

Tomasz KĄDZIOLKA<sup>1</sup>, Sławomir KOWALSKI<sup>2</sup>

## OCENA WRAŻLIWOŚCI ELEKTRONICZNYCH WAG SAMOCHODOWYCH

**Streszczenie.** Podczas codziennych czynności związanych z wykonywaną pracą lub z obowiązkami domowymi spotykamy się z wieloma urządzeniami, z których złożonej budowy nie zdajemy sobie sprawy. Mogą nimi być różnego rodzaju urządzenia ułatwiające codzienną pracę, takie jak roboty kuchenne, zmywarki, piece ekologiczne, kuchenki gazowe, lub mechanizmy, których zadaniem jest na przykład ochrona przed deszczem, czyli parasole osobiste lub też przyrządy zapewniające większe bezpieczeństwo, na przykład ABS w samochodzie, albo urządzenia służące do pomiaru różnych wielkości, takie jak termometry, barometry czy wreszcie wagi. Wagi z racji wykonywanych przez siebie zadań należy zaliczyć do urządzeń pomiarowych, które na przykład w metrologii służą do określania wymiarów liniowych i kątowych lub też odchyłek od wymiarów nominalnych. W artykule zaprezentowano wyniki badań wrażliwości wag elektronicznych. Dla porównania wyników badań analizie poddano dwie wagi elektroniczne o różnych zakresach pomiarowych.

**Słowa kluczowe:** waga elektroniczna, wrażliwość (czułość) wagi, dokładność wskazań wagi

## SENSITIVITY EVALUATION OF THE ELECTRONIC CAR SCALE

**Summary.** During every day activities related with performed work or homework duties we meet a lot of equipment and we don't realize about their complex construction. This can be different type of equipment making every day work easier, such as food processors, dishwashers, ecologic furnaces, gas stoves or mechanisms, which are intended for protection against rain, which are personal umbrellas or devices ensuring higher safety such as ABS in a car or equipment used for measuring different values such as thermometers, barometers and finally scales. Scales due to performed tasks should be rated to measuring equipment which in metrology for example are used to specify linear and angular dimensions or deviations from nominal dimensions. In this article we present results of electronic scales sensitivity tests. For comparison of test results two electronic scales with different measuring range were analyzed.

**Keywords:** electronic scale, scale sensitivity, scale indication precision

---

<sup>1</sup> The State Higher Vocational School in Nowy Sącz, Poland, e-mail: tkadziolka@pwsz-ns.edu.pl

<sup>2</sup> The State Higher Vocational School in Nowy Sącz, Poland, e-mail: skowalski@pwsz-ns.edu.pl

## 1. WPROWADZENIE

Wagi zalicza się do urządzeń pomiarowych, w których dokładność wskazań zależy przede wszystkim od wrażliwości kinematycznej mechanizmu przenoszącego ruch. W obecnych czasach, w dobie tak bardzo rozwiniętego transportu drogowego, coraz częściej przed autostradami i drogami ekspresowymi montowane są wagi, które mają na celu określenie masy wjeżdżających pojazdów. Administrator drogi zabezpiecza tym samym nawierzchnię przed uszkodzeniem spowodowanym zbyt dużym naciskiem osi pojazdu na jezdnię.

Wagi te powinny zapewniać bardzo szybki i dokładny pomiar, powinny być odporne na szkodliwe działanie środowiska i zmianę temperatury otoczenia, dlatego też przy projektowaniu wag drogowych i innych urządzeń ważących konstruktorowi oraz użytkownikowi będzie zależało na tym, aby maksymalnie zwiększyć dokładność pomiaru. Można to realizować przez zmniejszenie skali pomiarowej wagi (tak jak w wagach laboratoryjnych) lub przez zwiększenie wrażliwości mechanizmu przenoszącego ruch.

## 2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA I PODZIAŁ WAG

Od niepamiętnych czasów człowiekowi zależało na tym, aby oceniać masę różnorodnych materiałów, dlatego zrodził się pomysł zbudowania urządzenia, które w pewien sposób sprostałoby tym wymaganiom. Pierwszymi takimi urządzeniami były prymitywne wagi działające na zasadzie dźwigni dwustronnej. Z biegiem czasu ich konstrukcja systematycznie się polepszała, przechodząc kolejne stadia rozwoju aż do wag działających na zasadzie elektronicznej. Na rys. 1 przedstawiono kolejne zmiany w budowie wag, począwszy od ciężna sznurowego (rys. 1.1) do pary kinematycznej nożowej (rys. 1.12), stosowanej we współczesnych wagach dźwigniowych.

