



Automatyzacja pomiarów masy

PODSTAWY METROLOGII, SYSTEMY I AUTOMATY WAGOWE

Automatyzacja pomiarów masy

Podstawy metrologii, systemy i automaty wagowe

**RADWAG Wagi Elektroniczne
2015**

© Copyright by RADWAG Wagi Elektroniczne

Radom 2015

Wydanie III

pod red. Tomasza Misiewicza
RADWAG Wagi Elektroniczne
26-600 Radom, ul. Bracka 28
Tel. 48 3848800, fax 48 3850010
e-mail: radom@radwag.pl
<http://www.radwag.pl>
NIP: 796-000-03-27

Spis treści:

Spis treści:.....	3
1. Wstęp.....	6
2. Podstawy metrologii.....	8
2.1. Podstawowe definicje w metrologii.	8
2.2. Ocena zgodności	11
2.3. Metrologia wag	16
2.3.1. Metrologia prawna - legalizacja ponowna	16
2.3.2. Metrologia naukowa i przemysłowa – nadzór nad wyposażeniem pomiarowym, wzorcowanie.....	17
2.4. Klasyfikacja wag	21
2.5. Ważenie a błędy graniczne dopuszczalne.....	23
2.5.1. Wagi nieautomatyczne	24
2.5.2. Wagi automatyczne dla pojedynczych ładunków	25
2.5.3. Wagi automatyczne porcjujące	27
2.5.4. Wagi automatyczne odważające	29
2.5.5. Wagi automatyczne przenośnikowe	30
2.5.6. Wagi automatyczne wagonowe	31
2.6. Niepewność pomiaru w praktyce	32
2.7. Kwalifikacja IQ, OQ, PQ.....	38
3. Czujniki do pomiaru masy	46
3.1. Czujniki tensometryczne	46
3.1. Przetworniki magnetoelektryczne	49
3.1. Alternatywne czujniki pomiaru masy	53
3.1.1. Czujniki Kamertonowe.....	53
3.1.2. Czujniki wag samochodowych WIM	55
4. Moduły wagowe	59
4.1. Moduły wagowe tensometryczne	60
4.2. Moduły wagowe magnetoelektryczne	63
4.3. Platformy wagowe magnetoelektryczne	70
4.4. Zastosowania modułów wagowych	73
5. Terminale wagowe	74
5.1. Miernik PUE C31	74
5.2. Terminal wagowy PUE C41	77
5.3. Terminale wagowe PUE 7.1/HY	81

5.3.1. Terminal wagowy PUE 7.1	82
5.3.2. Terminal wagowy PUE HY.....	84
5.3.3. Terminal PUE HY10.....	89
5.4. Terminal wagowy PUE 5	92
6. Systemy wagowe oparte o wagi nieautomatyczne	96
6.1. Systemy liczące	96
6.2. Systemy etykietujące	99
6.3. Systemy dozujące.....	102
6.3.1. Dokładność w procesach dozowania.....	106
6.3.2. Metrologia przemysłowa w procesach dozowania	106
6.4. Systemy recepturujące	107
6.5. Systemy kontroli towarów paczkowanych	109
6.6. Systemy statycznego pomiaru wag samochodowych	111
7. Systemy wagowe oparte o wagi automatyczne dla pojedynczych ładunków	115
7.1. Typy przetworników stosowanych w wagach automatycznych.....	118
7.2. Zasada działania automatycznych układów wagowych	119
7.3. Kontrola towarów paczkowanych.....	123
7.4. Procedury kontroli i weryfikacji poprawności działania wag automatycznych.....	125
7.5. Detektory metali	125
7.6. Wagi automatyczne etykietujące.....	127
7.7. Wagi automatyczne sortujące	129
7.8. Systemy odrzutu wag automatycznych	130
7.9. Funkcje specjalne wag automatycznych.....	133
7.10. Zastosowania wag automatycznych dla pojedynczych ładunków	134
8. E2R System – komputerowy system nadzoru	135
8.1. Przeznaczenie i funkcje	135
8.2. Architektura systemu.....	136
8.3. Moduły programów E2R	137
8.3.1. Moduł E2R EWIDENCJA	137
8.3.2. Moduł E2R RECEPTURY.....	138
8.3.3. Moduł E2R KTP	139
8.3.4. Moduł E2R DYNAMICZNE	140
8.3.5. Moduł E2R WAGOSUSZARKA	141
8.4. Przykładowe instalacje i wdrożenia	142
8.4.1. Moduł E2R EWIDENCJA	142

8.4.2. Moduł E2R RECEPTURY.....	144
8.4.3. Moduł E2R DYNAMICZNE	146
9. Bibliografia.....	148

1. Wstęp



Historia wagi sięga czasów starożytnych i od samego początku wiąże się z obrotem i konfekcjonowaniem towarów. Pierwszą wagę skonstruowano w starożytnym Egipcie około 5 – 7 tysięcy lat temu. Była to waga dwuramienna, z szalkami zawieszonymi na przeciwległych końcach dźwigni, podparta na środku na stojaku lub podwieszona na linie. Ciężarkami, czy jak powiedziano by dzisiaj, odważnikami były kamienie granitowe elementy rzeźbione na kształt popiersi zwierząt. Wagi te stosowano w handlu i rolnictwie, obok naczyń miarowych były podstawowym przyrządem pomiarowo – rozliczeniowym.

Dalszy rozwój wagi jako przyrządu pomiarowego to opracowanie przez Rzymian bezmianu, czyli tzw. wagi rzymskiej. Był to wyskalowany pręt, na którym z jednej strony podwieszano ważony towar, a z drugiej za pomocą przesuwanego po skali ciężarka odczytywano jego masę. Bezmian, podobnie jak waga dwuramienna, działał na zasadzie równowagi, nie wymagał jednak stosowania zestawu odważników wzorcowych.

W kolejnych wiekach wagi były unowocześniane i rozwijane pod względem funkcjonalnym, jednak ich zasada działania pozostawała niezmienna. Były to urządzenia dwuszalkowe, wyposażone w odważniki wzorcowe lub działające na zasadzie bezmianu. Dopiero na przełomie XVI i XVII wieku opracowane zostały pierwsze wagi sprężynowe, które nie wymagały dodatkowych operacji związanych z odczytem wyniku. Po postawieniu lub podwieszeniu na nich ładunku następowało ugięcie sprężyny i natychmiastowy odczyt wyniku na wyskalowanej tarczy.

Rewolucja przemysłowa zapoczątkowana w XVIII wieku w Anglii i Szkocji – przejście z produkcji manufakturowej do systemów automatyzacji produkcji, pociągnęła za sobą rozwój dedykowanych urządzeń przemysłowych. Zaczęto rozwijać urządzenia pracujące autonomicznie, wykonujące poszczególne procesy produkcyjne w sposób powtarzalny, bez udziału operatora. Okres ten to również intensywny rozwój wag mechanicznych, który osiągnął swój szczyt w końcu XIX i początku XX wieku. W tym okresie opracowano wiele nowych konstrukcji, a wagi zaczęto produkować wielkoseryjnie. Jednak, ze względu na ograniczenia konstrukcyjne i technologiczne, wagi cały czas pozostawały prostymi urządzeniami pomiarowymi, których zautomatyzowanie było bardzo ograniczone lub wręcz nie było możliwe.

W połowie XX wieku nastąpił dynamiczny rozwój informatyzacji oraz automatyzacji w sferze produkcji, który spowodował zmianę spojrzenia na wagi jako na proste przyrządy pomiarowe. Zaczęto wymagać od urządzeń wagowych szeregu dodatkowych funkcji procesowych, kontrolnych i komunikacyjnych, umożliwiających wykorzystanie, przetworzenie i automatyczne przesłanie podstawowej informacji generowanej przez wagę – czyli wartości masy. Nastąpił wyraźny podział i specjalizacja przemysłowych urządzeń wagowych, które, zależnie od zastosowania, są obecnie w odpowiedni sposób projektowane, oprogramowywane i wyposażane w dedykowane moduły funkcyjne. Wykonanie i zastosowanie danego typu wagi determinuje również jej przynależność do określonej przez

obecnie obowiązujące przepisy grupy wyrobów i określa procedury kontrolne, jakim dana waga podlega.

Niniejsze opracowanie ma na celu zaprezentowanie obecnych możliwości zaawansowanych technologicznie urządzeń wagowych, przedstawienie stanu rozwoju technicznego w dziedzinie metrologii przemysłowej, szerokiej gamy zastosowań oraz stanu prawodawstwa, któremu podlegają urządzenia metrologiczne; zarówno w kategorii wag nieautomatycznych, jak i urządzeń automatycznych.

2. Podstawy metrologii

Każdy użytkownik urządzenia pomiarowego powinien zdawać sobie sprawę, iż nadzór nad nim jest czynnością niezwykle istotną, bo konieczną dla jego prawidłowego funkcjonowania. Nadzór ten jest związany zarówno ze stanem technicznym urządzenia, jak i z wypełnianiem określonych przez użytkownika lub prawo wymagań metrologicznych, obowiązujących w danym kraju, dlatego tak ważna jest znajomość obowiązujących norm i przepisów prawa.

Dla wszystkich użytkowników wyposażenia pomiarowego powszechnie wiadome jest, iż aby zapewnić wiarygodność otrzymanych wyników pomiarów, niezbędna jest pewność niezawodności swoich przyrządów pomiarowych. Do niedawna założenie to było realizowane poprzez spełnianie określonych wymagań stosownych norm jakościowych bez głębszej ich analizy. Obecnie świadomość użytkowników wyposażenia pomiarowego zmieniała się na tyle, że nadzór nad urządzeniami pomiarowymi w celu wypełnienia powyższych wymagań stał się oczywistą potrzebą.

2.1. Podstawowe definicje w metrologii.

Podstawowe, ogólne pojęcia metrologiczne zdefiniowane są w *Międzynarodowym Słowniku Metrologii* (PKN-ISO/IEC Guide 99) i odnoszą się do zagadnień związanych z wielkościami i jednostkami miar, pomiarami, urządzeniami pomiarowymi, właściwościami urządzeń pomiarowych oraz wzorcami pomiarowymi. W Słowniku zdefiniowano łącznie 144 pojęcia ogólne obowiązujące w metrologii. Drugim istotnym w kwestiach definicyjnych dokumentem jest *Międzynarodowy słownik terminów metrologii prawnej* (tłumaczenie polskie GUM z roku 2002), w którym określono 44 definicje ogólne obowiązujące w metrologii prawnej.

Poniżej przedstawiono część z nich, bezpośrednio związanych z tematyką pomiarów w przemyśle:

Błąd pomiaru

Różnica pomiędzy wynikiem pomiaru a wartością prawdziwą mierzonej wielkości.

Cecha legalizacyjna

Sygnatura umieszczana na przyrządach pomiarowych (wagach, wodomierzach, przymiarach i innych), dopuszczająca je do użycia w zgodności z przepisami prawnymi – metrologia prawna.

Certyfikacja

Proces badania parametrów technicznych wag, podczas którego sprawdza się ich wskazania, porównując je z wartościami granicznymi określonymi w normie PN-EN 45501 lub Dyrektywie 2004/22/WE (zależnie od rodzaju przyrządu pomiarowego). Testy uznaje się za poprawne, gdy wszystkie badania dają wynik pozytywny, tzn. błędy wskazań nie są większe niż błędy graniczne dopuszczalne (MPE). Jest to podstawą do wydania certyfikatu (zatwierdzenia typu) dla producenta badanej wagi (typoszeregu).

Czas próbkowania

Interwał lub odcinek czasu, w jakim wskazanie wagi jest analizowane. Żeby otrzymać wynik pomiaru, przetwornik w sposób praktycznie ciągły bada (próbkuje) sygnał pomiarowy, który następnie jest przetwarzany przez układy filtrujące.

Deklaracja zgodności

Deklaracja zgodności jest pisemnym oświadczeniem sporządzonym przez producenta, stwierdzającym, że wagi, których dotyczy, są zgodne z zatwierdzonym typem oraz spełniają wymagania wszystkich dyrektyw, które ich dotyczą.

