano, że celowe jest stworzenie narzędzi formalnych, spełniających wymagania i ułatwiających porozumienie między twórcami systemów i projektantami oraz zamawiającymi i przyszłymi użytkownikami systemów. Wymagania te są uwzględnione w pracach W. Zabłockiego, a szczególnie praca [18], która także unowocześnia i porządkuje wiele pojęć i definicji w branży srk, np. wprowadza sprzeczność statyczną i dynamiczną, formalizuje definicje przebiegów, definiuje zbiór stanów przebiegu.

Prace dotyczące unowocześnienia projektowania systemów ksr obejmują także badania z zakresu metod projektowania obiektowego [5, 13]. Jest to metoda, która umożliwia jednoznaczny identyfikację zadań (funkcji) systemu podatną na modyfikacje, a także dokładnie identyfikuje powiązania i rozmieszczanie urządzeń systemu, wymianę informacji pomiędzy obiektami systemu, a także w miarę potrzeby wprowadza kolejne diagramy i komponenty. Z wykorzystaniem tej metody zbudowano badawczo-dydaktyczny model systemu ksr w laboratorium technik sterowania ruchem kolejowym.

Kolejne badania obejmują:

1. Zintegrowaną metodę (*hardware* i *software*) budowy komputerowego systemu sterowania ruchem na stacji (nastawnica komputerowa), opracowaną przez M. Maciejewskiego [14].
2. Opracowanie metodologii tworzenia komputerowych systemów zobrazowania graficznego stanu systemu sterowania ruchem i procesu ruchowego; metoda zobrazowania opracowana przez S. Jasińskiego jest metodą uniwersalną i może być dostosowana praktycznie do zobrazowania dowolnego systemu sterowania [10].
3. Wdrożenie do projektowania systemów kierowania i sterowania ruchem metodologii obiektowego opisu systemów informatycznych – prace A. Kochana [13].
4. Prace nad dostosowaniem do obsługi urządzeń srk pulpitów bezdotykowych realizowane w ramach grantów rektorskich przez J. Karolaka [11, 12]. Z badań nastawnic komputerowych pracujących obecnie na sieci PKP, wyciągnięto wnioski o pewnych niedogodnościach w obsłudze urządzeń (zbyt duża rozległość zobrazowania oraz złożone wprowadzanie poleceń), dlatego prace nad dostosowaniem do obsługi urządzeń srk pulpitów bezdotykowych są istotnie ważne.
5. Każdy system ksr przed oddaniem do użytku musi być wszechstronnie przebadany. Badania w warunkach rzeczywistych są trudne i długotrwałe, a niekiedy wręcz niemożliwe. Wygodnym narzędziem badawczym są w takich przypadkach symulatory pracy urządzeń w warunkach ruchowych. Symulatory są także przydatne do nauki personelu obsługi urządzeń. Interesujące badania w tym zakresie przeprowadził K. Zakrzewski [19].
6. Interesujący problem badawczy dotyczy automatyzacji dokumentowania zdarzeń ruchowych i pracy urządzeń ksr. Badania wykazały, że dyżurny ruchu tworzy 20 różnych dokumentów, w których informacje się powtarzają. Automatyzacja dokumentacji jest przedmiotem badań A. Bugaja [1].
7. Uzyskanie wysokiej efektywności pracy urządzeń ksr warunkuje ich optymalną strukturę, dużą niezawodność oraz sprawnie zorganizowaną diagnostykę i utrzymanie. Zagadnieniami niezawodności i eksploatacji urządzeń, a także systemów srk zajmował się J. Dyduch [7, 8]. Tym zagadnieniom poświęcają także swoje prace L. Konopiński [9] i J. Moczarski [15], którzy ponadto zrealizowali wiele opracowań i opinii o charakterze eksperckim. W badaniach z tego zakresu uczestniczy także P. Drózd.

8. Istotną formą działalności Zakładu są prace projektowe, eksperckie i nadzór autorski dotyczący wdrażanych we współpracy z innymi instytucjami projektów systemów srk, będące rezultatami badań naukowych. Działalność ta, wymagająca wysokiego stopnia specjalistycznego doświadczenia badawczego i unikatowych umiejętności, charakteryzuje działalność K. Grochowskiego oraz I. Sitka.

9. W Zakładzie są również prowadzone badania związane z certyfikacją i wdrażaniem do eksploatacji systemów ksr – opracowano łącznie kilkadziesiąt opinii i ekspertyz, na podstawie których badane obiekty uzyskały świadectwa dopuszczenia do eksploatacji.

Prace młodych naukowców są prowadzone w ugruntowanym od wielu lat środowisku naukowym Zakładu. W latach 1968–1997 w środowisku tym obroniono 27 prac doktorskich. Obecny zespół doktorantów liczy 7 osób. Łącznie w Zakładzie powstały 3 prace habilitacyjne i 3 prace, które dojrzały w innych zakładach (2 prace dotyczące sterowania ruchem lotniczym i 1 praca dotycząca sterowania ruchem drogowym).

