

# Administracyjne systemy dynamicznego ważenia pojazdów



JANUSZ GAJDA

jgajda@agh.edu.pl



PIOTR BURNOS

burnos@agh.edu.pl



RYSZARD SROKA

rysieks@agh.edu.pl

AGH Akademia  
Górnictwo-Hutnicza

Osiągnięty obecnie poziom technicznego rozwoju systemów dynamicznego ważenia pojazdów (*Weigh-In-Motion* – *WIM*) pozwala na ich bezpośrednie wykorzystanie do egzekwowania przepisów określających dopuszczalną masę i dopuszczalne naciski osi pojazdów samochodowych. Analogicznie jak fotoradary stosowane są w systemie kontroli przestrzegania ograniczeń prędkości, systemy *WIM* mogłyby pełnić rolę narzędzia w zakresie kontroli masy i nacisków osi pojazdów. Takie systemy będziemy nazywać administracyjnymi systemami *WIM*. W celu realizacji tego postulatu w 2014 roku Akademia Górniczo-Hutnicza zainicjowała powstanie Zespołu do Spraw Administracyjnych Systemów *Weigh-in-Motion* (*ZAS-WIM*). Zespół ten działając w ramach Klastra Inteligentnych Systemów Transportowych, skupia wyższe

uczelnie, urzędy administracji państwowej, instytuty badawcze oraz firmy komercyjne. Celem działań podjętych przez *ZAS-WIM* jest stworzenie warunków formalnych i technicznych niezbędnych do stosowania w Polsce administracyjnych systemów *WIM*. W pierwszej części artykułu omówiono problemy związane z występowaniem pojazdów przeciążonych na polskich drogach, a następnie prace zespołu *ZAS-WIM* w zakresie przeciwdziałania temu zjawisku.

Udział pojazdów przeciążonych w ruchu drogowym w Polsce jest określany, w zależności od klasy pojazdów, na poziomie od kilkunastu do nawet trzydziestu procent. Zjawisko to jest obserwowane w klasach obejmujących pojazdy ciężarowe, jak również w klasie pojazdów dostawczych o dopuszczalnej masie całkowitej do 3.5 tony. W Polsce problematyką ruchu pojazdów przeciążonych i ich oddziaływania na nawierzchnię drogi zajmują się między innymi Ryś, Judycki i Jaskuła. W pracy [21] przedstawiono wyniki analizy 10 milionów wyników ważenia pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej ponad 3,5 tony, które pochodzą z 11 stacji dynamicznego ważenia pojazdów w ruchu *WIM*. W zależności od lokalizacji stacji udział pojazdów przeciążonych w ruchu wynosi od kilkunastu do 23% (średnio 18,5%). Jeszcze gorsze wnioski wynikają z badań przeprowadzonych przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDiM). W pracy [13] Kula wykazał 30% pojazdów przeciążonych. Duże zróżnicowanie udziału tych pojazdów w ruchu drogowym może być wynikiem kilku

czynników [20]: po pierwsze na terenie Polski występuje różna struktura rodzajowa ruchu, po drugie różne jest dopuszczalne obciążenie osi napędowych na różnych drogach, które w zależności od kategorii drogi wynoszą 100kN (wybrane drogi wojewódzkie i krajowe) lub 115kN (autostrady i drogi ekspresowe oraz wybrane drogi krajowe), a ponadto różna jest ranga dróg i ich przeznaczenie.

Biorąc pod uwagę, że jeden pojazd przeciążony wyrządza szkodę zmęczeniową nawierzchni porównywalną z dziesiątkami tysięcy pojazdów obciążonych normatywnie, to skala problemu jest duża i zagraża trwałości infrastruktury drogowej. Wpływ pojazdów najcięższych na nawierzchnię drogi był przedmiotem wielu prac naukowych, a informacje na ten temat można znaleźć w literaturze [14], [22], [24], [19].

Szkodliwy wpływ pojazdów przeciążonych nie ogranicza się jedynie do infrastruktury drogowej. Takie pojazdy wywierają również negatywny wpływ na środowisko, bezpieczeństwo uczestników ruchu drogowego oraz warunki uczciwej konkurencji w transporcie [4]. Dlatego dążenie do efektywnego eliminowania pojazdów przeciążonych z ruchu jest w pełni uzasadnione. Taki też jest cel prac prowadzonych przez zespół *ZAS-WIM* pod kierunkiem Katedry Metrologii i Elektroniki AGH w Krakowie. W skład Zespołu oprócz AGH wchodzi: Główny Urząd Miar, Główny Inspektorat Transportu Drogowego oraz firmy: CAT Traffic, Kapsch Telematic Services Sp. z o.o., Kistler oraz TRAX Elektronik.

Sposobem, który skutecznie ogranicza udział pojazdów przeciążonych w ruchu drogowym są regularne i konsekwentne kontrole masy i nacisku osi pojazdów. Już na początku lat 2000 zespół pod kierownictwem Taylora [23] prowadził badania w tym temacie. Z analiz przeprowadzonych w kilku stanach USA wynika, że regularne kontrole masy pojazdów na danym odcinku drogi mogą zmniejszyć udział pojazdów przeciążonych z 30% do 1%. Podobne doświadczenia mają Brazylijczycy. Rozpoczęte w 1975 roku działania, przyniosły zmniejszenie średniego poziomu przekroczeń dopuszczalnych wartości nacisku na oś o ponad 4 tony, na przestrzeni 10 lat [11]. Na korelację pomiędzy częstotliwością kontroli masy pojazdów, a ruchem pojazdów najcięższych wskazują również Ryś i Kula w cytowanych wcześniej pracach [21], [13].