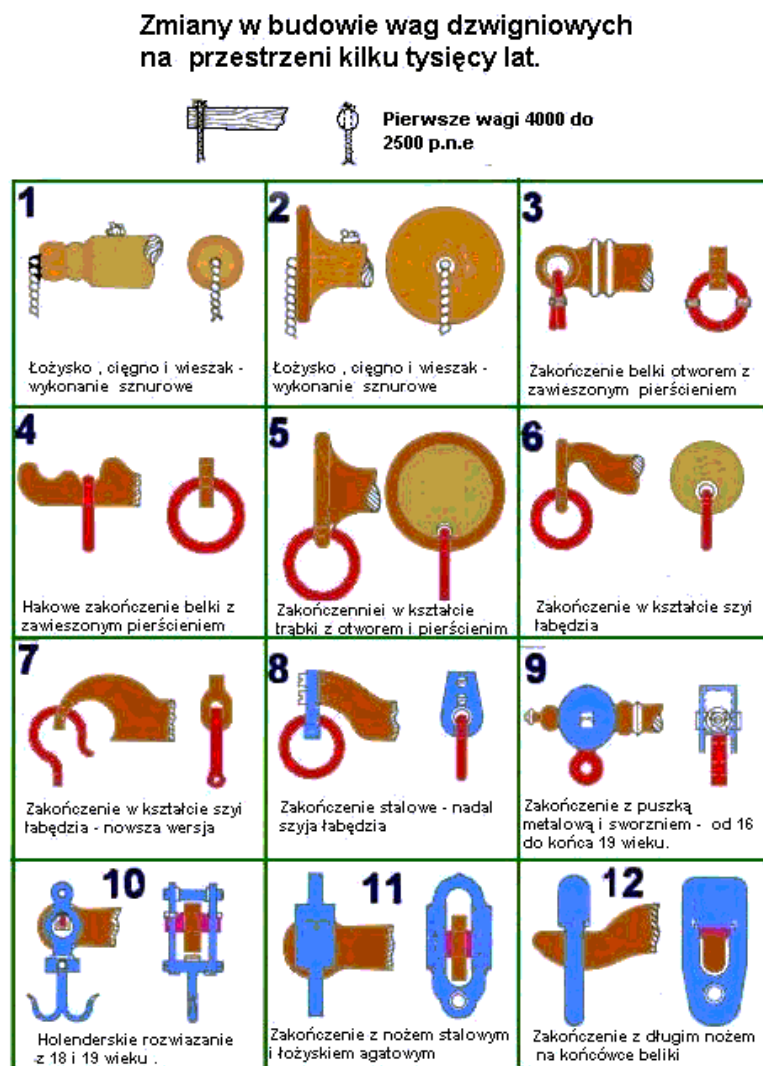
W 2650 roku p.n.e. rozwój handlu we wczesnych kulturach oraz gospodarka zapasami spowodowały wprowadzenie porównywalnych ze sobą miar wagi i pojemności. Równocześnie zaczęły się rozwijać miary długości. Najstarsze jednostki miar można znaleźć w bilansach sumeryjskich pisarzy królewskich. W Mezopotamii dominowała miara 1 sykl – jednostka babilońska odpowiadająca 180 ziarnom zboża (około 8,4 grama). Za pomocą czułych wag belkowych można było także określać bardzo małe ciężary. W starożytnym Egipcie istniał hieroglif oznaczający wagę<sup>3</sup> w postaci prostej belki wagowej trzymanej w ręku.

Od tego czasu wagi przechodziły kolejne stadia rozwoju aż do 1822 roku, kiedy to niemieccy mechanicy Alois Quintez i Johann Babtist Schwilgne skonstruowali w Strassburgu dziesiętną wagę pomostową, która umożliwiała precyzyjne odważanie dużych ciężarów.

