

Ważenie pojazdów w ruchu. Stan obecny oraz perspektywy zastosowania systemów Weigh-In-Motion w celach administracyjnych

Weighing vehicles in motion. The present state and prospects of Weigh-In-Motion systems application for law-enforcement

Rafał L. Ossowski (Laboratorium Masy GUM; Central Office of Measures, Mass Laboratory),

Piotr Burnos (Katedra Metrologii i Elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza; AGH University of Science and Technology – Department of Measurement and Electronics)

W artykule omówiono stan wiedzy dotyczący systemów ważenia pojazdów samochodowych w ruchu Weigh-In-Motion (WIM). Przedstawiono klasyfikację urządzeń, obszar obecnego zastosowania oraz możliwości Głównego Urzędu Miar do przeprowadzenia badań pozwalających na wyznaczenie charakterystyk metrologicznych, niezbędnych przy zatwierdzeniu typu oraz legalizacji pierwotnej i ponownej. Opisano również doświadczenia i zdolności techniczne zespołu ds. administracyjnych systemów WIM w zakresie ich konstruowania i badania właściwości. Zaprezentowano ideę zapoczątkowaną przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie, dotyczącą wprowadzenia do użytku administracyjnego systemów WIM, czyli możliwości ich zastosowania do ciągłej kontroli masy pojazdów na wzór kontroli prędkości przez fotoradary.

The paper discusses the present state of knowledge of road vehicles in-motion weighing systems (WIM). The paper presents classification of equipment, the current area of applications and the Central Office of Measures potential for research determining metrological characteristics necessary for type approval, initial verification and subsequent verification. The experience and technical expertise of the team on law-enforcement WIMs, concerning systems construction and examination of their properties, are also described. The paper presents the idea, originated by the AGH University of Science and Technology, Krakow, of the use of WIM systems for law-enforcement, i.e. their potential application to continuous vehicle weight control in a manner similar to the way the speed enforcement cameras are employed.

40

Wprowadzenie

Położenie geograficzne Polski jest niezwykle korzystne z ekonomicznego punktu widzenia, ze względu na skrzyżowanie szlaków komunikacyjnych północ-południe i wschód-zachód. Jednocześnie jednak, duże natężenie samochodowego ruchu tranzytowego naraża infrastrukturę drogową na znaczne obciążenia użytkowe, a w konsekwencji niszczenie oraz degradację dróg publicznych. Oprócz czynników będących poza kontrolą, takich jak gwałtowne zmiany klimatyczne czy zróżnicowane natężenie ruchu, kontroli i eliminacji mogą podlegać działania celowe, zmierzające bezpośrednio do niszczenia infrastruktury drogowej lub narażające zdrowie i życie innych użytkowników dróg publicznych. Do czynników tych

Introduction

From the economic point of view, the geographical situation of Poland is particularly advantageous due to the intersection of North-South and East-West communication routes. However, the large volume of transit traffic translates into heavy traffic loads of road infrastructure and, consequently, damaging and deterioration of public road network. Besides of uncontrolled factors, like climate change, severe weather phenomena or variations in traffic density, there are other factors that can be controlled and eliminated, such as intentional acting, aimed directly at damaging road infrastructure or putting at risk health or life of road users. These factors indisputably include: vehicles travelling on the road, whose weight is great-

należą niewątpliwie poruszające się po drogach publicznych samochody o masie większej niż ich całkowita masa dopuszczalna, nieprzestrzeganie przez kierowców przepisów związanych z czasem pracy oraz użytkowanie samochodów, ogólnie mówiąc, niesprawnych technicznie. Szczególnie niebezpieczne dla dróg i innych użytkowników są przeciążone samochody ciężarowe, a ostatnio coraz częściej pojazdy o dopuszczalnej masie całkowitej nieprzekraczającej 3,5 tony [1]. Dalsza część artykułu poświęcona jest głównie metodzie skutecznego wykluczenia z ruchu pojazdów przeciążonych.