Działka elementarna

Wyrażona w jednostkach masy wartość różnicy między wartościami odpowiadającymi dwóm sąsiednim wskazaniom podziałki przy wskaźniku analogowym lub różnicy między wartościami dwóch kolejnych wskazań przy wskazaniu cyfrowym. Wagi elektroniczne zazwyczaj mają działki elementarne:

1,2,3,4,5,6,7,8,9,0

0,2,4,6,8,

0,5.

Wartość działki elementarnej dla wag legalizowanych jest określona przepisami. Dla wag bez legalizacji wartość działki wybiera producent. Zazwyczaj stosowane jest rozwiązanie, w którym każda waga posiada JEDNĄ działkę elementarną. Wyjątkiem są tzw. wagi wielozakresowe lub wielodziałkowe, które posiadają więcej niż jedną działkę elementarną. Takie konstrukcje wag nie są powszechne, jednak można je spotkać w dedykowanych rozwiązaniach przemysłowych.

Działka legalizacyjna e (wagi)

Wartość wyrażona w jednostkach masy, stosowana do klasyfikacji i legalizacji wag. Szczegółowe wymagania odnośnie wartości tego zagadnienia zawiera norma PN-EN 45501 lub Dyrektywa 2004/22/WE (zależnie od rodzaju przyrządu pomiarowego). Ogólnie można stwierdzić, że dla wag klasy dokładności III $d = e$, a dla wag innych klas możliwe i stosowane jest rozwiązanie $d \neq e$.

Dokładność odczytu

Dokładność odczytu urządzenia jest równa działce elementarnej.

Legalizacja pierwotna

Procedura z obszaru metrologii prawnej, wykonywana przez administrację miar (Okręgowe i Obwodowe Urzędy Miar lub podmioty upoważnione) na podstawie badań odbiorczych danego egzemplarza przyrządu pomiarowego przed jego wprowadzeniem na rynek. Dla większości przyrządów pomiarowych (w tym wag) procedura od 1 maja 2004 może być zastąpiona procedurą oceny zgodności.

Legalizacja ponowna

Procedura dotycząca wag będących w użytkowaniu, podczas której sprawdza się podstawowe parametry wag, porównując je z wartościami granicznymi dopuszczalnymi. Legalizacja ponowna jest wykonywana okresowo, zgodnie z aktualnie obowiązującym prawem. Obowiązek zgłoszenia wagi do ponownej legalizacji spoczywa na użytkowniku. Istotną informacją jest to, że podczas legalizacji ponownej błędy wagi odnosi się do błędów granicznych dopuszczalnych (MPE). Tym samym przed ponowną legalizacją warto sprawdzić, czy błędy wskazań wagi są mniejsze niż MPE. Daje to gwarancję, że ta procedura zakończy się sukcesem.

Legalizacja WE

Procedura, w ramach której Jednostka Notyfikowana sprawdza i potwierdza, że dane wagi są zgodne z typem opisanym w Certyfikacie Zatwierdzenia Typu EC (WE) i spełniają wymagania Dyrektywy NAWI lub MID.

Europejskie określenie „EC” i polskie „WE” są tożsame i oznaczają Wspólnotę Europejską.

Modułowe zatwierdzenie typu (wagi)

Umożliwia wykonywanie wag z części (modułów): miernik wagowy, przetwornik tensometryczny. Moduły te zostały przebadane w Jednostce Notyfikowanej i posiadają certyfikaty z badań. Doboru modułów do konkretnej wagi dokonuje się zgodnie z zaleceniami zawartymi w dokumencie WELMEC-2.

Oznaczenie EX

Znak Ex jest oznaczeniem specjalnym dla produktów przeznaczonych do pracy w strefie zagrożonej wybuchem. Znak ten jest stosowany w celu pokazania, że wyrób spełnia wymagania norm europejskich, dostosowanych do Dyrektywy 94/9/EC (Dyrektywa ATEX, nazwana odpowiednio od francuskiego sformułowania „ATmosphere EXplosible”).

Rozdzielczość

Najmniejsza różnica wskazania urządzenia wskazującego, która może być zauważona w wyraźny sposób. Dla wagi elektronicznej przedstawia się zależnością Max / d ; czyli np. $3000 \text{ g} / 1 \text{ g} = 3000$ działek.

Towar paczkowany

Produkt przeznaczony do sprzedaży, umieszczony w opakowaniu jednostkowym dowolnego rodzaju, którego deklarowana ilość, odmierzona bez udziału nabywcy, nie może zostać zmieniona bez otworzenia, uszkodzenia lub wyraźnego naruszenia opakowania.

Waga automatyczna

Waga wyznaczająca masę produktu bez udziału operatora i działająca według założonego automatycznego cyklu, określonego dla danej wagi.

Waga nieautomatyczna

Jest to waga wymagająca udziału operatora w procesie ważenia, np. umieszczania ładunków na szalce, tarowania, zerowania czy zdjęcia produktu z szalki.

Obciążenie minimalne

Wartość obciążenia, poniżej którego wyniki ważenia mogą być obarczone nadmiernym błędem względnym. Przepisy nie zabraniają dokonywania pomiarów poniżej obciążenia minimalnego wagi, ale mogą one być obarczone większym błędem.

2.2. Ocena zgodności

W Unii Europejskiej obowiązują zharmonizowane (ujednoliczone) przepisy dotyczące wytwarzania i obrotu wyrobami – mają one wyższą rangę niż prawo krajowe państw członkowskich. Jednak, aby nie powstało zbyt dużo szczegółowych uregulowań, które i tak musiałyby być szybko zmieniane w efekcie postępu technologicznego, przyjęto zasady przepisów technicznych.

Zasady te, nazwane „nowym podejściem”, polegają na harmonizacji tych przepisów technicznych, które są związane z bezpieczeństwem i zdrowiem użytkowników oraz z ochroną środowiska. Dyrektywy harmonizujące zawierają wyłącznie zasadnicze wymagania wobec wyrobów, natomiast szczegóły techniczne zawarte są w odpowiednich normach europejskich EN, których stosowanie jest dobrowolne.

Producent może skorzystać z domniemania zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy, jeśli wyrób został wyprodukowany zgodnie z wymaganiami normy zharmonizowanej, której symbol został opublikowany w *Dzienniku Urzędowym Wspólnot Europejskich* i która została przeniesiona do systemu norm krajowych przynajmniej jednego państwa członkowskiego Unii Europejskiej.

Domniemanie zgodności dotyczy tylko tych zasadniczych wymagań, które objęte są daną normą zharmonizowaną. Istotne jest, aby zastosowane normy odpowiadały wszystkim zasadniczym wymaganiom, jakie dotyczą danego wyrobu. Zastosowanie norm zharmonizowanych, które dają domniemanie zgodności, jest dobrowolne. Jeśli jednak producent zdecyduje się na niestosowanie norm zharmonizowanych, musi innymi środkami wykazać zgodność wyrobu z zasadniczymi wymaganiami.

W przypadku niektórych dyrektyw zgodność wyrobu z normami zharmonizowanymi otwiera drogę do uproszczonej procedury oceny zgodności, niewymagającej udziału jednostki notyfikowanej lub daje większy wybór dostępnych procedur. Wyroby, które spełniają wymagania dyrektyw i powiązanych z nimi norm, znakowane są symbolem CE i mają prawo być wprowadzone na rynek dowolnego państwa członkowskiego Unii Europejskiej.

„Nowe podejście” zostało w roku 1989 uzupełnione przez tzw. „globalne podejście” do badań i certyfikacji, które określa obowiązujące w Unii Europejskiej zasady oceny zgodności wyrobów z przepisami i normami.

W ramach „globalnego podejścia” wyodrębniono osiem podstawowych modułów, na których mogą być oparte procedury oceny zgodności zastosowane w poszczególnych dyrektywach, ustalono kryteria doboru tych modułów, a także zasady stosowania oznaczenia CE.

Oznaczenie CE symbolizuje zgodność wyrobu z regulacjami Unii Europejskiej, które mają do tego wyrobu zastosowanie. Umieszczenie oznaczenia CE na wyrobie stanowi deklarację osoby za to odpowiedzialnej, że wyrób jest zgodny z wszystkimi przepisami Unii Europejskiej,

którym podlega oraz że przy jego kwalifikacji zostały wypełnione odpowiednie procedury oceny zgodności.

Jeżeli wyrób podlega jednocześnie kilku dyrektywom „nowego podejścia”, oznaczenie CE stanowi deklarację, że spełnia on wymagania wszystkich tych dyrektyw.

Wprowadzając nowy wyrób na rynek Unii Europejskiej, producent powinien:

- ustalić, jakim dyrektywom „nowego podejścia” ten wyrób podlega,
- przeprowadzić badania potwierdzające zgodność wyrobu z tymi dyrektywami; zgodnie z właściwymi modułami dopuszczonymi przez te dyrektywy,
- wystawić deklarację zgodności z tymi dyrektywami,
- oznaczyć wyrób znakiem CE.

Niezastosowanie się do powyższych zasad przez producenta jest równoznaczne ze złamaniem polskiego i europejskiego prawa.

Wagi elektroniczne nieautomatyczne lub automatyczne w zależności od wykonania i przeznaczenia mogą podlegać niżej wymienionym dyrektywom Nowego Podejścia:

- LVD (Low Voltage Electrical Equipment / Niskonapięciowy sprzęt elektryczny) 2006/95/WE,
- EMC (Electromagnetic compatibility / Kompatybilność elektromagnetyczna) 2004/108/WE,
- NAWI (Non-automatic weighing instruments / Wagi nieautomatyczne) 2009/23/WE,
- MID (Measuring instruments / Przyrządy pomiarowe) 2004/22/WE,
- MD (Machinery / Maszyny) 2006/42/WE.

Podczas, gdy dyrektywy LVD oraz EMC dotyczą każdego wyrobu wprowadzanego na rynek, to dyrektywy NAWI i MID obowiązują tylko wagi stosowane w **obszarze prawnej kontroli metrologicznej** (zastosowania określone w Art. 8.1 ustawy z dnia 11 maja 2001 r. *Prawo o miarach* - Dz.U. z 2013 r. poz. 1069).

Dla dokonania oceny zgodności z wymaganiami zasadniczymi dyrektyw LVD i EMC udział jednostki notyfikowanej nie jest konieczny – oceny tej może dokonać producent na podstawie badań własnych lub zleconych.

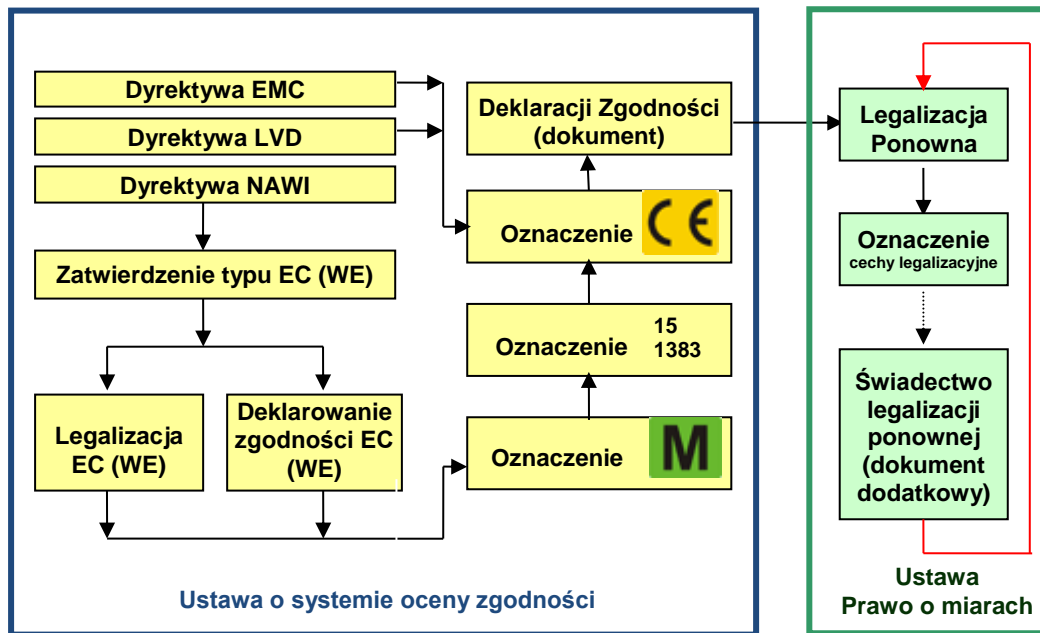
Dla dokonania oceny zgodności z wymaganiami zasadniczymi dyrektywy NAWI lub MID wymagany jest udział jednostki notyfikowanej dla uzyskania certyfikatu zatwierdzenia typu WE dla danego typoszeregu wag.