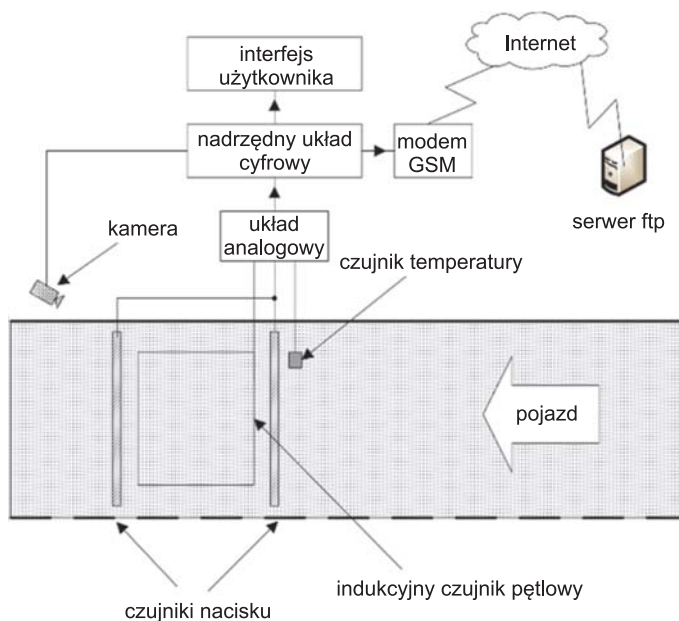
Z technicznego punktu widzenia ważenie pojazdów może być realizowane w sposób statyczny lub dynamiczny na stanowiskach *WIM*. Obecnie, zgodnie z obowiązującymi przepisami jedynie wynik ważenia pojazdu uzyskany przy użyciu wagi platformowej, statycznej bądź wolnoprzejazdowej może zostać wykorzystany w postępowaniu administracyjnym. Choć takie postępowanie jest zgodne z obowiązującym w Polsce prawem, to jest bardzo nieefektywne. Zatrzymanie pojazdu, skierowanie go na stanowisko ważenia, kontrola

dokumentacji i w końcu wymiarów geometrycznych i nacisku osi trwa średnio jedną godzinę. Dodatkowo kierowcy poprzez radio CB informują się nawzajem o prowadzonej na danej drodze kontroli i w efekcie pojazdy przeciążone są kierowane na trasy alternatywne. Na wady stosowanego obecnie statycznego systemu kontroli masy pojazdów wskazuje również Najwyższa Izba Kontroli. Z raportów [17] i [16] wynika, że Inspekcja Transportu Drogowego nie prowadzi kontroli w nocy, w weekendy oraz w okresie zimowym, a te, które są prowadzone, dotyczą głównie dróg krajowych i nie obejmują dróg wojewódzkich, powiatowych i gminnych.

Inne podejście do kontroli nacisku osi i masy pojazdów polega na wykorzystaniu systemów ważenia dynamicznego WIM [5]. Czujniki nacisku osi w tych systemach są montowane w nawierzchni głównego przekroju drogi, dzięki czemu ważeniu podlega każdy pojazd bez ograniczania jego prędkości. Zapewnia to niemal 100% skuteczność kontroli. Wadą takiego rozwiązania jest jednak ograniczona i zmienna dokładność pomiaru. Jest to spowodowane występowaniem składowej dynamicznej w nacisku osi poruszającego się pojazdu oraz dużą wrażliwością systemu WIM na czynniki zakłócające o różnej naturze [6]. Ponadto, w świetle obowiązujących obecnie przepisów, systemy takie nie mogą być wykorzystywane w celach administracyjnych. Pełnią więc one wyłącznie rolę wspomagającą, umożliwiając selektywny wybór z ruchu pojazdów do kontroli statycznych.

## Administracyjne systemy WIM

Rozwiązaniem podnoszącym efektywność systemu kontroli masy pojazdów jest wprowadzenie systemów WIM działających automatycznie, na analogicznej zasadzie jak obecnie działają urządzenia znane pod nazwą „fotoradar”. Ze względu na cel ich stosowania będziemy je nazywać **administracyjnymi systemami WIM**. Przykładową strukturę administracyjnego systemu WIM przedstawiono na rysunku 1.

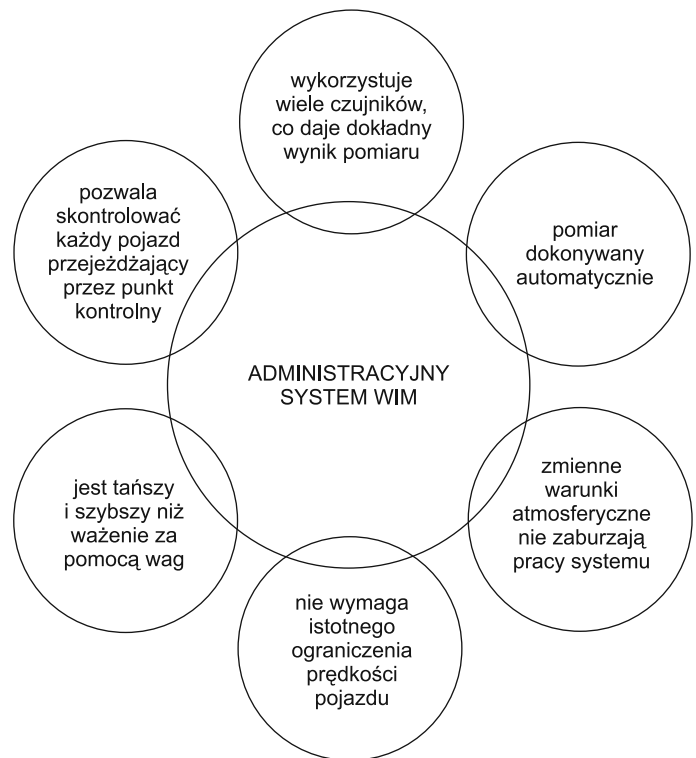


Rys. 1. Struktura administracyjnego systemu WIM

- Realizacja tego postulatu wymaga:
- 1) opracowania procedury legalizacji i kontroli metrologicznej,
  - 2) określenia wymagań konstrukcyjnych administracyjnych systemów WIM.

Obydwa obszary tematyczne są przedmiotem prac badawczych prowadzonych w ramach ZAS-WIM.