Rodzina urządzeń WIM – aktualny stan wiedzy

Wśród urządzeń wyznaczających masę pojazdów w ruchu Weigh-In-Motion (WIM), ze względu na szybkość przejazdową pojazdów poddawanych pomiarowi, można wyodrębnić dwie zasadnicze grupy. Pierwszą stanowią wagi, które przystosowane są do ważenia pojazdów poruszających się z niewielkimi (poniżej 15 km/h) szybkościami, a do drugiej należą systemy wyznaczające masę pojazdów, które poruszają się z dużymi szybkościami, od 20 km/h do 110 km/h. Urządzenia ważące pojazdy w ruchu przy małych szybkościach, tzw. LS-WIM (Low Speed WIM), bazujące głównie na rozwiązaniach tensometrycznych [2], są aktualnie szeroko stosowane i podlegają prawnej kontroli metrologicznej, zgodnie z Rozporządzeniem 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 (Dz. U. poz. 281) [3]. Przy takim badaniu Główny Urząd Miar stosuje akceptowane w OIML R-134 podejście modułowe, w którym, bazując na spójności pomiarowej gwarantowanej przez producenta tensometru (deklarowana zgodność urządzenia z OIML R-60 [3]), wykonuje się kolejno następujące badania, które dotyczą:

- odporności miernika na zakłócenia elektryczne i elektromagnetyczne (Zakład Elektryczny i Zakład Mechaniki GUM),
- dokładności wskazań i odporności miernika na skrajne warunki klimatyczne (zmiana temperatury w zakresie stosowania wagi i wpływ wilgotnego gorąca – Zakład Mechaniki GUM),

er that their permissible gross weight, failure to observe driving time limit and the use of defective vehicles. Particularly dangerous for roads and road users are overloaded goods vehicles and, recently more often, vehicles not exceeding 3,5 tonnes permissible gross weight [1]. Subsequent sections are focused mainly on the method for effective elimination of overloaded vehicles from road.

The family of WIM systems – the current state of knowledge

Weigh-In-Motion systems (WIMs) can be categorized into two fundamental groups with respect to the weighed vehicle speed. Into the first group are classified scales designed for weighing vehicles passing at low (below 15 km/h) speeds, the second group comprises WIM systems that determine weights of vehicles moving with high speeds (from 20 km/h to 110 km/h). Automatic systems for weighing road vehicles in motion at low speeds (Low Speed WIMs) employing chiefly strain gauge load cells [2] are extensively used and they are subject to legal metrological control, according to the Ordinance of the Minister of Economy of September 25, 2007 on requirements concerning automatic instruments for weighing road vehicles in motion, and detailed scope of tests and checking performed during legal metrological control of these measuring instruments (Journal of Law 2007, item 281) [3]. For the purpose of that control the Central Office of Measures (GUM) applies modular approach, according to the OIML R-134 Recommendation, based on the measurement traceability guaranteed by a strain gauge manufacturer (declared compliance of the device with OIML R-60 [3]), and performs the following test concerning:

- the measuring instrument immunity to electrical disturbances and electromagnetic interference (Electricity Department and Mechanics Department, GUM)
- accuracy of the measuring instrument indications and its immunity to extreme environmental conditions (temperature variation and damp heat – Mechanics Department, GUM)
- the measuring instrument software immunity to disturbance signals and external interference by unauthorized persons (IT and Software Research Department, GUM).

- odporności oprogramowania miernika na sygnały zakłócające oraz ingerencję z zewnątrz (Biuro Informatyki i Badania Oprogramowania GUM).
Następnie wykonywane są, najkosztowniej w całym procesie, badania wagi w miejscu jej zainstalowania z wykorzystaniem kilku pojazdów dwu- i wieloosiowych o znanej masie, wstępnie zważonych na wadze nieautomatycznej [4]. Pozytywne przejście powyższych badań umożliwia wydanie decyzji o zatwierdzeniu typu oraz późniejszej legalizacji wagi wolnoprzejazdowej LS-WIM, co w efekcie zezwala na wykorzystanie jej do celów administracyjnych (rys. 1).

Then the field tests of a WIM system are carried out at the site of its installation, using several two-axle and multi-axle vehicles with known weights, pre-weighed on a non-automatic weighing instrument [4]; this is the most expensive part of the whole process. Passing these examinations is necessary to make decision on type approval and subsequent verification of a Low-Speed WIM and, consequently, its use for law-enforcement (Fig. 1).

A major drawback of low-speed WIMs is their relatively low effectiveness: the control procedure takes up to several ten minutes and it requires the interven-



Rys. 1. Waga LS-WIM umożliwiająca ważenie pojazdów w ruchu przy szybkości przejazdowej poniżej 15 km/h

fol. Laboratorium Masy GUM

Fig. 1. LS-WIM automatic instrument for weighing vehicles in motion at the speed below 15 km/h

Source: Central Office of Measures, Mass Laboratory

Za główną wadę wąg wolnoprzejazdowych uważa się stosunkowo niską efektywność kontroli (trwa ona do kilkudziesięciu minut dla jednego samochodu) oraz konieczność obsługi wagi przez operatora. Wynika to z faktu, że kontrola wymaga skierowania pojazdu na specjalne stanowisko, zważenia i spisania protokołu ważenia.