W celu dokonania oceny zgodności z NAWI lub MID producent (posiadając już certyfikat zatwierdzenia typu WE) może zastosować jeden z dwóch modułów:

- Deklarowanie zgodności typu WE wraz z gwarancją jakości produkcji – procedura, przez którą producent, posiadający wdrożony system jakości podlegający nadzorowi WE, deklaruje, że wagi są zgodne z typem opisanym w certyfikacie zatwierdzenia typu i spełniają wymagania zasadnicze określone w rozporządzeniu.
- Legalizacja WE – procedura, przez którą producent deklaruje, że wagi sprawdzone przez jednostkę notyfikowaną są zgodne z typem opisanym w certyfikacie zatwierdzenia typu i spełniają wymagania zasadnicze określone w rozporządzeniu.

Firma RADWAG posiada wymagane uprawnienia i w ocenie zgodności swoich wyrobów stosuje moduł *Deklarowanie zgodności typu WE* wraz z gwarancją jakości produkcji.

Ocenę zgodności wag nieautomatycznych przedstawia poniższy schemat:



Rys. 1 Procedura oceny zgodności elektronicznych wag nieautomatycznych.

Zgodnie z dyrektywami NAWI i MID każdą wagę można uznać za sprawną, jeżeli jej wskazania mieszczą się w ściśle **określonych granicach** wyznaczonych poprzez błędy graniczne dopuszczalne.

Na wadze nieautomatycznej stosowanej w obszarze prawnej kontroli metrologicznej powinny znajdować się oznaczenia:

- znak CE



- obok znaku CE dwie ostatnie cyfry roku, w którym został on naniesiony oraz numer jednostki notyfikowanej, która dokonała legalizacji WE lub numer jednostki notyfikowanej, która sprawuje nadzór nad systemem jakości producenta

15

1383

- zieloną, kwadratową nalepką z nadrukowaną dużą, czarną literą M



Na wadze automatycznej stosowanej w obszarze prawnej kontroli metrologicznej powinno znajdować się oznaczenie zawierające znak CE, dużą literę M z dwiema ostatnimi cyframi roku, w którym zostało umieszczone na przyrządzie pomiarowym, otoczone prostokątem oraz numer jednostki notyfikowanej:

CE M 15 1383

Do wag posiadających takie oznaczenia powinna być dołączona deklaracja zgodności z dyrektywą NAWI (wagi nieautomatyczne) lub dyrektywą MID (wagi automatyczne), wystawiona przez producenta.

Deklaracja zgodności EC powinna zawierać:

- nazwę i adres producenta,
- opis przyrządu pomiarowego (model, typ),
- odniesienie do aktualnych przepisów prawa,
- imię i nazwisko osoby upoważnionej do składania podpisu w imieniu producenta lub jego przedstawiciela.

Producent lub jego przedstawiciel jest obowiązany przechowywać kopię deklaracji zgodności EC wraz z dokumentacją techniczną.

Celem deklaracji zgodności EC jest wyrażenie zapewnienia, że wyrób, proces lub usługa są zgodne z powołanymi w deklaracji dokumentami normatywnymi oraz wyraźne określenie, kto jest odpowiedzialny za tę kwalifikację.



RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE
WITOLD LEWANDOWSKI
26-600 RADOM · ul. Bracka 28
tel. 048/384 88 00 · fax 048/385 00 10
e-mail: radom@radwag.pl · http://www.radwag.pl

DEKLARACJA ZGODNOŚCI

Producent: RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE
Witold Lewandowski

Adres: ul. Bracka 28, 26-600 Radom

Wagi nieautomatyczne typu : WPT; WPT/F; WPT/4F; WPT/4; WPT/4N; WPT/4P;
WPT/4P2; WPT/2K; WPT/4I; WPT/P

Deklarujemy z pełną odpowiedzialnością, że opisany powyżej wyrób oznakowany znakiem CE jest zgodny z wymaganiami zasadniczymi dyrektyw:

Dyrektywa 2004/108/WE
Normy zharmonizowane:
PN-EN 61326-1:2009

Dyrektywa 2006/95/WE
Normy zharmonizowane:
PN-EN 61010-1:2011

Ponadto wagi posiadające obok znaku CE:

- dwie ostatnie cyfry roku, w którym znak CE został naniesiony oraz numer jednostki notyfikowanej sprawującej nadzór nad systemem jakości producenta
- zieloną kwadratową nalepkę z czarną literą M

są zgodne z certyfikatem zatwierdzenia typu EC nr TCM 128/14-5190 oraz z wymaganiami zasadniczymi dyrektywy:

Dyrektywa 2009/23/WE
Normy zharmonizowane:
PN-EN 45501:1999

Informacje dodatkowe:

- Certyfikat zatwierdzenia typu EC nr TCM 128/14-5190 wydany przez Jednostkę Notyfikowaną nr 1383 ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT
- Test certyfikat dla miernika wagowego nr ZR 128/06-0050 wydany przez Jednostkę Notyfikowaną nr 1383 ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT

Z upoważnienia

Dyrektora RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE - dr inż. Witolda Lewandowskiego

Radom 15.05.2014

Pełnomocnik ds. SZJ Jacek Pilecki

Miejsce i data wystawienia

Stanowisko, imię i, nazwisko

J. Pilecki
Podpis

22/1/14/PL

Rys. 2 Przykładowa deklaracja zgodności wagi legalizowanej.

Wyżej wymienione oznaczenia razem z deklaracją zgodności zastępują stosowane w Polsce przed 1 maja 2004 roku cechę legalizacji pierwotnej i świadectwo legalizacji pierwotnej.

2.3. Metrologia wag

Każdy przyrząd pomiarowy do pomiaru masy (waga nieautomatyczna lub waga automatyczna) w organizacji powinien być objęty odpowiednim nadzorem metrologicznym. Nadzór metrologiczny możemy podzielić na dwa podstawowe rodzaje:

- Nadzór obowiązkowy – oparty na stosownych wymaganiach prawnych (legalizacja ponowna), który jest wymagany w określonych zastosowaniach.
- Nadzór dobrowolny – oparty na wzorcowaniu i/lub sprawdzaniu przyrządu pomiarowego z odpowiednim wzorcem odniesienia.

Należy zwrócić uwagę, iż terminy *wzorcowanie* i *legalizacja ponowna* są terminami używanymi często zamiennie, jednak w rzeczywistości dotyczą zupełnie innych obszarów metrologii. *Wzorcowanie* jest czynnością metrologii przemysłowej, natomiast *legalizacja ponowna* – metrologii prawnej.

W terminologii związanej z wagami stosowane są definicje różnego typu. Terminologię metrologiczną opisują odpowiednie, wspomniane wcześniej, międzynarodowe słowniki metrologii ogólnej oraz metrologii prawnej. Niektóre pojęcia są definiowane przez tzw. definicje potoczne.

2.3.1. Metrologia prawna - legalizacja ponowna

Legalizacja ponowna jest pojęciem systemu metrologii prawnej, opartym na przepisach polskiego i europejskiego prawa. Obowiązujący w Polsce system metrologii prawnej wdrożony został w życie ustawą z dnia 11 maja 2001 r. *Prawo o miarach* (Dz.U. z 2013 r. poz. 1069).

Prawnej kontroli metrologicznej podlegają wagi stosowane :

- w ochronie zdrowia, życia i środowiska,
- w ochronie bezpieczeństwa i porządku publicznego,
- w ochronie praw konsumenta,
- przy pobieraniu opłat, podatków i innych należności budżetowych oraz ustalaniu opustów, kar umownych, wynagrodzeń i odszkodowań, a także przy pobieraniu i ustalaniu podobnych należności i świadczeń,
- przy dokonywaniu kontroli celnej,
- w obrocie handlowym.

Wagi po dokonaniu oceny zgodności przed wprowadzeniem do obrotu, używane do określania masy dla w/w zastosowań, powinny być w czasie użytkowania poddawane legalizacji ponownej. Czynność metrologii prawnej dla wag w postaci legalizacji ponownej wykonywana jest przez organy administracji miar.

Legalizacja ponowna nie daje użytkownikowi informacji o wartości błędów rzeczywistych urządzenia, stwierdza jedynie, że nie są one większe od błędów granicznych dopuszczalnych. Przy sprawdzeniu wagi w czasie legalizacji ponownej wartość błędów granicznych dopuszczalnych jest taka sama jak przy ocenie zgodności.

Obowiązek poddawania wagi legalizacji ponownej spoczywa na użytkowniku.

Zgodnie z aktualnym stanem prawnym wagę należy poddać legalizacji ponownej

w przypadku:

- końca terminu zgłoszenia wagi po raz pierwszy do legalizacji ponownej po dokonaniu oceny zgodności,
- końca okresu ważności legalizacji ponownej,
- po naprawie wagi,
- gdy cechy legalizacji są zerwane lub uszkodzone (nieczytelne).

Termin zgłoszenia wagi po raz pierwszy do legalizacji ponownej po dokonaniu oceny zgodności wynosi 3 lata, licząc od pierwszego dnia grudnia roku, którego oznaczenie zostało naniesione na przyrząd podczas dokonywania oceny zgodności.

Okres ważności legalizacji ponownej wynosi 25 miesięcy, licząc od pierwszego dnia tego miesiąca, w którym legalizacja została dokonana.

Dowodem dokonania legalizacji ponownej wagi nieautomatycznej są naniesione cechy legalizacji ponownej lub cechy legalizacji ponownej i świadectwo legalizacji ponownej.

2.3.2. Metrologia naukowa i przemysłowa – nadzór nad wyposażeniem pomiarowym, wzorcowanie

Metrologia to pojęcie, które w praktyce przemysłowej jest obecne na wielu poziomach działań – od projektowania, prac badawczych, poprzez kontrolę detali, kontrole międzyoperacyjne, a kończąc na finalnej kontroli jakości. Użytkownicy przyrządów pomiarowych zobowiązani są do sprawowania nadzoru nad stosowanym w swojej organizacji wyposażeniem pomiarowym. Nadzór związany jest zarówno ze sprawdzaniem ogólnego stanu technicznego urządzenia, jak również ze spełnieniem określonych przez użytkownika lub prawo wymagań metrologicznych dla konkretnych przyrządów pomiarowych.

Zgodnie z powszechnie obowiązującymi wymaganiami dotyczącymi systemów zarządzania (wymagania normatywne i branżowe), przyrządy pomiarowe muszą zapewniać odniesienie do międzynarodowego układu jednostek SI, poprzez narodowe wzorce miar (w Polsce najczęściej przez wzorce utrzymywane przez Główny Urząd Miar).

We współczesnym, globalnym świecie trudno sobie wyobrazić brak unifikacji w zakresie używanych w życiu codziennym jednostek miar. Dlatego też tak ważnym elementem w technice pomiarów jest spójność pomiarowa.

Wyposażenie pomiarowe znajdujące się w jakiegokolwiek gałęzi przemysłu podlega na różnym poziomie odpowiedniemu nadzorowi.

W organizacjach, które posiadają wdrożone i certyfikowane systemy zarządzania według różnych standardów, istnieją odpowiednie instrukcje lub procedury dotyczące postępowania z wyposażeniem monitorującym i pomiarowym.

W różnych dokumentach normatywnych odniesienia do wyposażenia pomiarowego znajdują się zarówno w rozdziałach bezpośrednio dotyczących wyposażenia pomiarowego, jak również pojawiają się w treściach innych wymagań, związanych z wykonywaniem pomiarów.