Działania zmierzające do wprowadzenia i stosowania takich systemów były już podejmowane wcześniej lub są podejmowane aktualnie w różnych krajach [1], [15], [10]. Przykładem prac prowadzonych w tym celu są uregulowania formalne opracowane przez Czeski Instytut Metrologii [8], gdzie obecnie działają dwa systemy administracyjne. Pewne wymagania dotyczące systemów WIM oraz metodyki ich sprawdzania można znaleźć w [18]. Coraz większa potrzeba efektywnej kontroli masy pojazdów została dostrzeżona również w innych krajach, o czym świadczą pierwsze doniesienia pojawiające się w międzynarodowych czasopismach [9], [25]. Zalety wynikające z opracowania i implementacji administracyjnych systemów WIM zestawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Zalety administracyjnych systemów WIM oraz ich wykorzystania do kontroli masy pojazdów i nacisku osi

Problem opracowania procedury legalizacji i metrologicznej kontroli administracyjnych systemów WIM wynika z kilku przesłanek:

- kwarcowe i piezoelektryczne polimerowe czujniki nacisku stosowane w systemach WIM są układami górnoprzepustowymi, tzn. nie mierzą stałej siły nacisku. Do ich kalibracji konieczne jest stosowanie specjalnych układów wymuszających zmienną w czasie siłę, o dokładnie znanych wartościach chwilowych;

- po zamontowaniu czujników nacisku w nawierzchni, fragment drogi staje się elementem układu pomiarowego. Tym samym właściwości nawierzchni wpływają na właściwości metrologiczne systemu *WIM*, a równocześnie jego badanie można przeprowadzić wyłącznie w terenie, bezpośrednio na stanowisku. Jedynie badanie poszczególnych modułów systemu elektronicznego może być przeprowadzone w laboratorium metrologicznym;
- systemy *WIM* pracują w zmiennych warunkach środowiskowych takich jak temperatura, wiatr, opady, oblodzenie, wilgotność, które wpływają na niepewność lub błąd ważenia pojazdu. Ponadto intensywność wpływu wymienionych czynników na system zależy od technologii wykonania zastosowanych czujników nacisku. Określenie tego wpływu wymaga długotrwałych badań prowadzonych bezpośrednio na stanowisku *WIM*;
- przedmiotem pomiaru w systemach *WIM* jest zarówno masa całkowita pojazdu, jak też nacisk statyczny jego osi. Kalibracja systemu, jak również jego legalizacja i kontrola metrologiczna wymagają dysponowania wzorcowymi wartościami obu wielkości, wyznaczonymi z dostatecznie małą niepewnością. O ile istnieje wzorzec masy, to nie ma wzorca nacisku osi.

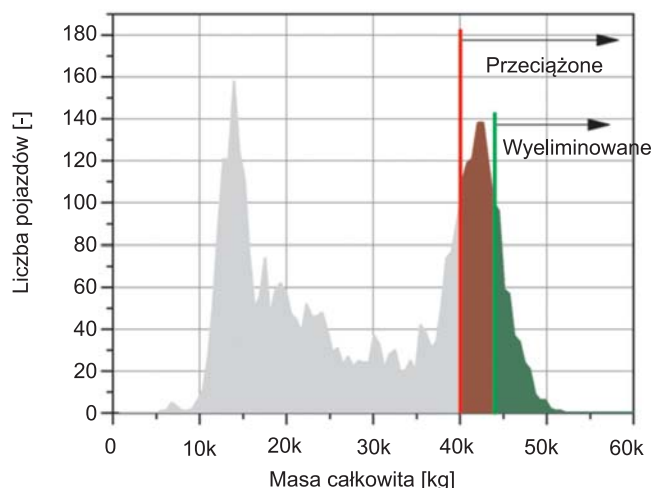
W dalszej części artykułu przedyskutujemy wymienione powyżej zagadnienia, starając się pokazać istotę problemów, jak również przedstawić sposób ich rozwiązania.

## Ocena dokładności systemu *WIM*

Uwzględniając wymienione powyżej ograniczenia oraz cechy wynikające z konstrukcji systemów *WIM*, wydaje się że jedynym skutecznym sposobem wyznaczenia błędów takiego systemu jest metoda pojazdów wstępnie zważonych [12]. Polega ona na wielokrotnym przejeździe przez sprawdzane stanowisko *WIM* kilku pojazdów o dokładnie znanej masie całkowitej oraz nacisku statycznym poszczególnych osi. Pojazdy te powinny różnić się masą całkowitą tak, aby pokryć równomiernie zakres pomiarowy systemu *WIM* oraz jeździć z różną prędkością, zawartą w przedziale typowym w przypadku danej lokalizacji. Pod względem konstrukcyjnym używane pojazdy powinny reprezentować różne klasy charakterystyczne dla danej drogi.

Problem dokładności wzorców oraz procedur kalibracji, legalizacji i metrologicznej kontroli administracyjnych systemów *WIM* zilustrujemy na przykładzie opartym na danych pomiarowych uzyskanych z systemu badawczego AGH. Jest on zlokalizowany w miejscowości Gardawice na drodze krajowej nr 81 i zawiera szesnaście czujników nacisku osi [7]. Ważenie pojazdów prowadzono w sposób ciągły przez okres trzech miesięcy. Histogram opracowany na podstawie zebranych wyników pomiarowych, ilustrujący rozkład masy pojazdów klasy 2C+3N (dwuosiowy ciągnik siodłowy z trójosiową naczepą) przedstawiono na rysunku 3.