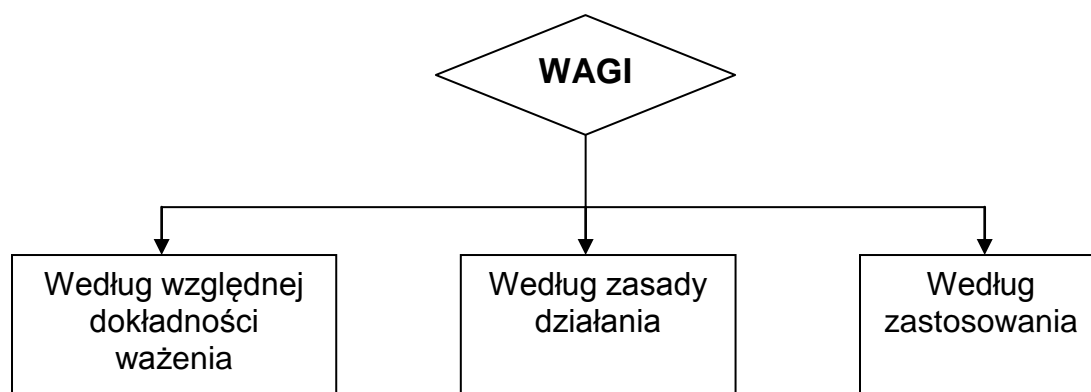
Wzrastające potrzeby określania mas towarów i środków transportowych wpłynęły na konstrukcje wag, wynikiem czego jest ich bardzo zróżnicowana budowa. Z analizy konstrukcji wag można dokonać następującego wstępnego ich podziału (rys. 2).

---

<sup>3</sup> Muzeum Egipskie w Berlinie.



Rys. 1. Rozwój konstrukcji wag  
 Fig. 1. Scales construction evolution



Rys. 2. Wstępny podział wag [4]  
 Fig. 2. Preliminary scales division [4]

### 3. WAGI ELEKTRONICZNE

Wagi są urządzeniami do pomiaru masy ciał, wykorzystującymi oddziaływanie siły grawitacji. Podobnie jak inne urządzenia techniczne zostały znacznie zmodernizowane w ostatnich dziesięcioleciach.

Wagi mechaniczne doprowadzono w pierwszej połowie XX wieku do perfekcji, ale w dalszym ciągu wynik ważenia zależy od subiektywnej oceny człowieka. Nie umożliwiają one niestety wykorzystania wyników ważenia do tworzenia baz danych oraz sterowania procesami technologicznymi. W latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia wagi te zaczęto zastępować wagami elektronicznymi. Postęp w elektronice i technice komputerowej umożliwił szybki rozwój techniki ważenia oraz coraz szersze jej zastosowanie.

Współczesne wagi elektroniczne oprócz podstawowego zadania – pomiarów masy – spełniają w połączeniu ze sprzętem komputerowym i sterującym również inne ważne funkcje. Mogą być włączone w komputerowe systemy zarządzania firmą, systemy rachunkowości, gospodarki magazynowej itp. Mogą być istotnymi elementami w sterowaniu różnego rodzaju procesami technologicznymi.

Systemy ważące znajdują coraz powszechniejsze zastosowanie w licznych ważnych dziedzinach życia społecznego: w nauce, badaniach, produkcji, handlu, usługach, dostawach energii i surowców, rolnictwie, w służbie zdrowia oraz ochronie środowiska. Technika ważenia powinna zatem być niezawodna i spełniać wymagania wszystkich ustawowych norm i przepisów, a tym samym stać się wizytówką dobrze funkcjonującej gospodarki. Ważenie w przemyśle można podzielić według dwóch głównych kryteriów. Pierwszym jest sposób realizacji procesu ważenia, a drugim jego cel.

Najbardziej znanym sposobem określania masy jest ważenie, w którym badany obiekt, stanowiący pewną całość, znajduje się w określonym przedziale czasu na stabilnym pomoście – tzw. nośni wagi. Po osiągnięciu stanu równowagi, który charakteryzuje się niezmienną wartością masy w określonym przedziale czasu, następuje odczyt masy. Takie ważenie całego obiektu lub jego części nosi nazwę nieciągniętego sposobu ważenia. W polskich przepisach Głównego Urzędu Miar [3] określa się takie ważenie ważeniem na wagach o działaniu nieautomatycznym.