W Zakładzie powstało laboratorium dydaktyczno-naukowe do badania struktur techniczno-funkcjonalnych systemów kierowania i sterowania. Laboratorium jest wyposażone w najnowocześniejszy sprzęt komputerowy. Oprócz wspomnianych funkcji włącza się obecnie do konfiguracji wiele zestawów do badań urządzeń liniowych (blokady, SSP) oraz urządzeń zewnętrznych (układy zwrotnicowe, sygnałowe, czujniki i liczniki osi).

Autorzy niniejszego artykułu mają nadzieję, że wszystkie obecnie prowadzone prace naukowe, podobnie jak poprzednie, będą doprowadzone do stanu użytkowego, a uzyskane wyniki będą wdrożone.

BIBLIOGRAFIA

(Bibliografia zawiera jedynie reprezentatywne publikacje pracowników Zakładu dokumentujące badania)

1. Bugaj A., Grochowski K.: *Metody tworzenia systemów dokumentacji na posterunkach ruchu.* „Zeszyty Naukowo–Techniczne SliTKom” w Krakowie, nr 95 (Zeszyt 154), Kraków, 2010.
2. Dąbrowa-Bajon M., Dudziak Cz., Grochowski K.: *Koncepcja centralizacji prowadzenia ruchu pociągów na kolejach polskich.* „Technika Sterowania Ruchem”, 2000, nr 3–4.
3. Dąbrowa-Bajon M., Dudziak Cz., Grochowski K.: *Koncepcja kierowania ruchem pociągów na kolejach polskich.* „Technika Sterowania Ruchem”, 2001, nr 1-2.
4. Dąbrowa-Bajon M., Karbowski H., Grochowski K.: *Zasady projektowania systemów i urządzeń sterowania ruchem kolejowym.* Podręcznik akademicki. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1981.
5. Dąbrowa-Bajon M., Kochan A.: *Designing of the Train Movement Information Service.* System with Object Oriented Methodology Archives of Transport PAN, vol. 15, issue 2, Warsaw, 2003.
6. Dąbrowa-Bajon M.: *Podstawy sterowania ruchem kolejowym.* Podręcznik akademicki. Wyd. I i II. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2002, 2007.
7. Dyduch J.: *Rola inżyniera w rozwoju infrastruktury kolejowej.* Międzynarodowa Konferencja n-t SliTKom „Polskie Linie Kolejowe w UE”, Kazimierz Dolny, 2003.
8. Dyduch J., Siergiejczyk M.: *Wybrane zagadnienia oceny niezawodności systemów sterowania ruchem kolejowym.* Konferencja pt. „Automatyzacja i eksploatacja systemów sterowania i łączności”. Gdynia, AMW, 2003.
9. Grochowski K., Konopiński L.: *Kierowanie i sterowanie ruchem kolejowym w inteligentnym systemie transportowym.* „Prace Naukowe PW, Transport”, z. 61, Warszawa, 2007.
10. Jasiński S.: *Metoda tworzenia komputerowych systemów graficznych do celów kierowania i sterowania ruchem kolejowym.* Rozprawa doktorska (w przygotowaniu).
11. Karolak J., Kochan A.: *Wykorzystanie panelu dotykowego dla poprawy ergonomii obsługi stanowiska kontroli dyspozytorskiej.* „Logistyka”, 2010, nr 4.
12. Karolak J.: *Wybrane zagadnienia projektowania i rozbudowy stanowiska kontroli dyspozytorskiej.* „Zeszyty Naukowo-Techniczne SliTKom w Krakowie”. Kraków, 2010, nr 95 (Zeszyt 154).
13. Kochan A.: *Metoda projektowania komputerowych systemów kierowania ruchem kolejowym.* Rozprawa doktorska (w przygotowaniu).
14. Maciejewski M.: *Metoda budowy komputerowego systemu sterowania ruchem kolejowym.* Rozprawa doktorska (w przygotowaniu).
15. Moczarski J.: *Struktura procesu informacyjno-decyzyjnego w obsłudze urządzeń sterowania ruchem kolejowym.* „Logistyka”, 2010, nr 6.

16. Ważyński T.: (koordynacja całości) i zespół. *Sterowanie ruchem kolejowym. Podręcznik akademicki*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1970.
17. Zabłocki W.: *A Formal Analysis of Conflict Functions Used in Rail Control Systems*. „Archives of Transport PAN”, vol. 18, Warsaw, 2006.
18. Zabłocki W.: *Modelowanie stacyjnych systemów sterowania ruchem kolejowym*. „Prace Naukowe PW. Transport”, z. 65, Warszawa, 2008.
19. Zakrzewski K.A.: *Symulacja rzeczywistego ruchu pociągów dla stanowiska dyspozytora liniowego na przykładzie systemu ILTOR2-CKR*. Praca dyplomowa magisterska. Warszawa, Wydział Transportu PW, 2010.