W Polsce dopuszczalna masa całkowita (dmc) pojazdów należących do tej klasy wynosi 40 ton. Oznacza to, że wszystkie pojazdy na prawo od czerwonej linii wyznaczającej wartość dopuszczalną są pojazdami przeciążonymi (średnio około 25% populacji) i powinny być wyeliminowane z ruchu. Występujący jednak w systemie *WIM* błąd pomiaru



Rys. 3. Rozkład liczby pojazdów w funkcji ich masy całkowitej

masy całkowitej powoduje konieczność przesunięcia tej granicy w kierunku wyższych wartości masy o wartość tego błędu (zielona pionowa linia). Taki zabieg jest niezbędny ze względu na wymaganą ostrożność w postępowaniu administracyjnym. Pozwala to uniknąć błędów polegającego na uznaniu pojazdu normatywnego za przeciążony. W efekcie niektóre pojazdy, które są przeciążone, nie zostaną wyeliminowane z ruchu (czerwone pole na rysunku pomiędzy liniami pionowymi).

Z charakterystyki przedstawionej na rysunku 3 wynika konieczność minimalizacji błędów ważenia w celu podniesienia skuteczności kontroli. Wydaje się, że błąd na poziomie 1–2% jest akceptowany i zapewnia skuteczność działania systemu kontroli masy pojazdów. Spełnienie tego warunku jest jednak trudne. Z jednej strony wymaga to podczas legalizacji dysponowania wzorcami masy oraz nacisku osi o niepewności rzędu 0,5–1%, z drugiej strony częstej kalibracji systemu *WIM*, ze względu na jego niestacjonarność. O ile dysponujemy wagami platformowymi, które pozwalają wyznaczyć masę pojazdu z błędem nie przekraczającym 0,1%, to pomiar nacisku statycznego osi pojedynczej lub wielokrotnej pojazdu z tak małą niepewnością jest bardzo trudny, o ile w ogóle możliwy.

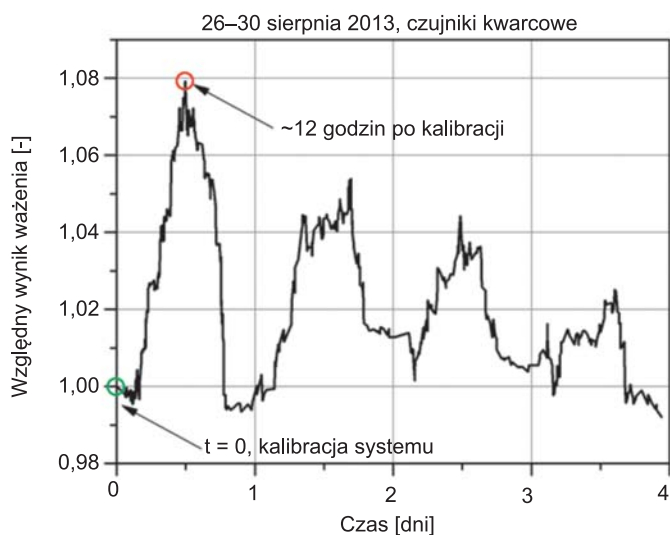
Adaptacji pod kątem systemów *WIM* wymaga również procedura legalizacji, która obecnie jest stosowana do wag statycznych bądź wolnoprzejazdowych. W tym zakresie Główny Urząd Miar opracowuje zalecenia do nowelizacji Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 25 września 2007 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać wagi samochodowe do ważenia pojazdów w ruchu, oraz szczegółowego zakresu badań i sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych.

## Niestacjonarność systemów *WIM*

System *WIM* jest obiektem niestacjonarnym, co oznacza, że jego parametry, a w konsekwencji dokładność wyników ważenia, zmienia się w czasie pod wpływem efektów starze-



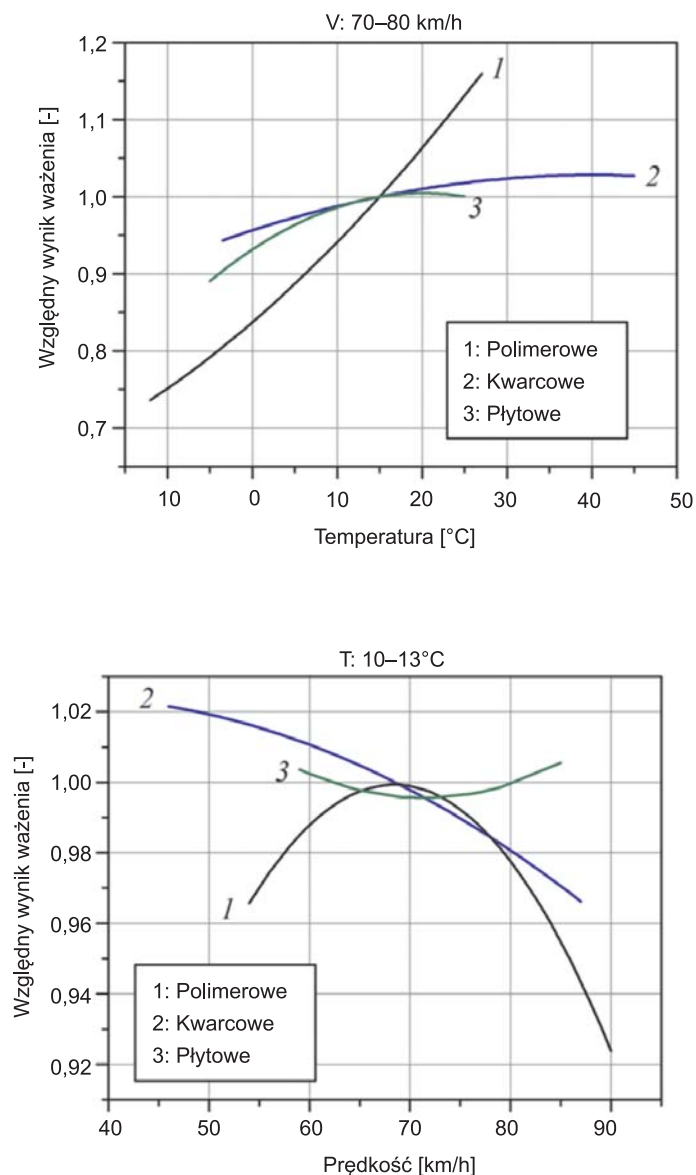
nia zastosowanych komponentów, bądź wskutek oddziaływania czynników środowiskowych. Konsekwencje tej niestacjonarności mają krytyczne znaczenie w przypadku długoterminowej dokładności systemów WIM i są dużo bardziej poważne niż się powszechnie sądzi. Producenci podając dokładność ważenia osiąganą w systemach WIM nie uwzględniają bowiem wpływu na pomiar czynników zakłócających, których liczba i stopień oddziaływania zmieniają się w trakcie pracy systemu. W efekcie deklarowana dokładność ważenia na poziomie 1–2% (takie dane można znaleźć w niektórych notach katalogowych, a nawet opracowaniach naukowych) obowiązuje jedynie w krótkim okresie czasu po instalacji i kalibracji systemu. Zjawisko to zobrazujemy na podstawie analizy danych z rzeczywistego systemu WIM. Na rysunku 4 przedstawiono względną zmienność wyników ważenia w systemie z najpopularniejszymi obecnie kwarcowymi czujnikami nacisku. Kalibrację systemu wykonano w pierwszym dniu rejestracji danych pomiarowych. W idealnym systemie wyniki ważenia wybranej osi pojazdu powinny być stałe w całym czasie rejestracji po kalibracji. W rzeczywistych systemach tak jednak nie jest. Zobrazowana na rysunku 4 zmienność jest miarą niestacjonarności systemu WIM i przekłada się na zmienność dokładności wyników ważenia na skutek działania czynników zakłócających pomiar. Wyniki zostały unormowane względem wartości wyników ważenia dla czasu  $t = 0$ , dzięki czemu przedstawiony przebieg obrazuje względną zmianę dokładności systemu. Łatwo można odczytać, że już po 12 godzinach od kalibracji, system zawyża wyniki ważenia aż o 8 procent. Dodatkowo dokładność zmienia się okresowo, co wynika z okresowości czynników zakłócających, np. temperatury nawierzchni.