Proces, podczas którego masa całego ładunku jest ważona w sposób ciągły i podawana w odniesieniu do czasu dokonywania pomiaru (np. [t/h]), nazywamy ważeniem automatycznym. Ważenie to jest najczęściej stosowane do mierzenia wielkości przepływu materiałów sypkich.

Według przepisów Głównego Urzędu Miar [3] wagi możemy podzielić, z nielicznymi wyjątkami, na dwie grupy: wagi technologiczne oraz wagi do rozliczeń handlowych. Wagi technologiczne są często integralną częścią linii produkcyjnych, np. przy tworzeniu mieszanek, ważeniu składników wsadu, ważeniu domieszek itp. Wagi do rozliczeń handlowych są częścią wszystkich operacji handlowych lub kontrolnych związanych z wyznaczaniem i rozrachunkiem określonej masy towarów.

W większości krajów wysoko rozwiniętych w wagach stosowanych do rozliczeń handlowych, w ochronie środowiska, służbie zdrowia oraz innych dziedzinach państwo zastrzega sobie prawo nadzoru nad ich charakterystykami metrologicznymi i użytkowaniem. Podstawowe aspekty prawne związane z produkcją i zastosowaniem tych urządzeń pomiarowych są regulowane w Polsce Ustawą o miarach i narzędziach pomiarowych. Wagi te należą do grupy urządzeń pomiarowych podlegających tzw. legalizacyjnemu nadzorowi metrologicznemu.

Rozwiązania konstrukcyjne oraz charakterystyki metrologiczne nowych typów wag muszą być poddane przed ich wprowadzeniem na rynek badaniom zatwierdzenia typu, dokonywanym przez właściwe organy metrologiczne. Przy przekazywaniu wag do

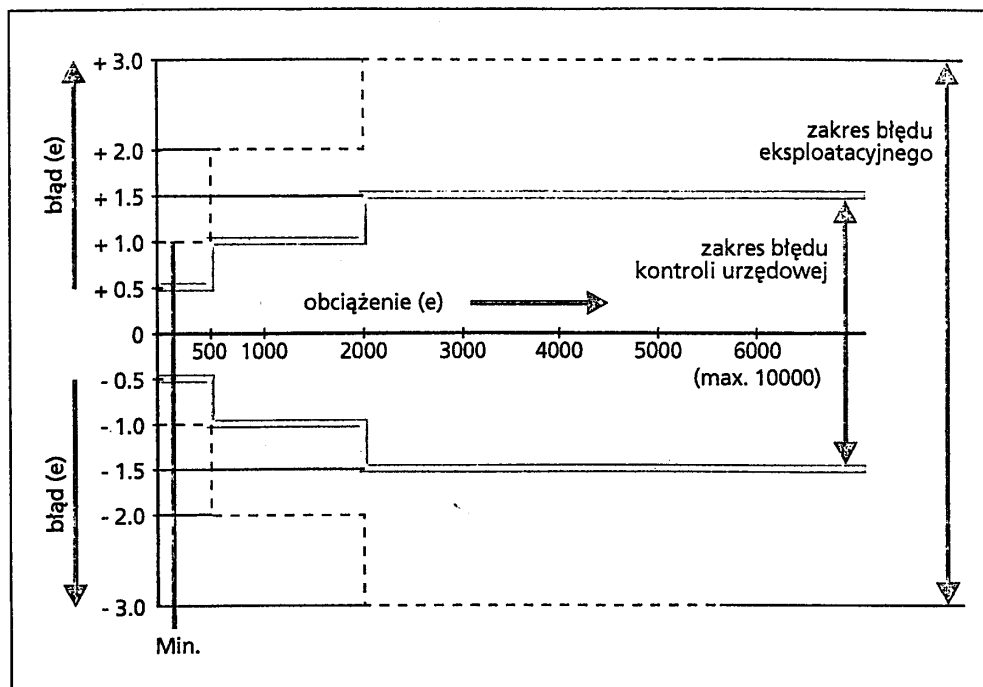
eksploatacji ich charakterystyki są sprawdzane podczas legalizacji pierwotnej. Legalizacja wtórna jest wykonywana okresowo, w terminach ustalonych we właściwych rozporządzeniach.