Dla przykładu najbardziej popularna norma dotycząca systemów zarządzania ISO 9001 zawiera w swojej treści punkt 7.6, obejmujący wyposażenie do monitorowania i pomiarów. Norma wymaga, aby organizacja określiła monitorowanie i pomiary, które należy wykonać oraz wyposażenie do monitorowania i pomiarów potrzebne do dostarczenia zgodności

wyrobu z określonymi wymaganiami. Monitorowanie i pomiary są związane z wymaganiami dotyczącymi wyrobu. Organizacja powinna określić wymagania wyspecyfikowane przez klienta, w tym wymagania dotyczące dostawy i działań po dostawie, wymagania nieustalone przez klienta, ale niezbędne do wyspecyfikowanego lub zamierzonego zastosowania wyrobu, jeżeli jest ono znane, wymagania ustawowe i przepisy dotyczące wyrobu oraz wszelkie dodatkowe własne wymagania.

Wymagania norm systemowych regulują sprawę spójności pomiarowej. Organizacja powinna ustanowić procesy w celu zapewnienia, że monitorowanie i pomiary mogą być i są wykonywane w sposób, który jest spójny z wymaganiami dotyczącymi monitorowania i pomiarów.

Mówiąc o monitorowaniu, mamy na myśli czynność, która obejmuje obserwacje i nadzór przy pomocy wyposażenia do monitorowania, na przykład kwestionariusz nadzorczy, które dają jedynie wyniki ilościowe. Mówiąc o pomiarach, mamy na myśli czynności zmierzające do określenia ilości, wielkości lub wymiarów przy pomocy wyposażenia pomiarowego, na przykład odważanie substancji lub ważenie detali za pomocą wagi elektronicznej, które dają wartości konkretnej wielkości fizycznej.

Wszędzie tam, gdzie niezbędne jest zapewnienie wiarygodnych wyników, wyposażenie pomiarowe należy:

- wzorcować lub sprawdzać w wyspecyfikowanych odstępach czasu i/lub przed użyciem w odniesieniu do wzorców jednostek miary mających powiązanie z międzynarodowymi lub państwowymi wzorcami jednostek miary; wzorcowanie powinno być wykonane w kompetentnym laboratorium wzorcującym odpowiedniej wielkości fizycznej, najlepiej akredytowanym – aktualny wykaz akredytowanych laboratoriów wzorcujących znajduje się na stronie Polskiego Centrum Akredytacji www.pca.gov.pl. Wzorcowanie jest procesem porównywania wyposażenia pomiarowego w organizacji z wzorcami odniesienia w celu określenia dokładności tego wyposażenia oraz jego zgodności do wykonywania pomiarów z wymaganiami obowiązującymi w konkretnym przypadku. Wzorcowania oczywiście powinny być przeprowadzane z określoną częstotliwością, w określonych odstępach czasu;
- adiustować lub ponownie adiustować, jeżeli jest to niezbędne; adiustowanie może być wykonywane przez użytkownika wyposażenia pomiarowego, jeśli są techniczne możliwości lub przez autoryzowany serwis dostawcy danego przyrządu pomiarowego;
- zidentyfikować w celu umożliwienia ustalenia statusu wzorcowania; wymagania, w jaki sposób identyfikować wyposażenie pomiarowe, znajdują się w normie ISO 10012;
- zabezpieczyć przez adiustacjami, które mogłyby unieważnić wyniki pomiaru; najczęściej stosowane są etykiety zabezpieczające stosowane przez producentów i dostawców lub przez służby metrologiczne w danej organizacji;
- chronić przez uszkodzeniem i pogorszeniem stanu podczas przemieszczania, utrzymywania i przechowywania; należy postępować zgodnie z instrukcjami obsługi, instrukcjami stanowiskowymi oraz dobrą praktyką profesjonalną.

Każdorazowo, kiedy w wyniku weryfikacji wyposażenia pomiarowego okaże się, że jest ono niezgodne z wymaganiami, organizacja powinna ocenić i zapisać wiarygodność wcześniejszych wyników pomiarów. Tym samym organizacja powinna podjąć odpowiednie działania w odniesieniu do wyposażenia pomiarowego i wszystkich wyrobów, na które ta

niezgodność miała wpływ. Wszystkie czynności z tym związane powinny być dokumentowane w postaci zapisów.

Inna sytuacja występuje w przypadku firm farmaceutycznych, których obowiązuje Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 1 października 2008 w sprawie Dobrej Praktyki Wytwarzania.

W załączniku *Szczegółowe wymagania dobrej praktyki wytwarzania* do rozporządzenia w Rozdziale 3 pkt.3.41 znajduje się zapis mówiący, że urządzenia do mierzenia, ważenia, rejestracji i kontroli powinny być kalibrowane i sprawdzane odpowiednimi metodami, w określonych odstępach czasu. Powinny być przechowywane zapisy dotyczące tych czynności. W Paragrafie 3 *Rozporządzenia* w pozycji 23 występuje definicja pojęcia „kalibracja” (calibration) – jest to uruchomienie postępowania, które ustali w wyspecyfikowanych warunkach związek pomiędzy wartością wskazaną przez instrument pomiarowy lub system pomiarowy lub wartością otrzymaną w wyniku pomiaru fizycznego i porównanie ich ze znanymi wartościami standardu referencyjnego. Powyższa definicja jest w pełni zbieżna z definicją „wzorcowania”, zamieszczoną w *Międzynarodowym słowniku metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane* (PKN-ISO/IEC Guide 99) – def. 2.39.

Analizując ten zapis, jak i zapisy w normach systemowych, możemy zauważyć, że w przypadku firm farmaceutycznych wymagania z obszaru dobrowolnego zostały przeniesione do obszaru regulowanego. Można więc na tym przykładzie zauważyć, jak ważne są aspekty związane z wyposażeniem pomiarowym.

Nadzór nad wyposażeniem jest istotnym zagadnieniem dotyczącym wyposażenia pomiarowego. W działalności firm, które posiadają systemy zarządzania zgodne ze standardami np. ISO 9001, bezpośrednio wyposażeniu pomiarowemu poświęcony jest punkt 7.6.

Dla każdego obiektu wyposażenia pomiarowego powinny być utrzymywane zapisy, które powinny zawierać przynajmniej następujące informacje:

1. Identyfikację obiektu wyposażenia i jego oprogramowania.
2. Nazwę producenta, oznaczenie typu oraz numer seryjny lub inne indywidualne oznaczenie.
3. Wyniki sprawdzeń wskazujące, czy wyposażenie jest zgodne ze specyfikacją.
4. Aktualną lokalizację wyposażenia pomiarowego, jeżeli jest to właściwe.
5. Instrukcje dostarczone przez producenta, jeżeli są dostępne lub informację o miejscu ich przechowywania.
6. Daty, wyniki i kopie sprawozdań oraz świadectw wszystkich wzorcowań, regulacje, kryteria przyjęcia oraz datę kolejnego wzorcowania.
7. Plan konserwacji, gdy jest to właściwe oraz konserwacje wykonane dotychczas.
8. Każde uszkodzenie, wadliwe działanie, modyfikacje lub naprawy wyposażenia.

Te wszystkie zapisy organizacje gromadzą w odpowiednich dokumentach nazywanych „Kartami życia”, „Dziennikami przyrządu” lub jakkolwiek inaczej. Osoba odpowiedzialna za nadzór metrologiczny, jak również auditor, mają wtedy ułatwiony wgląd w procedurę nadzoru nad wyposażeniem pomiarowym.

Audyty wewnętrzne przeprowadzane zgodnie z ustalonymi harmonogramami, powinny w swoich planach zawierać punkty bezpośrednio dotyczące wyposażenia pomiarowego.

Jak należałoby auditować i gdzie można szukać dowodów z auditu w przypadku wyposażenia pomiarowego?

Pierwszym źródłem informacji o wyposażeniu jest jego dokumentacja. Dokumentacja może się składać z:

- karty przyrządu (jakkolwiek nazwanej) - karta przyrządu zawiera między innymi wszystkie informacje identyfikujące przyrząd oraz zapisy dotyczące potwierdzeń metrologicznych (wzorcowania i sprawdzeń), ewentualnych napraw, konserwacji lub dodatkowych adiustacji oraz miejsca przechowywania;
- instrukcji obsługi dostarczonej przez producenta lub dostawcę wyposażenia - z reguły w dokumentacji przyrządu przechowuje się oryginalną instrukcję obsługi, która stanowi źródło opracowania instrukcji stanowiskowych lub skróconych instrukcji obsługi. Jest to istotne, ponieważ wiele przyrządów pomiarowych wyposażonych jest w funkcje dodatkowe nie zawsze wykorzystywane przez laboratorium,
- świadectwa wzorcowania przyrządu;
- deklaracji zgodności EC w przypadku przyrządów podlegających prawnej kontroli metrologicznej (zakupionych po 1 maja 2004 roku) - bardzo istotne jest przechowywanie tych dokumentów, ponieważ są one niezbędne podczas kontroli wykonywanych przez organy państwowe oraz w przypadku zgłoszenia przyrządu do legalizacji ponownej po ocenie zgodności (wymagania metrologii prawnej);
- cechy legalizacyjne lub świadectwa legalizacji ponownej w przypadku przyrządów podlegających prawnej kontroli metrologicznej (zakupionych przed 1 maja 2004 roku) – podobnie, jak przy deklaracji zgodności EC, dokumenty są wymagane podczas kontroli w obszarach metrologii prawnej.

Drugim źródłem informacji podczas auditu jest sam przyrząd pomiarowy. Bezpośrednio na przyrządzie możemy zidentyfikować potwierdzenie statusu metrologicznego oraz jego czytelność i sposób przytwierdzenia. Na etykiecie powinny znajdować się wszystkie wymagane informacje.

Na stanowisku produkcyjnym, badawczym lub pomiarowym można sprawdzić (jeśli jest to zasadne) dostępność instrukcji obsługi. Wcześniej auditor sprawdza, jakie są zapisy w systemie o sposobie dystrybuowania i dostępności instrukcji obsługi.

Można również, w miarę możliwości i zasobów wiedzy audytora, dokonać oceny ogólnego stanu technicznego przyrządu, jak również szukać potwierdzenia znajomości obsługi przez upoważniony personel.

Kolejnym źródłem informacji dotyczących wyposażenia pomiarowego, które zbierane są podczas auditu, są odpowiednie zapisy. Zapisy mogą dotyczyć:

- konserwacji, serwisu i potwierdzeń metrologicznych;
- wyników pomiarów podczas sprawdzeń;
- świadectwa wzorcowania;
- upoważnień dla personelu;
- instrukcje BHP (jeśli konieczne).

Czwartym źródłem informacji mogą być wszystkie dane dotyczące warunków środowiskowych na stanowisku pomiarowym. Auditora mogą interesować informacje związane z zapisami dotyczącymi odpowiednich parametrów (np. temperatura, wilgotność). Auditor techniczny może również szukać sposobów eliminacji czynników zakłócających (np. stoły antywibracyjne dla wag).

Powyższe przykłady pokazują, gdzie należy szukać dowodów z auditu, jednak na podstawie tych przykładów konkretna organizacja może określić własne źródła informacji auditowych.

Mówiąc o wyposażeniu pomiarowym, które jest wykorzystywane w organizacji na różnych etapach, musimy mieć na uwadze prowadzenie stałego, udokumentowanego nadzoru nad nim. Podstawową czynnością metrologiczną będzie tutaj wzorcowanie oraz okresowe sprawdzanie wyposażenia pomiarowego.

Wzorcowanie wyposażenia pomiarowego należy wykonywać w kompetentnych, najlepiej akredytowanych laboratoriach wzorcujących. W zakresie urządzeń ważących oraz wzorców masy, odważników i obciążników, użytkownicy mogą korzystać z akredytowanego Laboratorium Pomiarowego działającego w strukturze Centrum Metrologii firmy RADWAG.