Rys. 4. Względna zmienność wyników ważenia w czasie

Wielkościami zakłócającymi, mającymi tu podstawowy wpływ, są temperatura nawierzchni i prędkości pojazdu. Inne czynniki zakłócające takie jak: prędkość i kierunek wiatru, poziom opadów i oblodzenia, drgania gruntu wywołane ruchem pojazdów, jakkolwiek mają wpływ na pracę systemu, to wydaje się, że przy wymaganej dokładności administracyjnych systemów WIM można je uznać za drugorzędne.

Do tej pory powszechnie sądzono, że jedynie czujniki piezoelektryczne polimerowe są wrażliwe na zmiany temperatury. Jednak jak wynika z badań prowadzonych przez AGH w ramach ZAS-WIM, również systemy z czujnikami kwarcowymi i płytowymi wykazują wrażliwość na zmiany temperatury nawierzchni i prędkości pojazdu. Na rysunku 5 przedstawiono charakterystyki obrazujące to zjawisko w systemach WIM wyposażonych w czujniki wykonane w różnych technologiach. Zostały one wyznaczone dla stanowisk w Gardawicach (czujniki polimerowe), w Rudawie (czujniki kwarcowe) oraz Żabowie (czujniki płytowe). Zastosowano metodę pojazdów odniesienia do obliczenia punktów charakterystyki [3]. Analizie poddano 75 tys. wyników ważenia pojazdów odniesienia na stanowisku pierwszym (listopad 2005 – czerwiec 2006), 67 tys. na stanowisku drugim (styczeń – grudzień 2014) i 72 tys. na stanowisku trzecim (czerwiec – grudzień 2014). Do danych pomiarowych dopasowano modele w postaci wielomianów drugiego stopnia.



Rys. 5. Zależność wyników ważenia od temperatury nawierzchni i prędkości pojazdu

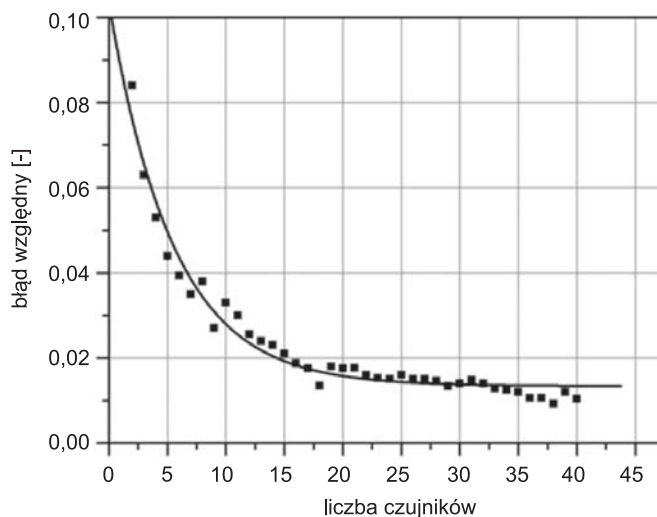
W przypadku czujników polimerowych zmiana temperatury wynosząca 40°C może spowodować błąd ważenia na poziomie 50%, około 7% przy systemach z czujnikami kwarcowymi i tyle samo jeżeli chodzi o czujniki płytowe. Analogicznie należy interpretować charakterystykę wpływu prędkości pojazdu, z której wynika co najmniej kilkuprocentowa wrażliwość systemu na zmianę prędkości z zakresu 55–85 km/h. Jeżeli dodatkowo wziąć pod uwagę inne czynniki obniżające dokładność ważenia, takie jak pionowe wahanie pojazdu, zmiana prędkości pojazdu podczas przejazdu przez stanowisko *WIM* czy nierównomierność czułości wzdłuż czujników nacisku, to błąd wyznaczenia masy całkowitej pojazdu należy szacować na poziomie od kilku do kilkunastu procent. Nawet najlepsze systemy kwarcowe czy płytowe mogą być więc bardzo niedokładne. Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie w systemach administracyjnych opracowanych przez autorów metod kompensacji wpływu czynników zakłócających na dokładność ważenia, tj. autokalibracji lub korekcji temperaturowej wyników [3], [2].