Większość wag stosowanych do ważenia handlowego jest zaliczana do wag nieautomatycznych, tzn. wag, które wymagają pośrednictwa operatora podczas procesu ważenia, np. w celu umieszczenia na wadze ważonej masy lub jej zdjęcia oraz do odczytu wyniku ważenia. Wymogi metrologiczne dla wag statycznych odważających nieautomatycznie, które mogą być urzędowo sprawdzane, są podane w normie europejskiej EN 45 501 „Aspekty metrologiczne wag z nieautomatycznym odważaniem”, która została opracowana wspólnie z grupą CEN (Committee European de Normalisation – Europejska Komisja do spraw Normalizacji). Norma opiera się na zaleceniach OIML (Organisation Metrologie de Legale) R76-1 z 1992 roku o nazwie „Wagi o działaniu nieautomatycznym”. Norma ta, podobnie jak w przypadku wag dźwigniowych, wyróżnia 4 klasy dokładności wagi:

1. specjalna I,
2. wysoka II,
3. średnia III,
4. zwykła IV.

Wagi o działaniu nieautomatycznym przeznaczone do rozliczeń handlowych muszą spełniać wymogi klasy III.

Błędy wag są podawane w działkach legalizacyjnych. Działka legalizacyjna „e” (wyrażona w jednostkach masy) określa granice dopuszczalnych wskazań wagi i jest wartością stosowaną do klasyfikacji i sprawdzania wagi. Działka elementarna „d” (wyrażona w jednostkach masy) jest działką odczytową urządzenia wskazującego. Dla wag ogólnego przeznaczenia (III klasa dokładności)  $0,1 e < d < e$ . Błędy dopuszczalne wag klasy III są podane na rys. 3.



Rys. 3. Rozkład błędów wyznaczających dopuszczalne odchyłki wagi elektronicznej w III klasie dokładności [3]

Fig. 3. Errors distribution establishing permitted electronic scale deviations in III precision class [3]

Na osi poziomej oznaczono obciążenie wyrażone liczbą działek, a na osi pionowej maksymalnie dopuszczalny błąd, również wyrażony liczbą działek. Linia ciągła określa dopuszczalne błędy przy legalizacji. Błędy wag w czasie eksploatacji, tzw. błędy obiegowe, mogą być większe, ale nie mogą przekraczać dwukrotnych wartości błędów dopuszczalnych wag przy legalizacji – są oznaczone na rysunku linią przerywaną. Maksymalna liczba działek legalizacyjnych wynosi 10 000, a dolna granica ważenia to 20 d. Wagi umieszczone w miejscach niechronionych (np. wagi samochodowe i kolejowe) są legalizowane przeważnie do 3000 działek.

Współczesne wagi w swej budowie są dość skomplikowanymi układami ważącymi zdominowanymi przez elektronikę. Dzięki zastosowaniu w nich mikroprocesorów stały się one szybkie i bardzo dokładne. Dodatkowo moduł elektroniczny do współpracy z urządzeniami zewnętrznymi stwarza możliwości budowy bardzo złożonych systemów kontrolnych.

Najprostsze wagi, które mogą znaleźć zastosowanie do kontroli jakości, są standardowymi wyrobami RADWAG [5]. Wybór konkretnego typu wagi z dwóch podstawowych typoszeręgów zależy głównie od maksymalnej wielkości kontrolowanego detalu oraz wymaganej dokładności. Różnica pomiędzy wagami WPS i WPT [5] polega na zastosowaniu innego systemu ważącego.

Dla wag WPT jest to przetwornik tensometryczny, dla wag WPS precyzyjny mechanizm z siłownikiem magnetoelektrycznym. Dokonując optymalnego doboru wagi, należy kierować się zasadą: „ważony detal nie może być zbyt lekki w stosunku do obciążenia wagi, wymiar szalki wagi nie może być zbyt mały lub zbyt duży w stosunku do wielkości ważonych detali”.

Czynniki te decydują o szybkości ważenia (może ona wynosić od 1 do 5 sekund/pomiar) oraz odporności na zewnętrzne zakłócenia, takie jak drgania, podmuchy itp. Wagi w standardowym oprogramowaniu zawierają funkcję wyświetlania odchyłek procentowych od wartości nominalnej. Wartość nominalna może być wprowadzona do pamięci wagi przez:

1. zważenie detalu, który służy jako wzorzec,
2. cyfrowe wpisanie wartości masy detalu.