Należy jednak pamiętać, że nadzór nie dotyczy jedynie spełnienia kryteriów dotyczących charakterystyk metrologicznych, choć jest to czynnik najważniejszy. Należy również mieć na uwadze całą infrastrukturę na danym stanowisku produkcyjnym, badawczym czy pomiarowym, włączając biegłość personelu w zakresie obsługi i wykorzystywania konkretnego przyrządu pomiarowego. Jednym z narzędzi poprawiających biegłość personelu są szkolenia specjalistyczne. W zakresie urządzeń ważących użytkownicy mają możliwość odbycia szkoleń z warsztatami, które organizowane są w formie otwartej i zamkniętej przez Centrum Metrologii przy firmie RADWAG.

Wszystkie dane, gromadzone podczas nadzorów nad wyposażeniem, mogą posłużyć do przygotowania kolejnych specyfikacji zamówienia oraz mogą być wykorzystane w ocenie dostawców.

2.4. Klasyfikacja wag

Dobór odpowiedniego urządzenia pomiarowego do warunków i trybu pracy to nie tylko kwestia funkcjonalności wagi. W przypadku procesów technologicznych wymagających certyfikowanych urządzeń pomiarowych, niezmiernie ważne jest zwrócenie uwagi na klasyfikację, jaką wyznaczają dyrektywy NAWI oraz MID. Zdarza się często, iż waga certyfikowana w zakresie dyrektywy NAWI jest wykorzystywana w **automatycznym procesie ważenia**, co jest niezgodne z obowiązującymi przepisami i stanowi podstawę zakwestionowania takiego zastosowania urządzenia wagowego przez audytorów przeprowadzających audit. O pomyłkę szczególnie łatwo jest podczas stosowania wag w zautomatyzowanych procesach przemysłowych, dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na klasyfikację urządzenia pomiarowego, które ma być zastosowane w konkretnym procesie produkcyjnym lub kontrolnym.

Urządzenia wagowe dzielą się na dwie zasadnicze grupy:

- wagi nieautomatyczne – certyfikowane zgodnie z dyrektywą NAWI,
- wagi automatyczne – certyfikowane zgodnie z dyrektywą MID.

Przynależność danego typu urządzenia do grupy określają definicje zawarte w dyrektywach NAWI i MID.

Zgodnie z dyrektywą NAWI waga nieautomatyczna nazywamy wagę wymagającą **udziału operatora** w procesie ważenia; na przykład do umieszczania ładunku na nośni lub zdjęcia z niej ważonego ładunku, a także w celu uzyskania wyniku.



Rys. 3 Waga nieautomatyczna.

Natomiast zgodnie dyrektywą MID, waga automatyczna to waga wyznaczająca masę produktu **bez udziału operatora** i działająca według założonego automatycznego cyklu określonego dla danej wagi.



Rys. 4 Waga automatyczna.

Powyższe rozróżnienie nie jest przypadkowe i sztucznie stworzone. Jest ono podyktowane warunkami pracy danego przyrządu pomiarowego, a przede wszystkim procedurami kontrolnymi i certyfikującymi dane urządzenie.

W przypadku wag nieautomatycznych niezbędny jest udział operatora, który jednocześnie sprawuje funkcję kontrolną nad wagą, np. sprawdza, czy waga przed wykonaniem pomiaru wskazuje zero, decyduje, kiedy zatwierdzić pomiar, kiedy usunąć produkt z szalki itp. W przypadku wag automatycznych nie ma takiej możliwości, dlatego tego typu urządzenie musi posiadać własne, wbudowane funkcje kontrolne. Z tego też powodu podlega innym procedurom certyfikacji i badań.

Dodatkowo wagi nieautomatyczne, ze względu na swoje zastosowanie np. wagi kalkulacyjne, etykietujące, sklepowe itp., podlegają dodatkowym sprawdzeniom swoich specyficznych funkcji, jednak pod względem wymagań metrologicznych nie różnią się między sobą. Inaczej jest w przypadku wag automatycznych. Tutaj podział jest bardziej złożony, ponieważ określa dokładnie zastosowanie danego typu urządzenia.

Zgodnie z dyrektywą MID rozróżniamy następujące typy wag automatycznych:

➤ **Waga automatyczna dla pojedynczych ładunków**

Waga automatyczna wyznaczająca masę wcześniej przygotowanych oddzielnych ładunków (np. towarów paczkowanych) lub pojedynczych ładunków materiału luzem.

➤ **Waga automatyczna kontrolująca**

Waga automatyczna dla pojedynczych ładunków, która rozdziela artykuły o różnej masie na dwie lub więcej grup według wartości różnicy ich masy i różnicy nastawy.

➤ **Waga etykietująca**

Waga automatyczna dla pojedynczych ładunków, która nanosi na każdy ważony produkt etykietę z wartością masy.

➤ **Waga kalkulacyjna – etykietująca**

Waga automatyczna dla pojedynczych ładunków, umieszczająca na ważonym produkcie etykietę z wartością masy i ceną.

➤ **Waga automatyczna porcjująca**

Waga automatyczna, napełniająca pojemniki przewidzianą i potencjalnie stałą masą produktu pozostającego luzem.

➤ **Waga odważająca**

Waga automatyczna wyznaczająca masę produktu luzem przez rozdzielenie go na osobne ładunki. Masy poszczególnych ładunków są kolejno wyznaczone i sumowane. Każdy ładunek jest następnie przekazywany do masy luzem.

➤ **Waga przenośnikowa**

Waga automatyczna, która wyznacza masę produktu luzem znajdującego się na przenośniku taśmowym, bez rozdzielania go i przerywania ruchu taśmy.

➤ **Waga wagonowa**

Waga automatyczna, posiadająca nośnię ładunku wyposażona w szyny, po których są przetaczane pojazdy szynowe.

W przypadku czterech pierwszych typów wag wymagania metrologiczne są takie same i różnią się jedynie procedurami sprawdzenia dodatkowych funkcji: rozdzielania, etykietowania i wyliczania ceny. Stanowią one „rodzinę wag” dla pojedynczych ładunków.

Jeśli chodzi o pozostałe typy urządzeń, różnią się one zarówno procedurami certyfikacji i kontroli, jak i dopuszczalnymi błędami, jakie są dla nich uwzględnione.

2.5. Ważenie a błędy graniczne dopuszczalne

Odchylenia od wskazań idealnych nazywane są potocznie błędami i występują w każdym pomiarze. Jeżeli wartość tego błędu jest mniejsza niż wartość błędu granicznego dopuszczalnego wynikającego z przepisów, to wagę taką należy uznać za poprawnie działającą.

Wartości błędów granicznych dopuszczalnych zależą od wartości działki legalizacyjnej e oraz od klasy dokładności przyrządu.

2.5.1. Wagi nieautomatyczne

Podstawowe informacje dotyczące błędów granicznych dopuszczalnych wag przedstawia poniższa tabela:





Błędy graniczne dopuszczalne przy legalizacji pierwotnej	Dla obciążeń m wyrażonych w działkach legalizacyjnych e			
	Klasa dokładności			
				
$\pm 0,5 e$	$0 < m \leq 50\ 000$	$0 < m \leq 5\ 000$	$0 < m \leq 500$	$0 < m \leq 50$
$\pm 1 e$	$50\ 000 < m \leq 200\ 000$	$5\ 000 < m \leq 20\ 000$	$500 < m \leq 2\ 000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1,5 e$	$200\ 000 < m$	$20\ 000 < m \leq 100\ 000$	$2\ 000 < m \leq 10\ 000$	$200 < m \leq 1\ 000$

Tabela 1 Błędy graniczne wag nieautomatycznych wg PN-EN 45501.

Oznaczenia: e – działka legalizacyjna

m – masa wyrażona w jednostkach działki legalizacyjnej

W praktyce można spotkać wagi klasy I, II, III. Ich oznaczenia pokazuje poniższa tabela:




Klasa dokładności	Oznaczenie	Przeznaczenie
Klasa 1 Specjalna		Analityczne
Klasa 2 Wysoka		Laboratoryjne
Klasa 3 Średnia		Stosowane głównie w przemyśle i handlu do rozliczeń, czasami w laboratoriach do mniej dokładnych pomiarów

Tabela 2 Podział wag nieautomatycznych.

W pewnych przypadkach waga, według przepisów metrologii prawnej dla wag (Dyrektywa 2009/23/WE) w danym zastosowaniu nie wymaga czynności nadzoru prawnego, jednak mogą tego wymagać specyficzne rozporządzenia lub inne wymagania, obowiązujące w danym zakładzie, co również należy mieć na uwadze.

PRZYKŁAD OCENY BŁĘDÓW WAGI LEGALIZOWANEJ

Praktyczne zastosowanie wymagań metrologii prawnej przedstawiono poniżej na przykładzie wagi PS 360.R2

Charakterystyka techniczna wagi

Obciążenie maksymalne	Max = 360 g
Obciążenie minimalne	Min = 20 mg
Dokładność odczytu	d = 1 mg
Działka legalizacyjna	e = 10 mg
Zakres tarowania	T = - 360 g
Temperatura pracy	10 ⁰ C – 40 ⁰ C

Błędy graniczne dopuszczalne dla wagi PS 360.R2 przedstawione zostały w poniższej tabeli.

Obciążenie m wyrażone w działkach legalizacyjnych	Obciążenie wyrażone w gramach	Błąd graniczny dopuszczalny wyrażony w działkach legalizacyjnych	Błąd graniczny dopuszczalny wyrażony w działkach odczytowych
$0 e \leq m \leq 5\,000 e$	0 – 50 g	$\pm 0,5 e$	$\pm 5 \text{ mg}$
$5000 e < m \leq 20\,000 e$	50 – 200 g	$\pm 1 e$	$\pm 10 \text{ mg}$
$20\,000 e < m \leq 36\,000 e$	200 – 360 g	$\pm 1,5 e$	$\pm 15 \text{ mg}$

Tabela 3 Błędy dopuszczalne dla wagi PS 360.R2.

Uwaga: błędy występujące podczas eksploatacji wagi mogą być dwukrotnie większe.

Należy jednak pamiętać, że przy legalizacji błędy są odniesione do działki legalizacyjnej e oraz że użytkownik nie zna wartości liczbowych wyznaczonych błędów. Aby wyznaczyć błędy odnoszące się do działki elementarnej d , należy poddać wagę **wzorcowaniu**, wówczas odpowiednie laboratorium wyznaczy błędy wskazań oraz określi niepewność pomiaru.

2.5.2. Wagi automatyczne dla pojedynczych ładunków (OIML R51 Automatic Checkweighing Instruments)



Rys. 5 Waga automatyczna dla pojedynczych ładunków.

Zależnie od przeznaczenia i funkcji, jaką waga ma pełnić, wagi dla pojedynczych ładunków dzielą się na dwie klasy:

Klasę **X** stosuje się dla wag sprawdzających towary paczkowane, zgodnie z wymaganiami *Dyrektywy Rady 89/676/EWG z 30 grudnia 1989 r. w sprawie zbliżenia przepisów Krajów Członkowskich odnośnie konfekcjonowania objętościowego cieczy paczkowanych* i *Dyrektywy Rady 76/211/EWG z 20 stycznia 1976 r. w sprawie zbliżenia przepisów Krajów Członkowskich odnośnie konfekcjonowania wagowego lub objętościowego towarów paczkowanych przeznaczonych do paczkowania*. Oznacza to, że wagi klasy **X** są wagami przeznaczonymi do przeprowadzania **kontroli towarów paczkowanych** zgodnie z obowiązującą Ustawą.

Klasę **Y** stosuje się dla wszystkich pozostałych wag automatycznych dla pojedynczych ładunków.

Klasy wag X i Y dzielą się na następujące podklasy:

- XI, XII, XIII, XIII
- Y(I), Y(II), Y(a), Y(b)

Dodatkowo, w przypadku wag przeznaczonych do kontroli towarów paczkowanych, podklasę dokładności uzupełnia się współczynnikiem (x), określającym mnożnik granicznej dopuszczalnej wartości odchylenia standardowego eksperymentalnego błędu (s), przy czym wartość współczynnika (x) nie może być większa niż 2. Wartość współczynnika (x) wyraża się w postaci 1×10^k , 2×10^k , 5×10^k , gdzie k jest liczbą całkowitą ujemną lub zerem.