## Wymagania techniczne administracyjnych systemów *WIM*

Zmieniające się czynniki środowiskowe wywołują niestacjonarność systemu *WIM*, polegającą na zmianie jego dokładności. Ze względu na przestrzenną rozległość systemów *WIM* nie ma technicznych możliwości stabilizacji warunków ich pracy. Można natomiast wyposażyć system w zbiór dodatkowych czujników mierzących natężenie najbardziej wpływowych czynników środowiskowych. Długotrwałe eksperymentalne badania tak wyposażonego systemu *WIM* pozwoliłyby na wyznaczenie tzw. wielowymiarowej mapy niepewności wiążącej niepewność ważenia pojazdów z natężeniem poszczególnych czynników środowiskowych. Raz wyznaczona mapa niepewności, dotycząca określonej technologii czujników nacisku, mogłaby być następnie wykorzystywana w różnych lokalizacjach administracyjnych systemów *WIM*. Jej wykorzystanie polega na pomiarze czynników środowiskowych w chwili, gdy ważony pojazd przejeżdża przez stanowisko *WIM* oraz na bieżącym podejmowaniu decyzji dotyczącej sposobu wykorzystania wyniku tego ważenia. Podstawą podjęcia tej decyzji jest wynik pomiaru natężenia czynników środowiskowych oraz wyznaczona uprzednio mapa niepewności. Jeżeli aktualne natężenie czynników środowiskowych wskazywałoby na przekroczenie dopuszczalnego poziomu niepewności, to taki wynik miałby tylko znaczenie statystyczne. W przeciwnym przypadku, wynik ważenia może być podstawą wszczęcia postępowania administracyjnego. Wynika z tego, że administracyjny system *WIM* oprócz czujników nacisku musi zostać wyposażony w zbiór czujników mierzących czynniki środowiskowe. Bez wątplenia na jego wyposażeniu musi znaleźć się kamera połączona z systemem rozpoznawania numeru rejestracyjnego.

Do tej samej grupy problemów należy decyzja o liczbie czujników nacisku i ich rozmieszczeniu wzdłuż stanowiska *WIM*. Na rysunku 6 przedstawiono zależność względnego błędu ważenia od liczby czujników nacisku [6].

Wydaje się wprawdzie, że ten problem leży po stronie dostawcy systemu, trzeba jednak pamiętać, że koszt systemu



Rys. 6. Zależność błędu względnego ważenia od liczby zainstalowanych czujników nacisku

*WIM* jest bezpośrednio zależny od liczby czujników i rośnie w przybliżeniu liniowo wraz ze wzrostem tej liczby. Równocześnie trzeba zwrócić uwagę, że duża liczba czujników nacisku oznacza wzrost długości stanowiska *WIM*, a to z kolei może spowodować, że czynniki środowiskowe nie będą jednorodnie na całej długości. Potrzebna jest więc optymalizacja liczby czujników nacisku, z uwzględnieniem kosztu systemu oraz długości stanowiska *WIM*.

## Podsumowanie

Administracyjne wykorzystanie systemów *WIM* jest naturalną konsekwencją rozwoju tej technologii. Efektywna kontrola transportu drogowego wymaga wprowadzenia nowych rozwiązań technicznych i uregulowań prawnych. W artykule przedstawiono jeden z możliwych kierunków działań podejmowanych w tym celu. Realizacja tego zamierzenia wymaga dodatkowych badań, których efektem będzie wspomniana mapa niepewności, zalecenia określające wyposażenia administracyjnych systemów *WIM* oraz procedury prowadzenia ich kontroli metrologicznej. Prace w tym kierunku już trwają w *ZAS-WIM*. Pomimo nakładów finansowych, jakich wymaga realizacja niezbędnych badań, autorzy uważają, że jest to kierunek słuszny i w końcowym rachunku również opłacalny. Raz przeprowadzone badania i sformułowane wnioski będą wykorzystywane w wielu instalacjach administracyjnych systemów *WIM*. Jednocześnie wyniki tych badań pozwolą zwiększyć dokładność ważenia pojazdów i tym samym przyczynią się do efektywności proponowanego rozwiązania. Konieczność ochrony właśnie budowanej infrastruktury drogowej, zapewnienia bezpieczeństwa uczestnikom ruchu oraz zapewnienie warunków uczciwej konkurencji w transporcie drogowym uzasadnia podjęcie tego wysiłku.

Ze względu na międzynarodowy charakter transportu drogowego, konieczne jest uwzględnienie w opracowywanych zaleceniach i regulacjach administracyjnych zapisów zawartych w międzynarodowych dokumentach metrologicznych.

Mając na uwadze, że żadne państwo członkowskie Unii Europejskiej (poza Czechami, ale w ograniczonym zakresie) nie wprowadziło do użytku administracyjnych systemów WIM, Polska ma szansę stać się pionierem w tej dziedzinie. Urzeczywistnienie tej wizji jest uwarunkowane dokończeniem badań opisanych w niniejszej artykule.