Przy sprawdzaniu dokładności wskazań wagi elektronicznej masa wzorcowego detalu jest przyjmowana jako 100% masy wzorcowej. Wszystkie ważone produkty są porównywane z masą wzorca, a wyświetlacz pokazuje odchyłkę w procentach niedoboru lub nadmiaru masy.

#### 4. ELEKTRONICZNE WAGI POMOSTOWE

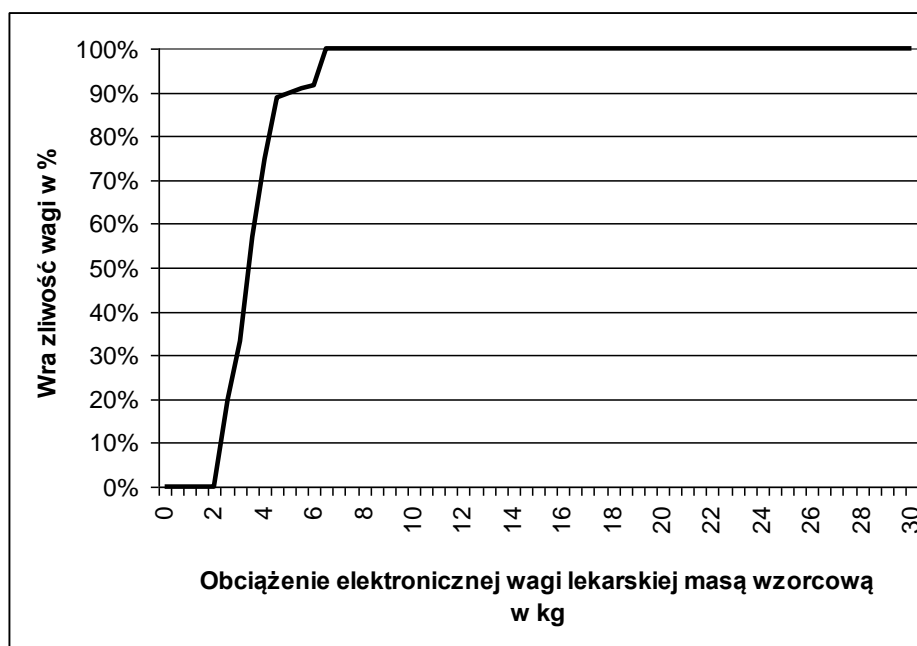
W licznych dziedzinach przemysłu istnieje potrzeba codziennego ważenia masy różnego rodzaju surowców, półfabrykatów oraz gotowych wyrobów przy ich odbiorze w przedsiębiorstwach, wydziałach produkcyjnych lub spedycji. W tym celu bardzo często stosowane są elektroniczne wagi pomostowe (platformowe) o różnych wymiarach i kształtach [4]. Są od nich wymagane: duża dokładność, mocna konstrukcja, odporność na przeciążenie, wilgotność, kurz, różnego rodzaju substancje chemiczne oraz stałość wyników pomiarów przy zmianach temperatur. Przeznaczone są do ważenia technologicznego i do rozliczeń handlowych.

Wagi pomostowe są dostarczane w dwóch podstawowych wersjach – jako wolno stojące i wpuszczone w powierzchnię. Kształt niektórych pomostów ważących jest dostosowany do kształtu ważonego przedmiotu, np. wagi typu Big – Bag do ważenia przy napełnianiu dużych worków na paletach. Wymiary powierzchni pomostów przeważnie wahają się w granicach 500 x 500 – 4000 x 4000 mm.