Zgoła odmiennie wygląda sytuacja w przypadku systemów umożliwiających wyznaczanie masy pojazdów, które poruszają się z dużymi szybkościami, tzw. systemów High Speed WIM (HS-WIM). Jest to potencjalna alternatywa dla statycznych lub wolnoprzejazdowych metod pomiaru. Czujniki nacisku takich systemów są montowane pod nawierzchnią jezdni, w pasie głównego przekroju drogi. Ważeniu podlega każdy pojazd poruszający się pasem ruchu, na którym zainstalowany jest system, co zwiększa efektyw-

tion of an operator since a vehicle shall be directed into the check site, weighed, and a report on weighing shall be prepared.

Quite a different situation occurs in the case of systems that enable to determine the mass of vehicles moving with high speeds, i.e. high speed WIM systems (HS-WIMs). This is a potential alternative for static or low-speed measurement methods. In such systems load sensors are installed under the pavement in the traffic lane of the roadway. Each vehicle travelling in the lane in which the system is installed is weighed, therefore increasing the effectiveness of vehicles control. A major disadvantage of HS-WIM systems is their limited weighing accuracy. The main, but not the only, reason that prevents their use as law-enforcement systems, i.e. enabling decisions concerning penalties for road traffic offences. Presently

ność kontroli. Podstawową wadą systemów HS-WIM jest jednak ograniczona dokładność ważenia. Jest to główna, ale nie jedyna przyczyna, która uniemożliwia wykorzystanie tych systemów, jako urządzeń ważących do celów administracyjnych, czyli umożliwiających podejmowanie rozstrzygnięć w zakresie opłat za wykroczenia. Obecnie systemy te nie są traktowane na równi z wagami oraz nie istnieją krajowe regulacje prawne w tym zakresie.

Zastosowanie systemów HS-WIM do identyfikacji pojazdów przeciążonych

Za najbardziej atrakcyjną cechę systemów HS-WIM należy uznać brak istotnego ograniczenia co do szybkości kontrolowanego pojazdu. Powoduje to jednak, że w nacisku osi na podłoże dominuje składowa dynamiczna, wymuszona m.in. nierównościami nawierzchni drogi, co utrudnia estymację składowej stałej nacisku osi, do której odnoszą się przepisy prawa. Dodatkowe czynniki zakłócające (zmiana temperatury nawierzchni, zmiana szybkości pojazdu podczas ważenia, etc.) powodują, że wynik ważenia w systemie HS-WIM może znacznie różnić się od wyniku dokładnego ważenia statycznego. Powoduje to, że systemy tego typu są na ogół tylko uzupełnieniem statycznych lub wolnoprzejazdowych punktów kontroli masy pojazdów i pełnią rolę systemów preselekcyjnych. Współpraca systemów HS-WIM z dokładnymi wagami statycznymi podnosi tym samym efektywność kontroli pojazdów nie zaburzając normalnego ruchu drogowego.

Systemy HS-WIM charakteryzują się dużą różnorodnością strukturalną. Ich budowa i funkcje zależą od rodzaju zastosowanych w systemie czujników nacisku, liczby mierzonych parametrów poruszających się pojazdów, etc. Na rys. 2 przedstawiono przykładowy system HS-WIM, który został zbudowany w Katedrze Metrologii i Elektroniki AGH w Krakowie. Posiada on klasyczną strukturę, w skład której wchodzi dwa czujniki nacisku, jedna pętla indukcyjna oraz czujnik temperatury asfaltu [5].

Czujniki nacisku mają długość odpowiadającą szerokości pasa ruchu, natomiast odległość między nimi jest dobierana indywidualnie dla danego stanowiska na podstawie badań symulacyjnych uwzględniających charakter ruchu drogowego oraz jakość nawierzchni. Z czujnikami współpracuje podrzędny analogowy układ kondycjonowania sygnałów, na wy-

these systems are not regarded to be equivalent to weighing instruments and there are no relevant national regulations.

The use of HS-WIM systems for identification of overloaded vehicles

The fact that HS-WIM systems impose no significant constrain on the speed of a controlled vehicle should be considered their most attractive property. This, however causes that, due to the road pavement roughness, the axle load contains a dominant dynamic component hampering the estimation of the axle load constant component, to which the applicable regulations refer. Additional disturbing factors (the pavement temperature variation, a change in the vehicle speed during weighing, etc.) cause that HS-WIM weighing result may differ considerably from the accurate static weighing result. Such systems are, in general, only supplemental to static or low-speed weighing stations, and are employed for pre-selection purposes. Thereby the cooperation of HS-WIM with accurate non-automatic weighing instruments improves the effectiveness of vehicles control while not affecting normal road traffic.