#### Bibliografia

- [1] Brenberger S.: TOP TRIAL: *Technologies for optimising the precision of MS-WIM of road transports to improve automatic overload control and European procedures for enforcement*, 2002.
- [2] Burnos P.: Auto-calibration and temperature correction of WIM systems. Jacob, B. and O'Brien, E. (eds.) Proceedings of the International Conference on Heavy Vehicles, 5th International Conference on Weigh-in-Motion of Heavy Vehicles. Paris, 2008, s. 437–446.
- [3] Burnos P.: Enhanced autocalibration of WIM systems. Jacob, B. and McDonnell, A.-M. (eds.) Proceedings of the International Conference on Weigh-In-Motion (ICWIM 6). Dallas, 2012, s. 197–208.
- [4] Burnos P.: *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu. Część 1: Oddziaływanie pojazdów przeciążonych na nawierzchnię*. Drogownictwo, 2014, 6, s. 192–196.
- [5] Burnos P.: *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu. Część 2: Rodzaje i charakterystyka systemów WIM*. Drogownictwo, 2014, 7-8, s. 240–245.
- [6] Burnos P.: *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu. Część 4: Ocena dokładności systemów Weigh In Motion*. Drogownictwo, 2014, 12, s. 388–395.
- [7] Burnos P., Gajda J., Piwowar P., Sroka R., Stencel M., Zeglen T.: *WieloczuJNIKOWY SYSTEM WAŻENIA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH W RUCHU*. Pomiary, Autom. Kontrola, 2007, Vol. 53, 9bis, s. 542–545.
- [8] Czech Institute of Metrology: *Metrological and technical requirements for specified measuring devices, including test methods for verifying specified measuring devices: „high-speed weigh-in-motion road vehicle scales”*, 2010.
- [9] Dawid S.: *Weighty matters*. Traffic Technol. Int., 2014, June/July, s. 46–52.
- [10] Doupal E., Kriz I., Stamberg R., Cornu D.: *One Year “WIM Direct Enforcement” Experiences in Czech Republic*. 6th International Conference on Weigh-In-Motion (ICWIM 6). Dallas, 2012, s. 138–145.
- [11] Goltsman H., Paiva M., Valente A., Pantoja F.: *Test of WIM sensors and systems under Brazilian conditions*. Jacob, B. and O'Brien, E. (eds.) Proceedings of the International Conference on Heavy Vehicles, 5th International Conference on Weigh-in-Motion of Heavy Vehicles. Paris, 2008, s. 97–104.
- [12] Jacob B., O'Brien E., Jehaes S.: *COST 323: Weigh-in-Motion of road vehicles - final report*, 2002.
- [13] Kula T.: *Pojazdy przeciążone w ruchu drogowym – skala problemu*. II Krakowskie Dni Nawierzchni. Krakow, 2015, .
- [14] Kulakowski B.: *Vehicle-road interaction*. ASTM International, Philadelphia, 1994.
- [15] van Loo H.: *Project WIM-Hand, 2nd interim report. Results of the second stage of the project Weigh-In-Motion for direct Enforcement in 2001 and 2002*, 2004.
- [16] Najwyższa Izba Kontroli: *Informacja o wynikach kontroli ochrony dróg przed niszczeniem przez przeciążone pojazdy*, 2011.
- [17] Najwyższa Izba Kontroli: *NIK o przeładowanych pojazdach i niszczeniu dróg*, <https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/nik-o-prze-ladowanych-pojazdach-i-niszczenui-drog.html>.
- [18] OIML: *OIML R 134-1: Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads Part 1: Metrological and technical requirements – Tests*, 2006.
- [19] Pais J.C., Amorim S.I.R., Minhoto M.J.C.: *Impact of traffic overload on road pavement performance*. J. Transp. Eng., 2013, September, s. 873–879.
- [20] Rys D., Judycki J., Jaskula P.: *Analiza obciążenia osi pojazdów ciężkich na podstawie danych z ważenia pojazdów w ruchu (WIM)*. Drogownictwo, 2015, 10, s. 328–335.
- [21] Rys D., Judycki J., Jaskula P.: *Wpływ pojazdów przeciążonych na trwałość nawierzchni asfaltowych*. Logistyka - Nauk., 2014, 6, s. 9318–9329.
- [22] Sadeghi J.M., Fathali M.: *Deterioration analysis of flexible pavements under overweight vehicles*. J. Transp. Eng., 2007, Vol. 133, 11, s. 625–633.
- [23] Taylor B., Bergan A., Lindgren N., Berthelot C.: *The importance of commercial vehicle weight enforcement in safety and road asset management*. Traffic Technol. Int., 2000, 2000 Annual Review, s. 234–237.
- [24] Wardęga R.: *Wpływ struktury ruchu na nośność nawierzchni drogowych*. Politechnika Wroclawska, 2007.
- [25] Wordworth S.: *Worth the weight*. Traffic Technol. Int., 2015, June/July.

---

## NOWE KSIĄŻKI

### RECENZJA KSIĄŻKI

## Pomiary parametrów ruchu drogowego

Janusz Gajda i Współautorzy, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2015

Na początku 2016 roku ukazała się nakładem PWN książka pt. „Pomiary parametrów ruchu drogowego” autorstwa pracowników naukowych Akademii Górniczo Hutniczej (AGH) w Krakowie w składzie: Janusz Gajda, Ryszard Sroka, Marek Stencel, Piotr Burnos, Tadeusz Żegleń, Piotr Piwowar, Zbigniew Marszałek. Jest to pierwsza na polskim rynku wydawniczym pozycja dotycząca problematyki pomiaru parametrów ruchu drogowego. Książka ta w dużej mierze jest efektem wiedzy, zgromadzonej w ciągu kilkunastu lat z doświadczeń w budowaniu i badaniu systemów drogowych przez pracowników naukowych AGH, Wydziału Elektrotechniki Automatyki Informatyki i Inżynierii Biomedycznej.

Książka traktowana przez wydawcę jako monografia dla inżynierów ruchu drogowego, zajmujących się zarządzaniem i monitorowaniem ruchu pojazdów, projektowaniem i wdrażaniem Inteligentnych Systemów Transportowych, może być wykorzystywana również jako podręcznik akademicki.

Przedstawiono w niej wyczerpująco zagadnienia dotyczące pomiarów parametrów ruchu, prowadzonych przede wszystkim przy użyciu systemów wyposażonych w indukcyjne czujniki pętlowe i czujniki nacisku, montowane w nawierzchni jezdni. Według przyjętego przez Autorów schematu, ułatwiającego zrozumienie, zaprezentowano i omówiono kolejno: parametry i charakterystyki ruchu drogowego, czujniki i detektory wyko-



## POMIARY PARAMETRÓW RUCHU DROGOWEGO

technologia • projektowanie • eksploatacja

Wzrost potrzeb transportowania oraz rozwój sieci dróg i środków transportu spowodował gwałtowny **wzrost natężenia ruchu i potrzebę prowadzenia pomiaru** jego parametrów. Potrzeba ta wynikała z przepisów zapewniających bezpieczeństwo uczestnikom ruchu drogowego, konieczności kontroli ich przestrzegania, zapotrzebowania na informację pomiarową dla systemów zarządzających infrastrukturą drogową i systemów monitorujących stan środowiska naturalnego.