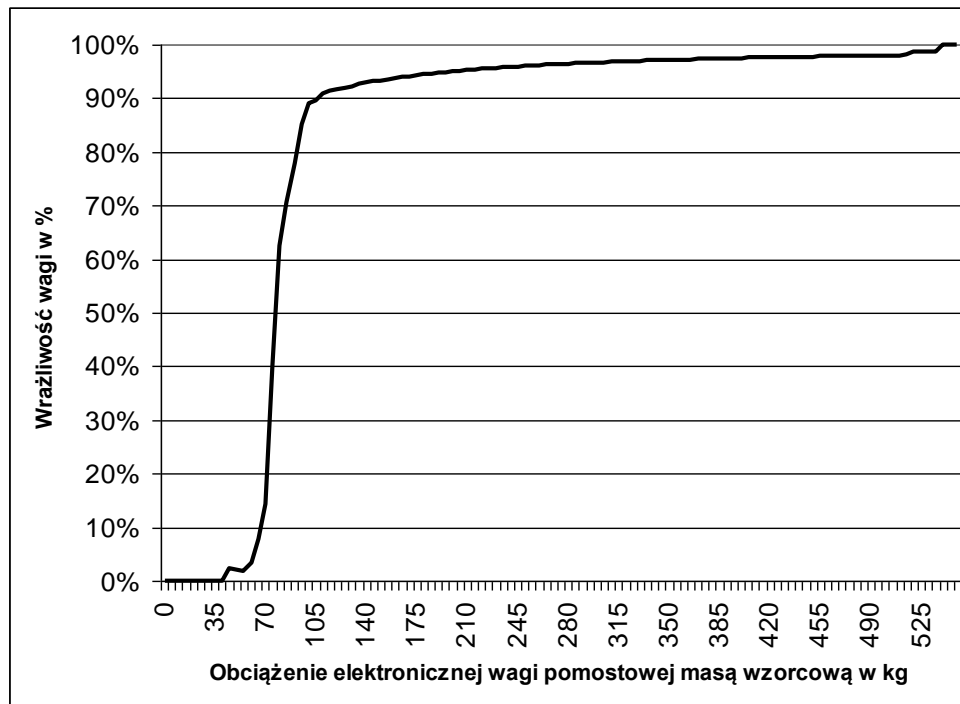
Elektroniczne systemy pomiarowo-sterujące umożliwiają z reguły ważenie, wydruk dokumentów ważenia, naklejek lub drukowanie opakowań. W licznych przypadkach opakowania są bezpośrednio napełniane na wagach pomostowych ładunkiem o określonej masie, która jest nastawiana ręcznie lub z nadrzędnego systemu sterującego, realizującego ponadto również bilansowanie produkcji lub zużycie poszczególnych substratów oraz kontrolę procesu produkcyjnego.

W zakładach przemysłu chemicznego i spożywczego w celu zapewnienia długotrwałego działania wagi stosowane są elementy mechaniczne wag w wykonaniu antykorozyjnym. Dla pomieszczeń produkcyjnych zagrożonych wybuchem, z których ważenia nie można przenieść do pomieszczeń niezagrażonych, dostarczane są specjalne systemy pomiarowe o niższym napięciu zasilania ze specjalnymi barierami zabezpieczającymi.

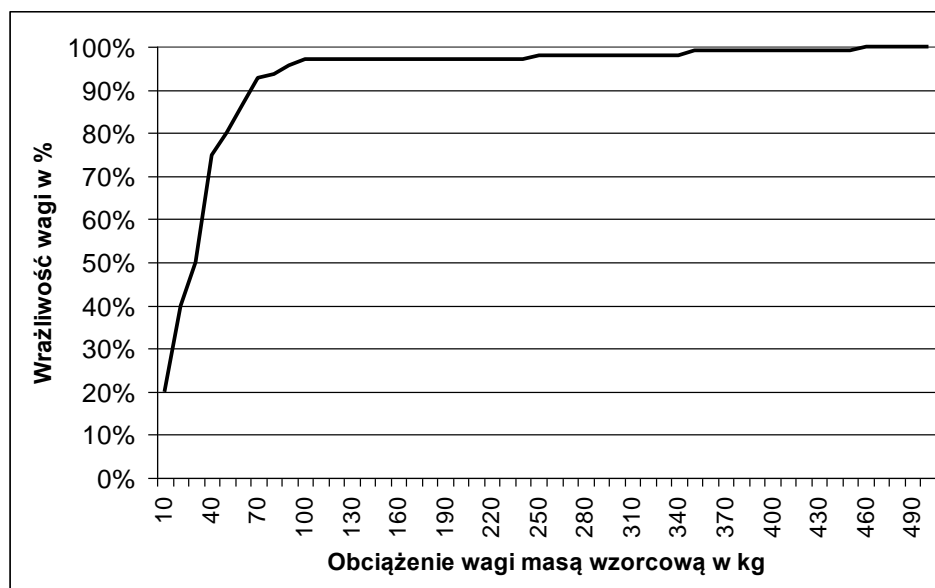
Autorzy zbadali dwie wagi elektroniczne o różnych zakresach pomiarowych. Pierwsza z nich służy do określania mas pojazdów samochodowych na Składzie Opałowym Przedsiębiorstwa Handlowo-Usługowego „Janex” w Nawojowej k. Nowego Sącza, druga do ważenia pacjentów w Aptece Przychodni „EJAMED” w Biegonicach k. Nowego Sącza. Metoda określania wrażliwości była podobna jak podczas badań doświadczalnych mechanicznych wag dźwigniowych i polegała na nakładaniu na pomost wagi masy wzorcowej i odczytywaniu wskazań urządzenia. Analiza wyników została opracowana zgodnie z literaturą [1].