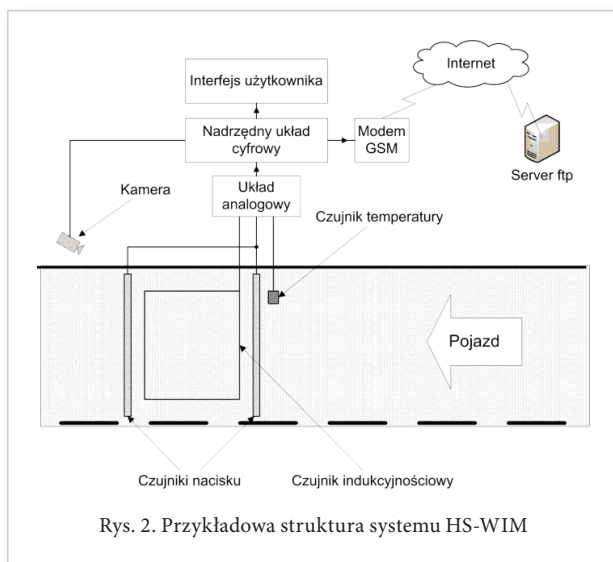
HS-WIM systems are characterized by their considerable structural diversity. Their structure depends on the type of load sensors used in the system, the number of measured parameters of moving vehicles, etc. Fig. 2 shows an example HS-WIM system built in the Department of Measurement and Electronics of the AGH University of Science and Technology in Krakow. It utilizes a classic structure comprising two load sensors, one inductive loop and the asphalt temperature sensor [5].

The length of load sensors equals the lane width, and their spacing is determined individually for a given site through simulations, taking into account both the traffic characteristics and the pavement quality. Load sensors are utilized by the analogue signal conditioning subsystem which produces the output signal proportional to the measured axle load on pavement. The tasks of the master digital system are: algorithmic processing of signals, estimation of axle loads and other vehicle's parameters, temperature correction of weighing results, etc. The digital system also allows archiving, visualisation and analysis of measurement data. If the system is equipped with a video camera it also enables to identify a vehicle. For this

ściu którego otrzymuje się sygnał proporcjonalny do siły nacisku mierzonej osi pojazdu. Zadaniem nadrzędnego układu cyfrowego jest algorytmiczna obróbka sygnałów, estymacja nacisków osi oraz innych parametrów pojazdów, korekcja temperaturowa wyników ważenia, etc. Ponadto układ cyfrowy umożliwia wizualizację, analizę i archiwizację danych pomiarowych. W przypadku wyposażenia sy-

purpose are used automatic vehicle identification systems (AVI) that enable to read out and identify the vehicle's registration number.

For several years the Department of Measurement and Electronics of the AGH University of Science and Technology in Krakow has been carrying out research into developing HS-WIM system with characteristics sufficiently good to be utilized for law-enforcement



Rys. 2. Przykładowa struktura systemu HS-WIM

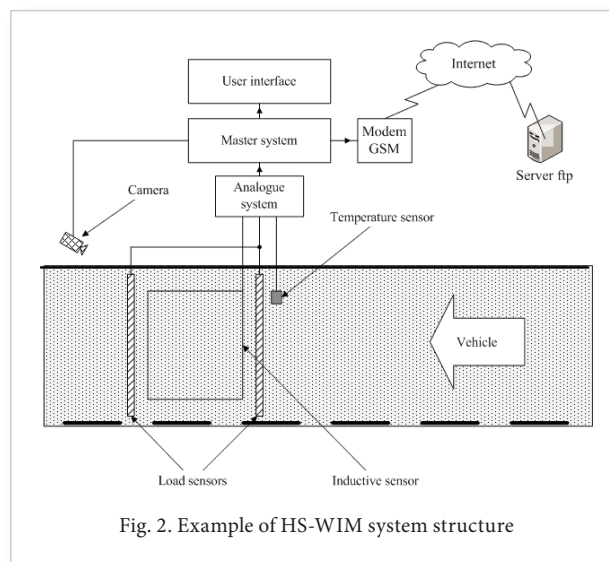


Fig. 2. Example of HS-WIM system structure

stemu w kamerę wizyjną, możliwa jest identyfikacja pojazdu. W tym celu stosuje się tzw. systemy AVI (Automatic Vehicle Identification), umożliwiające odczyt i rozpoznanie numeru rejestracyjnego.