**Pomiary parametrów ruchu** są też wykorzystywane do modelowania i prognozowania rozwoju ruchu drogowego oraz prac planistycznych związanych z rozwojem infrastruktury drogowej.

Książka zawiera opis systemów przeznaczonych do pomiaru:

- parametrów ruchu (prędkość chwilowa i średnia, natężenie ruchu, gęstość ruchu, zajętość pasa ruchu itd.)
- parametrów pojazdów (liczba osi, długość, nacisk statyczny każdej osi, masa całkowita pojazdu, odległości pomiędzy osiami, występowanie przyczepy).

Pomiary wymienionych parametrów mogą być realizowane przy wykorzystaniu różnych technologii i konfiguracji czujników. W opracowaniu przedstawiono dostępne obecnie technologie, stosowane rozwiązania techniczne, zasady projektowania systemów pomiarowych, właściwości eksploatacyjne. Znaczną część książki poświęcono **systemom Weigh-In-Motion (WIM)**, które są obecnie wprowadzane do eksploatacji na polskich drogach.

Adresatami książki są inżynierowie ruchu drogowego, osoby zarządzające ruchem drogowym, osoby projektujące i wdrażające Intelligentne Systemy Transportu (ITS), inspektorzy Inspekcji Transportu Drogowego, pracownicy GDDKiA, pracownicy firm działających na polskim rynku w zakresie systemów monitorowania ruchu drogowego i ITS, a także studenci wyższych uczelni technicznych.



Wydawnictwo  
Naukowe PWN SA  
infolinia: 801 33 33 88  
www.pwn.pl



POMIARY  
PARAMETRÓW  
RUCHU  
DROGOWEGO

## POMIARY PARAMETRÓW RUCHU DROGOWEGO



zyskiwane do jego monitorowania, klasyfikację pojazdów samochodowych oraz systemy do ich ważenia.

Zasadniczą część monografii poświęcona jest zagadnieniom związanym z czujnikami i detektorami ruchu oraz systemami ważenia pojazdów, ze szczególnym uwzględnieniem systemów do ważenia pojazdów w ruchu.

Rozdział drugi i trzeci zawierają informacje wprowadzające czytelników do tematów omawianych w dalszej części publikacji. Zamieszczono w nich podstawowe pojęcia z teorii ruchu, definiując parametry, które są przedmiotem bezpośredniego lub pośredniego pomiaru. Przedstawiono również rozwiązania techniczne detektorów i czujników stosowanych przy wykonywaniu takich pomiarów.

W kolejnych rozdziałach zamieszczono opisy sprzętu i metod pomiarowych stosowanych do rozwiązywania konkretnych zadań. W rozdziale czwartym opisano wykorzystanie najpopularniejszego obecnie czujnika ruchu drogowego – indukcyjnego czujnika pętlowego. Zamieszczono również rozwiązania konstrukcyjne tych czujników przeznaczone do różnych zastosowań. Rozdział piąty dotyczy zagadnienia klasyfikacji pojazdów samochodowych. W rozdziale szóstym zamieszczono informacje dotyczące tematyki ważenia pojazdów – zarówno statycznego, jak również znajdujących się w ruchu. Omówiono zasady działania, m.in. następujących systemów: pokładowego „On-board WIM”; wolnoprzejazdowego „LS-WIM”; szybkoprzejazdowego „HS-WIM”; wieloczujnikowego „MS-WIM”; mostowego „B-WIM” oraz kryteria lokalizacji stanowisk i metody kalibracji systemów.

Autorzy przedstawili najnowszy stan wiedzy światowej w omawianej dziedzinie. Mieli ku temu odpowiednie kompetencje, które wynikały z uczestnictwa w wielu programach ba-

dawczych oraz prowadzeniu od kilkunastu lat badań z zakresu pomiarów parametrów ruchu drogowego na stanowiskach wyposażonych w indukcyjne czujniki pętlowe, jak również wykonywaniu innych złożonych pomiarów.

Wielką zaletą publikacji jest jej strona edytorska. Ponad 400-stronicowa książka jest bogato ilustrowana kolorowymi fotografiami, wykresami oraz schematami i tabelarycznymi zestawieniami. Materiał przedstawiono w zsyntetyzowanej formie, ułatwiającej poruszanie się w problematyce tematu. Moim zdaniem jest to jedna z bardziej wartościowych pozycji w dziedzinie pomiarów parametrów ruchu drogowego, jaka ukazała się w ostatnich latach. Imponujący spis bibliograficzny, obejmujący prawie 300 pozycji, świadczy o niezwykle wnikliwym i szerokim potraktowaniu zagadnienia.

Jedyną niedoskonałością książki jest przedstawienie szczegółowe tylko wybranych, w ocenie autorów, aktualnie fundamentalnych ze względu na uzyskiwane wyniki, zagadnień dotyczących pomiarów parametrów ruchu, prowadzonych przede wszystkim przy użyciu systemów wyposażonych w indukcyjne czujniki pętlowe i czujniki nacisku montowane w nawierzchni jezdni. Drobnym mankamentem może być również brak dołączonego na końcu publikacji skorowidza stosowanych nazw, jak to jest stosowane w większości opracowań monograficznych.

Mankamenty te, możliwe do wyeliminowania w następnych wydaniach, nie umniejszają jednak w niczym wielkiego osiągnięcia prof. Janusza Gajdy wraz z Zespołem z AGH w Krakowie, który dał polskim czytelnikom bardzo wartościową i użyteczną pozycję, gromadząc w jednym miejscu całą wiedzę z dziedziny pomiarów parametrów ruchu drogowego.

Maciej Radzikowski