Rys. 4. Zmiana wrażliwości lekarskiej wagi elektronicznej w funkcji obciążenia masą wzorcową  
Fig. 4. Change of electronic medical scale sensitivity in function of loading with standard weight



Rys. 5. Zmiana wrażliwości pomostowej wagi elektronicznej w funkcji obciążenia masą wzorcową  
 Fig. 5. Change of electronic weighbridge sensitivity in function of loading with standard weight



Rys. 6. Zmiana wrażliwości dźwigniowej wagi pomostowej 20-tonowej w funkcji obciążenia masą wzorcową  
 Fig. 6. Change of 20 tons lever weighbridge sensitivity in function of loading with standard weight



## 5. PODSUMOWANIE

Podczas badań stwierdzono, że czas określania masy pojazdów w analizowanej wadze elektronicznej jest krótszy niż w wagach dźwigniowych, występuje nadto możliwość cyfrowej rejestracji masy, a także, co nie jest też bez znaczenia, możliwość wydrukowania określonej masy. Badane wagi elektroniczne wykazały o wiele mniejszą pobudliwość i wrażliwość w początkowej fazie badania (rys. 4 i 5) niż odpowiadające im zakresami pomiarowymi wagi dźwigniowe (rys. 6), a co za tym idzie błąd wskazań badanych wag elektronicznych podczas określania mniejszych mas był większy niż błąd wskazań mechanicznych wag dźwigniowych. W badanej elektronicznej wadze lekarskiej procentowa wartość obciążenia maksymalnego, przy którym waga osiągnęła wrażliwość 100%, wynosi 4,13%, a więc jest większa o 1,46% niż w analizowanej wadze mechanicznej.

W przypadku elektronicznej wagi pomostowej 20-tonowej procentowa wartość obciążenia maksymalnego, przy którym waga osiąga wrażliwość 100%, wynosi 2,71%, a więc jest większa o 0,41% niż w odpowiadającej jej gabarytami wadze mechanicznej (rys. 6).

Z przeprowadzonych badań wag elektronicznych (rys. 4. i 5) można także wysunąć następujące wnioski:

1. podczas nakładania na pomost wagi masy wzorcowej waga elektroniczna do pewnego momentu nie określa masy, wynika stąd, że jej pobudliwość jest mniejsza niż wag dźwigniowych – rys. 6,
2. po nałożeniu określonej ilości masy wzorcowej wrażliwość wagi bardzo szybko, praktycznie liniowo, wzrasta, osiągając maksimum 100%,
3. dalsze nakładanie na pomost wagi masy wzorcowej nie zmienia wrażliwości wagi, a co za tym idzie odczyty wskazań urządzenia są prawidłowe.

## Bibliografia

1. Bałanda A.: Statystyczne metody opracowań pomiarów. Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Nowym Sączu, Nowy Sącz 2002.
2. Bartnik M.: Metoda pomiaru masy w warunkach zmiennych przyspieszeń. Rozprawa doktorska, AR w Lublinie, Wydział Techniki Rolniczej, Lublin 1979.
3. Kacprzak K.: Wagi przepisy i komentarze. Wydawnictwo WN, Warszawa 1976.
4. Kądziołka T.: Wpływ struktury i dokładności wykonania członów na wrażliwość wag uchylnych. Rozprawa doktorska, ATH w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała 2005.
5. [www.radwag.pl](http://www.radwag.pl).