Przykładowe oznaczenie klasy wagi przeznaczonej do kontroli towarów paczkowanych:

XIII(1)

Przykładowe oznaczenie klasy wagi przeznaczonej do zastosowania innego niż kontrola towarów paczkowanych:

Y(a)

Znamienne dla wag automatycznych jest to, iż w celu wyznaczenia błędów wagi przeprowadza się serię pomiarów, których minimalna liczność jest określona przez ustawodawcę w aktach wykonawczych i zależnie od przedziału masy, dla której wyznacza się błędy, waha się w zakresie 10 – 60 pomiarów. W przypadku wag nieautomatycznych dopuszczalne jest, aby taka seria miała licznosc równą 1. Taka procedura umożliwia sprawdzenie pełnej funkcjonalności wagi pod względem automatycznego ważenia i powiązanych z tym funkcji korygujących występujące zakłócenia.

Dla wag automatycznych klasy **Y** dyrektywa MID określa **dopuszczalny błąd graniczny**, a więc podobnie jak w przypadku wag nieautomatycznych, z taką tylko różnicą, że badana seria ma większą licznosc. Natomiast dla wag przewidzianych do kontroli towarów paczkowanych określany jest błąd **graniczny dopuszczalny średniej** oraz **maksymalne dopuszczalne odchylenie standardowe** dla serii pomiarowej. Z wymagań tych wynika, że dla tego typu wag nie określa się błędu pojedynczego pomiaru, co stanowi zasadniczą różnicę w stosunku do wag nieautomatycznych.

Błędy graniczne dopuszczalne średniej dla wag klasy X oraz Y przedstawia tabela poniżej:

Masa ładunku netto (m) wyrażona w działkach legalizacyjnych (e)								Graniczne dopuszczalne wartości błędu średniego	Błędy graniczne dopuszczalne (MPE)
XI	Y(I)	XII	Y(II)	XIII	Y(a)	XVIII	Y(b)	X	Y
0 < m ≤ 50000		0 < m ≤ 5000		0 < m ≤ 500		0 < m ≤ 50		± 0,5 e	± 1,0 e
50000 < m ≤ 200000		5000 < m ≤ 20000		500 < m ≤ 2000		50 < m ≤ 200		± 0,1 e	± 1,5 e
200000 < m		20000 < m < 100000		2000 < m < 10000		200 < m < 1000		± 1,5 e	± 2,0 e

Tabela 4 Błędy graniczne dopuszczalne dla wag klasy X i Y.

Masa ładunku netto (m)	Maksymalne dopuszczalne odchylenie standardowe dla klasy X(I)
m ≤ 50 g	0,48 %
50 g < m ≤ 100 g	0,24 %
100 g < m ≤ 200 g	0,24 %
200 g < m ≤ 300 g	0,48 %
300 g < m ≤ 500 g	0,16 %
500 g < m ≤ 1 000 g	0,80 %
1 000 g < m ≤ 10 000 g	0,08 %

Tabela 5 Maksymalne dopuszczalne odchylenie standardowe dla wag klasy X.

2.5.3. Wagi automatyczne porcjujące (OIML R60 Gravimetric Filling A.W.I.)



Rys. 6 Waga porcjująca.

Waga automatyczna porcjująca, nazywana również często wagą dozującą, jest najczęściej stosowana w układach napełniania produktów sypkich oraz cieczy w opakowania jednostkowe; na przykład worki z zaprawami budowlanymi, beczki z olejem itp.

Do wag porcjujących zalicza się również wszelkiego rodzaju naważarki wielogłowicowe. Wagi porcjujące, popularnie nazywane wagami kombinacyjnymi, składają się przeważnie z 4, 16, 20 i 24 modułów wagowych ważących statycznie małe porcje produktu oraz układu logicznego, który poprzez algorytm matematyczny wybiera z uzyskanych naważek sumę kilku pojedynczych mas, dającą wynikowo wymaganą naważkę. Tego typu wagi zwykle współpracują z układami pakującymi, do których przekazują odważony produkt.

Ponieważ w tych wagach ważenie następuje jeszcze przed zapakowaniem produktu do opakowania jednostkowego i w związku z tym istnieje niebezpieczeństwo, iż produkt nie trafi do opakowania w całości, to tego typu wagi przeważnie nie są wykorzystywane do kontroli towarów paczkowanych, a jedynie jako urządzenia technologiczne.

W tego typu układach często spotyka się wagi, posiadające zatwierdzenie typu zgodne z dyrektywą NAWI, co dyskwalifikuje je jako urządzenia kontrolne pakujące, a zarazem przeprowadzające kontrolę zgodnie z Ustawą. W takich wypadkach legalizacja ta nie ma sensu, gdyż zastosowanie wagi jest niezgodne z obowiązującymi przepisami. Ponadto następuje ważenie produktu niezamkniętego, co stoi w sprzeczności z wymogami kontroli towarów paczkowanych.

Wielu producentów próbuje „obejść” ten problem poprzez stosowanie zewnętrznego układu sterowania, którego zadaniem jest nadzorowanie pracy wagi – swego rodzaju elektronicznego operatora, ale tego typu zabiegi nie zawsze znajdują zrozumienie wśród jednostek kontrolujących.

Dla wagi porcjującej wyróżnia się dwie klasy dokładności określane przez producenta:

- klasę odniesienia $Ref(x)$, będącą klasą odpowiadającą możliwie najlepszej klasie dokładności dla danego typu wagi przy ważeniu statycznym,
- użytkową klasę dokładności $X(x)$, będącą klasą uwzględniającą specyfikę porcjowanych materiałów, sposób instalacji, masę porcji i wydajność uzupełnioną współczynnikiem (x) , określającym mnożnik granicznej dopuszczalnej wartości odchylenia standardowego eksperymentalnego błędu (s) , przy czym wartość współczynnika (x) nie może być większa niż 2. Wartość współczynnika (x) wyraża się w postaci 1×10^k , 2×10^k , 5×10^k – gdzie k jest ujemną liczbą całkowitą lub zerem.

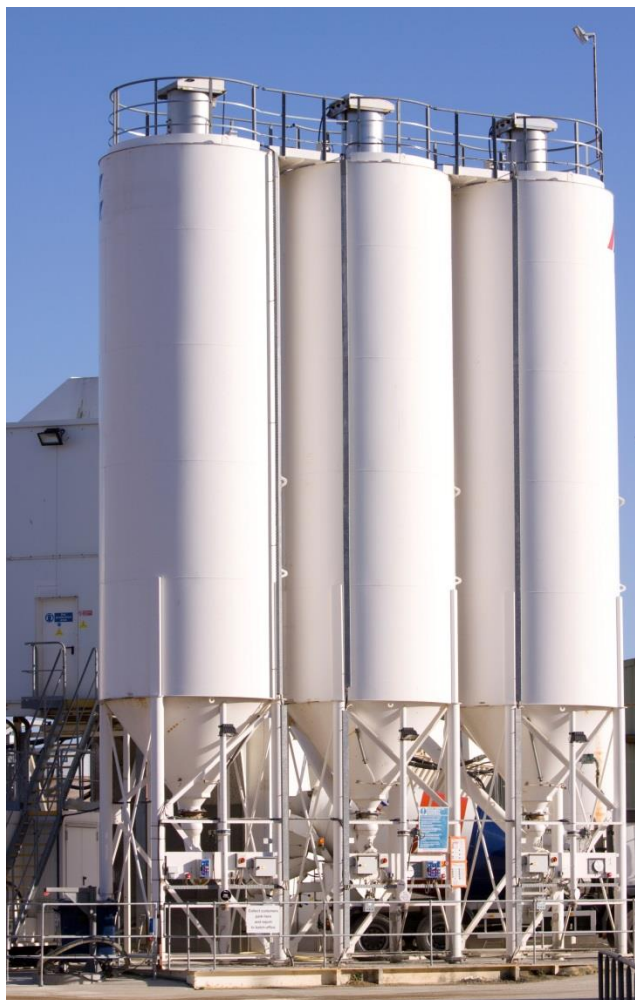
Wartość masy porcji (m)	Maksymalne dopuszczalne odchylenie każdej porcji od średniej masy dla klasy X(l)
$m \leq 50$ g	7,2 %
$50 \text{ g} < m \leq 100$ g	3,6 g
$100 \text{ g} < m \leq 200$ g	3,6 %
$200 \text{ g} < m \leq 300$ g	7,2 g
$300 \text{ g} < m \leq 500$ g	2,4 %
$500 \text{ g} < m \leq 1\,000$ g	12 g
$1\,000 \text{ g} < m \leq 10\,000$ g	1,2 %
$10\,000 \text{ g} < m \leq 15\,000$ g	120 g
$15\,000 \text{ g} < m$	0,8 %
<i>Uwaga: Obliczone odchylenie każdej porcji od wartości średniej z porcji powinno uwzględniać wpływ umownej masy kawałka materiału.</i>	

Tabela 6 Odchylenie od średniej masy porcji.

Błędy graniczne dopuszczalne wag porcjujących przy ważeniu statycznym dla klas dokładności Ref (x) w warunkach znamionowych użytkowania wynoszą 0,312 wartości maksymalnego dopuszczalnego odchylenia każdej porcji od wartości średniej z tych porcji, o których mowa w tabeli nr 6, pomnożonej przez współczynnik (x).

2.5.4. Wagi automatyczne odważające

(OIML R107 Discontinuous Totalising A.W.I.)



Rys. 7 Waga odważająca.

Ta grupa wag często nazywana jest również wagami dozującymi. Tutaj jednak przed przekazaniem produktu sypkiego lub płynnego do opakowania jednostkowego lub innego zbiornika znajduje się układ pośredni, który podlega ważeniu. Wartość końcowa naważki stanowi sumę poszczególnych ważeń jednostkowych, np. podczas zasypu wagonów lub samochodów ciężarowych.

Wagi odważająca dzieli się na cztery klasy dokładności oznaczone jako 0,2 ; 0,5 ; 1 ; 2. Zależnie od klasy dokładności wagi, dopuszczalne są różne wartości błędu granicznego:

Klasa dokładności	Błędy graniczne dopuszczalne (MPE) zsumowanego ładunku
0,2	$\pm 0,10 \%$
0,5	$\pm 0,25 \%$
1	$\pm 0,50 \%$
2	$\pm 1,00 \%$

Tabela 7 Błędy graniczne dopuszczalne wag odważających.

2.5.5. Wagi automatyczne przenośnikowe (OIML R50 Continuous Totalising A.W.I.)



Rys. 8 Waga przenośnikowa.

Wagi przenośnikowe, nazywane również wagami taśmociągowymi, to urządzenia zainstalowane pod transporterami przesyłającymi materiał masowy. W przypadku tych urządzeń wynik pomiaru jest składową wielu zmiennych: chwilowej wartości masy, prędkości i powierzchni przenośnika oraz czasu w jakim realizowany jest pomiar.

Pomiar odbywa się w sposób ciągły podczas pracy transportera.

Waga przenośnikowe dzielą się na trzy klasy dokładności oznaczone jako 0,5; 1; 2. Zależnie od klasy dokładności, przepisy określają następujące błędy graniczne:

Klasa dokładności	Błędy graniczne dopuszczalne zsumowanego ładunku
0,5	$\pm 0,25 \%$
1	$\pm 0,50 \%$
2	$\pm 1,00 \%$

Tabela 8 Błędy graniczne dopuszczalne wagi przenośnikowe.

2.5.6. Wagi automatyczne wagonowe (OIML R106)



Rys. 9 Waga automatyczna wagonowa.