W Katedrze Metrologii i Elektroniki AGH w Krakowie od kilku lat prowadzone są badania związane z opracowaniem systemu HS-WIM o cechach na tyle dobrych, aby mógł on być zastosowany do celów administracyjnych. Jednocześnie z pracami technicznymi Główny Urząd Miar podejmuje działania na polu metrologii naukowej i prawnej, zmierzające do opracowania standardów wyznaczania charakterystyk metrologicznych takich systemów, niezbędnych przy zatwierdzeniu typu oraz legalizacji pierwotnej i ponownej.

Droga od systemów HS-WIM do administracyjnych systemów HS-WIM

Przewaga systemów HS-WIM nad wagami wolnoprzejazdowymi LS-WIM przy zastosowaniu do celów administracyjnych jest niepodważalna. Nierozwiązanym do chwili obecnej problemem jest

purposes. Concurrently with this research work, the Central Office of Measures conducts activities on the area of scientific and legal metrology aimed at developing standards for determining HS-WIM systems' metrological characteristics necessary for type approval, initial verification and subsequent verification.

The road from HS-WIMs to HS-WIM law-enforcement systems

HS-WIMs have an unquestionable advantage over low-speed scales (LS-WIM) in applications for law-enforcement. The issues that still remain unsolved are: the lack of measurement traceability of the dynamic determination of mass, and significant (10 % on an average) relative error of measurements made by means of HS-WIM. In the light of the above, the construction of an innovative test site seems to be the appropriate measure. The test site shall be equipped with currently available load sensors of various types (bending plate - strain gauges, quartz) and devices for com-

brak spójności pomiarowej przy dynamicznym wyznaczaniu masy oraz znaczący (średnio na poziomie 10 %) błąd względny pomiaru dokonywanego za pomocą HS-WIM. Mając na uwadze powyższe, właściwym kierunkiem wydaje się być skonstruowanie nowoczesnego stanowiska badawczego, wyposażonego w dostępne aktualnie różne typy czujników nacisku (płytkowe – tensometryczne, kwarcowe) oraz urządzenia kompleksowo monitorującego zmiany warunków atmosferycznych. Stanowisko badawcze powinno również być wyposażone w wagę kontrolną, za pośrednictwem której weryfikowane byłyby wyniki ważenia dynamicznego. Wymienione działania są przedmiotem prac grupy roboczej działającej w ramach Klastra ITS (Intelligent Transportation Systems). W jej skład wchodzi: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Główny Inspektorat Transportu Drogowego, Kapsch Telematic Services Sp. z o.o., CAT Traffic Sp. z o.o., TRAX Elektronik, Kistler oraz Główny Urząd Miar.

Literatura

- [1] <http://www.gitd.gov.pl/dla-mediow/aktualnosci/prze-ciazania-w-pojedzie-o-dmc-do-3,5-tony>
- [2] Burnos P., *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu. Część 3: Czujniki nacisku stosowane w systemach Weigh In Motion (WIM)*, [w:] Drogownictwo (2014) nr 9, ss. 275-279.
- [3] http://bip.gum.gov.pl/pl/bip/akty_prawne/inne
- [4] <https://www.oiml.org/en/publications/recommendations/>
- [5] Burnos P., Gajda J., Marszałek Z., Piwowar P., Sroka R., Stencil M., Żegleń T., *Road traffic parameters measuring system with variable structure*. [w:] Metrology and Measurement Systems (2011) vol. 18 no. 4. pp. 659-666.

prehensive weather conditions monitoring. It shall also be equipped with a reference scale for verification of dynamic weighing results. The above actions are the objectives of the working group within the Intelligent Transportation Systems Cluster, which includes: AGH University of Science and Technology, General Inspectorate of Road Transport, Kapsch Telematic Services Sp. z o.o., CAT Traffic Sp. z o.o., TRAX Elektronik, Kistler and Central Office of Measures, Mass Laboratory.

Bibliography

- [1] <http://www.gitd.gov.pl/dla-mediow/aktualnosci/prze-ciazania-w-pojedzie-o-dmc-do-3,5-tony>
- [2] Burnos P., *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu. Część 3: Czujniki nacisku stosowane w systemach Weigh In Motion (WIM)*, [w:] Drogownictwo (2014) nr 9, pp. 275-279.
- [3] http://bip.gum.gov.pl/pl/bip/akty_prawne/inne
- [4] <https://www.oiml.org/en/publications/recommendations/>
- [5] Burnos P., Gajda J., Marszałek Z., Piwowar P., Sroka R., Stencil M., Żegleń T., *Road traffic parameters measuring system with variable structure*. [w:] Metrology and Measurement Systems (2011) vol. 18 no. 4. pp. 659-666.