Waga automatyczna wagonowa jest obecnie dość rzadko spotykanym urządzeniem pomiarowym. Zostało ono wyparte przez innego typu wagi automatyczne; takie jak wagi taśmociągowe, odważające oraz wagi dla pojedynczych ładunków, które umożliwiają przeprowadzenie pomiarów podczas załadunku lub rozładunku wagonów z dużo większą dokładnością. W przypadku wag wagonowych konieczne jest przeprowadzenie dodatkowej, czasochłonnej operacji logistycznej dla uzyskania wskazań masy. Ponadto wagi wagonowe są konstrukcjami zagłębionymi w gruncie, co czyni je podatnymi na szkodliwe warunki atmosferyczne.

Wagi wagonowe dzielą się na cztery klasy dokładności: 0,2; 0,5; 1; 2.

Błędy graniczne dopuszczalne dla wag wagonowych odnoszą się do cząstkowego pomiaru jednego wagonu spiętego lub rozpiętego oraz do pomiaru masy całego składu i wynoszą:

Klasa dokładności	Błędy graniczne dopuszczalne
0,2	$\pm 0,10 \%$
0,5	$\pm 0,25 \%$
1	$\pm 0,50 \%$
2	$\pm 1,00 \%$

Tabela 9 Błędy graniczne wag wagonowych.

2.6. Niepewność pomiaru w praktyce

Ze wszystkimi pomiarami nierozłącznie związana jest niepewność ich wyników. Podając wyniki pomiarów wielkości fizycznych, należy podać również informację ilościową o dokładności danych uzyskanych pomiarów. Jest to niezbędne dla każdego, kto wykorzystuje wyniki pomiarów w swojej pracy, aby mógł oszacować ich wiarygodność. Bez takiej informacji wyniki nie mogą być porównywane ze sobą ani z wartościami odniesienia podawanymi w specyfikacjach lub normach. Konieczne jest więc obliczanie i wyrażanie niepewności pomiaru.

Po obliczeniu wszystkich znanych lub oczekiwanych składowych błędów i po wprowadzeniu odpowiednich poprawek, pozostaje jeszcze niepewność w kwestii poprawności tak otrzymanego wyniku oraz wątpliwość, na ile wynik pomiaru dobrze reprezentuje wartość wielkości mierzonej.

Idealna metoda szacowania i wyrażania niepewności pomiaru powinna być uniwersalna, by mogła mieć zastosowanie do wszystkich rodzajów pomiarów i wszystkich typów danych wejściowych, używanych w pomiarach.

W wielu zastosowaniach przemysłowych i handlowych, w ochronie zdrowia i zapewnianiu bezpieczeństwa podawany jest często przedział wokół wyniku pomiaru, obejmujący dużą część rozkładu wartości, które w uzasadniony sposób można przypisać wielkości stanowiącej przedmiot pomiaru.

Pojęcie niepewności, jako pewnej liczbowo wyrażonej cechy, jest stosunkowo nowe w historii pomiarów, choć terminy *błąd* i *analiza błędów* od dawna są częścią metrologii.

Niepewność jest nierozzerwalnie związana z wynikami pomiarów i badań. W ostatnich latach zaczęto przywiązywać znaczącą uwagę do pojęcia niepewności – zarówno w odniesieniu do typowych pomiarów laboratoryjnych i przemysłowych, ale też przy analizach innych wyników (np. kontroli dostaw detali do produkcji).

Czym jest niepewność pomiaru? Według *Międzynarodowego Słownika Podstawowych i Ogólnych Terminów Metrologii* niepewność pomiaru (*uncertainty of measurement*) jest to związany z wynikiem pomiaru parametr, charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej.

Takim parametrem może być na przykład odchylenie standardowe lub jego wielokrotność – odchylenie standardowe z serii pomiarów jest również niepewnością. Dochodzimy w tym miejscu do podziału niepewności ze względu na pochodzenie parametrów – możemy podzielić ją na dwa rodzaje: typu A oraz typu B. W dalszej części przedstawiony zostanie również podział na niepewność złożoną i rozszerzoną.

Niepewność typu A

Metoda typu A obliczania niepewności standardowej polega na analizie statystycznej serii obserwacji. Niepewność standardowa w tym przypadku to odchylenie standardowe. Metoda ta wymaga odpowiednio dużej liczby powtórzeń pomiaru i ma zastosowanie do błędów przypadkowych. Stosuje się ją wtedy, gdy istnieje możliwość przeprowadzenia wielu powtórzeń pomiaru tej samej wielkości w identycznych warunkach pomiarowych. Przykładem może być pomiar powtarzalności wagi elektronicznej. Wykonujemy w

określonym punkcie pomiarowym (według PN-EN 45501:1992 jest to punkt bliski maksymalnemu obciążeniu) serię na przykład dziesięciu powtórzeń. Ważne jest, aby pomiary wykonać tym samym wzorcem masy, przez tego samego operatora, w miarę krótkim przedziale czasu, przy niezmiennych się warunkach środowiskowych.

Po wykonaniu pomiarów możemy obliczyć odchylenie standardowe według zależności:

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

gdzie: n – liczba powtórzeń (pomiarów)

x_i – wynik i tego pomiaru,

\bar{x} – wartość średnia wyniku pomiarów dla n powtórzeń, obliczona według zależności:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Obie zależności są znane z matematyki i powszechnie stosowane w analizach pomiarów.

Dla niepewności typu A przyjmuje się rozkład normalny, który graficznie przedstawia się za pomocą krzywej Gaussa. Do bardzo dużej ilości pomiarów (np. $n \geq 400$) możemy doświadczalnie samodzielnie wyznaczyć taką krzywą. Jest to dobry przykład, który można wykorzystać do szkolenia młodych adeptów sztuki pomiaru w celu zrozumienia zjawiska.

Niepewność pomiaru zawiera na ogół wiele składników. Niektóre z nich można wyznaczyć na podstawie rozkładu statystycznego wyników szeregu pomiarów i można je scharakteryzować odchyleniem standardowym, tak jak to przedstawiono powyżej. Inne składniki niepewności, które mogą również zostać scharakteryzowane odchyleniami standardowymi, są szacowane na podstawie zakładanych rozkładów prawdopodobieństwa opartych na doświadczeniu lub innych informacjach. Dochodzimy w ten sposób do drugiego typu niepewności – niepewności typu B.

Niepewność typu B

Niepewność typu B wyznaczana jest za pomocą analizy naukowej opartej na wszystkich dostępnych informacjach na temat zmienności wielkości wejściowej. Tymi informacjami mogą być: dane uzyskane z wcześniej przeprowadzonych pomiarów, posiadane doświadczenie, właściwości odpowiednich materiałów i przyrządów pomiarowych. Wykorzystuje się też informacje pochodzące ze specyfikacji producenta oraz niepewności związane z danymi odniesienia, uzyskane z podręczników, publikacji naukowych lub też innych źródeł. Ważną informacją są oczywiście także dane uzyskane ze świadectw wzorcowania przyrządów pomiarowych, wzorców wielkości fizycznych lub też z innych certyfikatów.

Posiłkując się wspomnianą wcześniej wagą elektroniczną, możemy określić dla niej składowe niepewności typu B, którymi są:

- wartość działki elementarnej d ,
- powtarzalność wagi, której miarą może być odchylenie standardowe wyznaczone wcześniej przez operatora lub podczas wzorcowania,
- błąd wskazania wagi określony w świadectwie wzorcowania,
- niepewność wyznaczenia błędu wskazania.

Oczywiście przy głębszej analizie, można doszukać się wielu innych parametrów, jednak w zależności od dokładności pomiaru, mogą one nie mieć wpływu na wartość niepewności. W przypadku analizy niepewności typu B, najczęściej przyjmuje się rozkład prostokątny. W związku z tym, aby obliczyć wartość niepewności, dane wielkości wejściowych w tym przypadku należy podzielić przez $\sqrt{3}$. W przypadku rozdzielczości przyrządu, kiedy można jedynie oszacować górną i dolną granicę wartości wielkości wejściowej, niepewność obliczamy, dzieląc wartość działki elementarnej przez $2\sqrt{3}$. Niepewność wyznaczenia błędu wskazania wyznaczamy, dzieląc niepewność rozszerzoną (podaną w świadectwie wzorcowania) przez współczynnik rozszerzenia k , również podany w świadectwie wzorcowania. Prowadzi to do kolejnych definicji, a mianowicie do niepewności złożonej i rozszerzonej.

Niepewność złożona

Niepewność złożona – najprościej mówiąc – to połączona niepewność typu A i typu B. W praktyce występują zazwyczaj niepewności złożone, zdarzają się jednak pewne przypadki, kiedy cała analiza niepewności sprowadza się do typu B.

Jednym z parametrów jest również tzw. współczynnik wrażliwości, związany z wielkością wejściową. Jest to pochodna cząstkowa, opisująca jak estymata wielkości wyjściowej zmienia się wraz ze zmianami wartości estymat wejściowych. Parametr ten opisuje zależność:

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial X_i} \Big|_{x_1=x_1 \dots x_N=x_N}$$

gdzie: c_i – współczynnik wrażliwości

x_i – estymata wielkości wejściowej

X_i – wartość wielkości wejściowej

Udział w złożonej niepewności standardowej określony jest zależnością:

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i)$$

gdzie: $u_i(y)$ – udział w złożonej niepewności standardowej

c_i – współczynnik wrażliwości

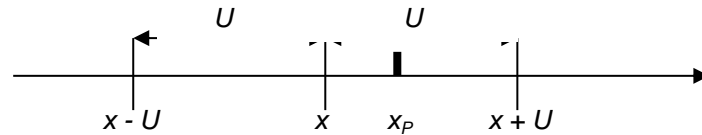
$u(x_i)$ – niepewność standardowa

Niepewność rozszerzona

Niepewność rozszerzona to wielkość definiująca przedział wartości wokół wyniku pomiaru, który zgodnie z oczekiwaniami może obejmować dużą część rozkładu wartości, które w sposób uzasadniony przypisywane są wielkości mierzonej.

Zgodnie z *Międzynarodowym Przewodnikiem Wyrażania Niepewności Pomiaru*, do oznaczania niepewności przyjęto literę u , natomiast do oznaczania niepewności rozszerzonej przyjęto literę U .

Graficznie niepewność pomiaru przedstawia poniższy rysunek:



gdzie: x – wynik pomiaru

x_p – wartość mierzona

W wyniku pomiaru wielkości x_p otrzymano wynik x . Jak widać, wynik pomiaru nie jest równy wartości mierzonej – w przyrodzie nie ma dokładnych wyników pomiarów. Można jedynie mówić o przedziale, w którym wartość mierzona się znajduje. W zależności od dokładności pomiaru oraz od niepewności z tym pomiarem związanej, przedział ten może mieć większy lub mniejszy zakres. Jest to zależne między innymi od zastosowanego wyposażenia pomiarowego, warunków środowiskowych podczas pomiarów, operatora, ale i również od poprawnej analizy niepewności pomiaru.

Współczynnik rozszerzenia k jest to liczbowy współczynnik, zastosowany jako mnożnik złożonej niepewności standardowej w celu otrzymania niepewności rozszerzonej.

Niepewność rozszerzoną opisuje więc zależność:

$$U = k \cdot u(x)$$

gdzie: U – niepewność rozszerzona

k – współczynnik rozszerzenia

$u(x)$ – niepewność złożona

W przypadkach, gdy rozkład wielkości mierzonej można scharakteryzować rozkładem normalnym (Gaussa), a niepewność standardowa związana z estymatą wielkości wyjściowej jest wystarczająco wiarygodna, standardowo stosuje się współczynnik rozszerzenia $k = 2$. Taka przypisana rozszerzona niepewność pomiaru odpowiada poziomowi ufności, wynoszącemu około 95 %. Warunki te są spełnione w większości przypadków występujących przy wzorcowaniu – dlatego międzynarodowe organizacje postanowiły, że laboratoria wykonujące wzorcowanie akredytowane przez członków EAL, będą podawać niepewność rozszerzoną pomiaru U , uzyskaną z pomnożenia niepewności standardowej $u(y)$ estymaty y wielkości wyjściowej przez współczynnik rozszerzenia $k = 2$.

Mówiąc o niepewności pomiaru, musimy pamiętać, że jest ona efektem błędów przypadkowych, jakie występują w procesie pomiarowym. Błąd pomiaru (*error of measurement*) według *Międzynarodowego Słownika Podstawowych i Ogólnych Terminów Metrologii* to różnica między wynikiem pomiaru a wartością prawdziwą wielkości mierzonej.

Zgodnie z tym źródłem możemy określić następujące błędy:

- błąd względny (*relative error*) jako stosunek błędu pomiaru do wartości prawdziwej wielkości mierzonej,

- błąd przypadkowy (*random error*) jako różnica między wynikiem pomiaru a średnią z nieskończonej liczby wyników pomiarów tej samej wielkości mierzonej, wykonywanych w warunkach powtarzalności,
- błąd systematyczny (*systematic error*) jako różnica między średnią z nieskończonej liczby wyników pomiarów tej samej wielkości mierzonej, wykonanych w warunkach powtarzalności, a wartością prawdziwą wielkości mierzonej. Z pojęciem błędu systematycznego wiąże się też poprawka (*correction*) jako wartość dodana do surowego wyniku pomiaru w celu skompensowania błędu systematycznego. Najkrócej można ją zdefiniować jako błąd pomiaru ze znakiem przeciwnym.

Poniżej przedstawiono najprostszy przykład oszacowania niepewności pomiaru przy odważaniu próbki o masie 5 gramów, za pomocą wagi elektronicznej o działce elementarnej 0,01 mg.

Według procedur szacowania niepewności pomiaru, pierwszym punktem jest określenie równania pomiaru, które będzie zawierało wszelkie elementy na niego wpływające.

W naszym przykładzie równanie przybierze postać:

$$m = m_0 + \delta m_1 + \delta m_2 + \delta m_3 + \delta m_4$$

gdzie: m – odważana masa

m_0 – zważona masa

δm_1 – rozrzut wskazań wagi

δm_2 – działka elementarna wagi

δm_3 – błąd wskazań wagi

δm_4 – niepewność wyznaczenia błędu wskazań

Po poprawnym zapisaniu równania pomiaru należy zapisać równanie niepewności pomiaru, w którym obliczamy niepewności wszystkich składowych z równania:

$$u^2(m) = u^2(\delta m_1) + u^2(\delta m_2) + u^2(\delta m_3) + u^2(\delta m_4)$$

$$c_i = 1$$

Współczynnik wrażliwości jest w tym przypadku równy 1 dla wszystkich składowych niepewności. Kolejnym punktem jest obliczenie niepewności poszczególnych składowych wielkości wejściowych:

– zważona masa – m_0 : po umieszczeniu próbki na wadze wskazała ona wartość 5000 mg (dla uproszczenia wszystkie wyniki będą podawane w mg),

– rozrzut wskazań wagi – δm_1 : na podstawie kilku serii pomiarów wyznaczono odchylenie standardowe $s = 0,02$ mg,

– działka elementarna wagi – δm_2 : działka elementarna δ zastosowanej wagi analitycznej wynosi 0,01 mg, w związku z tym niepewność pochodząca od rozdzielczości przyrządu będzie wynosić:

$$u(m_2) = \frac{0,01\text{mg}}{2\sqrt{3}} = 0,0029\text{mg}$$

– błąd wskazania wagi – δm_3 : świadectwo wzorcowania użytej wagi dla punktu 5 g podaje błąd wskazania + 0,01 mg, przy niepewności pomiaru $U = 0,02$ mg i współczynniku rozszerzenia $k = 2$. Niepewności obliczamy:

$$u(m_3) = \frac{0,01\text{mg}}{\sqrt{3}} = 0,0058\text{mg}$$

$$u(m_4) = \frac{0,02\text{mg}}{2} = 0,01\text{mg}$$

Kolejnym krokiem jest zebranie wszystkich wyników i opracowanie budżetu niepewności, dzięki któremu możemy zaobserwować, która składowa ma największy wkład w całą niepewność (Tabela 10). Wartość niepewności jest określona jako pierwiastek sumy kwadratów wszystkich niepewności składowych (udziałów w złożonej niepewności).

Symbol wielkości	Estymata wielkości	Niepewność standardowa	Rozkład prawdopodobieństwa	Współczynnik wrażliwości	Udział w złożonej niepewności
m_0	5000 mg	-	-	-	-
δm_1	0 mg	0,0200 mg	<i>normalny</i>	1	0,0200 mg
δm_2	0 mg	0,0029 mg	<i>prostokątny</i>	1	0,0029 mg
δm_3	0 mg	0,0058 mg	<i>prostokątny</i>	1	0,0058 mg
δm_4	0 mg	0,0100 mg	<i>normalny</i>	1	0,0100 mg
m	5000 mg			Niepewność	0,023 mg

Tabela 10 Przykład budżetu niepewności.

Zgodnie z procedurą, kolejnym krokiem jest obliczenie niepewności rozszerzonej U . Przyjęto w przykładzie współczynnik rozszerzenia $k = 2$, co odpowiada poziomowi ufności około 95%.

Stosując zależność opisującą niepewność rozszerzoną, omówioną wcześniej, wartość niepewności rozszerzonej obliczamy według zależności:

$$U = k \cdot u_c(m) = 2 \cdot 0,023\text{mg} = 0,046\text{mg}$$

Ostateczny wynik pomiaru, czyli wskazanie wagi przy odważaniu masy 5 gramów wynosi:

$$m = (5000,00 \pm 0,05) \text{ mg}$$

czyli wartość mieści się w przedziale od 4999,95 mg do 5000,05 mg.

Niepewność wyniku pomiaru odzwierciedla brak dokładnej znajomości wartości wielkości mierzonej. Dokładna znajomość wartości wielkości mierzonej wymaga nieskończonej ilości informacji, więc w praktyce jest raczej nieosiągalna. Zjawiska wpływające na niepewność, a tym samym na fakt, że wyniku pomiaru nie można wyrazić za pomocą jedynej wartości, to źródła niepewności. W praktyce możemy zidentyfikować wiele możliwych źródeł niepewności, którymi są między innymi:

- niepełna definicja wielkości mierzonej,
- niedoskonała realizacja definicji wielkości mierzonej,
- nieprecyzyjne pobieranie próbek, tzn. mierzona próbka nie jest reprezentatywna dla definiowanej wielkości mierzonej,
- niepełna znajomość wpływu warunków środowiskowych na procedurę pomiarową lub niedoskonały pomiar parametrów charakteryzujących te warunki,
- subiektywne błędy w odczytywaniu wskazań przyrządów analogowych,
- niedokładnie znane wartości przypisane wzorcom i materiałom odniesienia,
- niedokładnie znane wartości stałych i innych parametrów, otrzymanych ze źródeł zewnętrznych i stosowanych w procedurach przetwarzania danych,
- upraszczające przybliżenia i założenia stosowane w metodach i procedurach pomiarowych,
- rozrzut wartości wielkości mierzonej uzyskanych podczas obserwacji powtarzanych w warunkach pozornie identycznych.

Powodzenie w szacowaniu niepewności pomiaru zależy od wnikliwej i poprawnej analizy całego procesu pomiarowego. Ważne jest, aby szacowanie niepewności pomiaru było odpowiednie do jego dokładności, ponieważ nie zawsze wszystkie składowe mogą mieć wpływ na wartość wyniku pomiaru.

2.7. Kwalifikacja IQ, OQ, PQ

Jedną z pierwszych czynności związanych z projektowaniem nowego stanowiska badawczego lub pomiarowego jest wybór odpowiedniego przyrządu, który spełni oczekiwane wymagania. Wymagania te są w niektórych przypadkach określone w odpowiednich dokumentach normatywnych, opisujących daną procedurę badawczą lub pomiarową. W wielu jednak przypadkach wybór odpowiedniego wyposażenia pomiarowego spoczywa na osobie projektującej stanowisko badawcze lub pomiarowe.

Po dostarczeniu wyposażenia niezbędne jest sprawdzenie, czy dany przyrząd – układ pomiarowy jest zgodny z zamówieniem, czy spełnia nasze oczekiwania i działa poprawnie. Proces ten nazwany jest często *kwalifikacją wyposażenia pomiarowego*. Dopiero po odpowiednio przeprowadzonym procesie kwalifikacji możliwe jest włączenie wyposażenia pomiarowego do realizacji określonej procedury badawczej lub pomiarowej.



Rys. 10 Postępowanie z wyposażeniem pomiarowym przed rozpoczęciem użytkowania.

Problem kwalifikacji wyposażenia pomiarowego dotyczy wielu dziedzin z obszaru badań, pomiarów czy produkcji. Związany jest on z procesem walidacji procedur badawczych, pomiarowych czy kontrolnych.

Analizując dokumenty normatywne czy prawne, można spotkać kilka definicji walidacji. *Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane* (PKN-ISO/IEC Guide 99:2010) w punkcie 2.45 definiuje, że walidacja jest to *weryfikacja, gdzie określone wymagania są adekwatne do zamierzonego zastosowania*. Weryfikacja natomiast jest to *zapewnienie obiektywnego dowodu, że dany przedmiot spełnia określone wymagania*.

W punkcie 5.4.5.1 normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 zostało określone, że *walidacja jest potwierdzeniem, przez zbadanie i przedstawienie obiektywnego dowodu, że zostały spełnione szczególne wymagania dotyczące konkretnie zamierzonego zastosowania*.

Z kolei w punkcie 3.8.5 normy PN-EN ISO 9000:2006 *Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia* można przeczytać, że walidacja jest to *potwierdzenie przez przedstawienie dowodu obiektywnego, że zostały spełnione wymagania dotyczące konkretnego zamierzonego użycia lub zastosowania*. Norma dopowiada również, że proces walidacji można przeprowadzić w warunkach rzeczywistych lub symulowanych.

Każda z powyższych definicji sprowadza się do tego samego wniosku, czyli potwierdzenia i dostarczenia dowodu, że zastosowana procedura badawcza, pomiarowa lub kontrolna w określonych warunkach (środowisko, personel, wyposażenie pomiarowe) spełnia określone wymagania.

Jak już podkreślano, wyposażenie pomiarowe ma bardzo duży wpływ na poprawność pomiarów, dlatego też tak ważnym elementem procedury walidacji jest kwalifikacja wyposażenia pomiarowego.

Obowiązujące OBWIESZCZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 17 października 2013 r.

w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie wymagań Dobrej Praktyki Wytwarzania informuje, że *walidacja Procesu jest udokumentowanym dowodem na to, że proces funkcjonujący w zakresie ustalonych wartości parametrów może efektywnie i powtarzalnie produkować produkty pośrednie lub substancje czynne, które spełniają wymagania wcześniej ustalonych specyfikacji i własności jakościowych*.

Zgodnie z w/w dokumentem, przed rozpoczęciem czynności związanych z walidacją procesu powinna zostać zakończona odpowiednia kwalifikacja krytycznych urządzeń oraz systemów pomocniczych.

Kwalifikację wyposażenia pomiarowego przeprowadza się przez wykonanie, pojedynczo lub razem, następujących czynności:

1. Kwalifikacja Projektu (DQ): udokumentowane sprawdzenie i potwierdzenie, że projekt pomieszczeń, urządzeń i instalacji jest odpowiedni do realizacji zamierzonych działań.

W przypadku wag ogranicza się do spełnienia wymagań w zakresie funkcjonalności wagi i dokładności pomiaru.

2. Kwalifikacja Instalacyjna (IQ): udokumentowane sprawdzenie i potwierdzenie, że zainstalowane lub zmodyfikowane urządzenia lub instalacje są zgodne z zatwierdzonym projektem, zaleceniami producenta lub wymaganiami użytkownika.

Obejmuje:

- rozpakowanie,
- zgodność z zamówieniem,
- dokumentacja producenta,
- weryfikacja materiałów konstrukcyjnych,
- warunki środowiskowe,
- instalacja urządzenia.

3. Kwalifikacja Operacyjna (OQ): udokumentowane sprawdzenie i potwierdzenie, że zainstalowane lub zmodyfikowane urządzenia i instalacje działają poprawnie w całym zakresie zakładanych warunków operacyjnych.

Obejmuje:

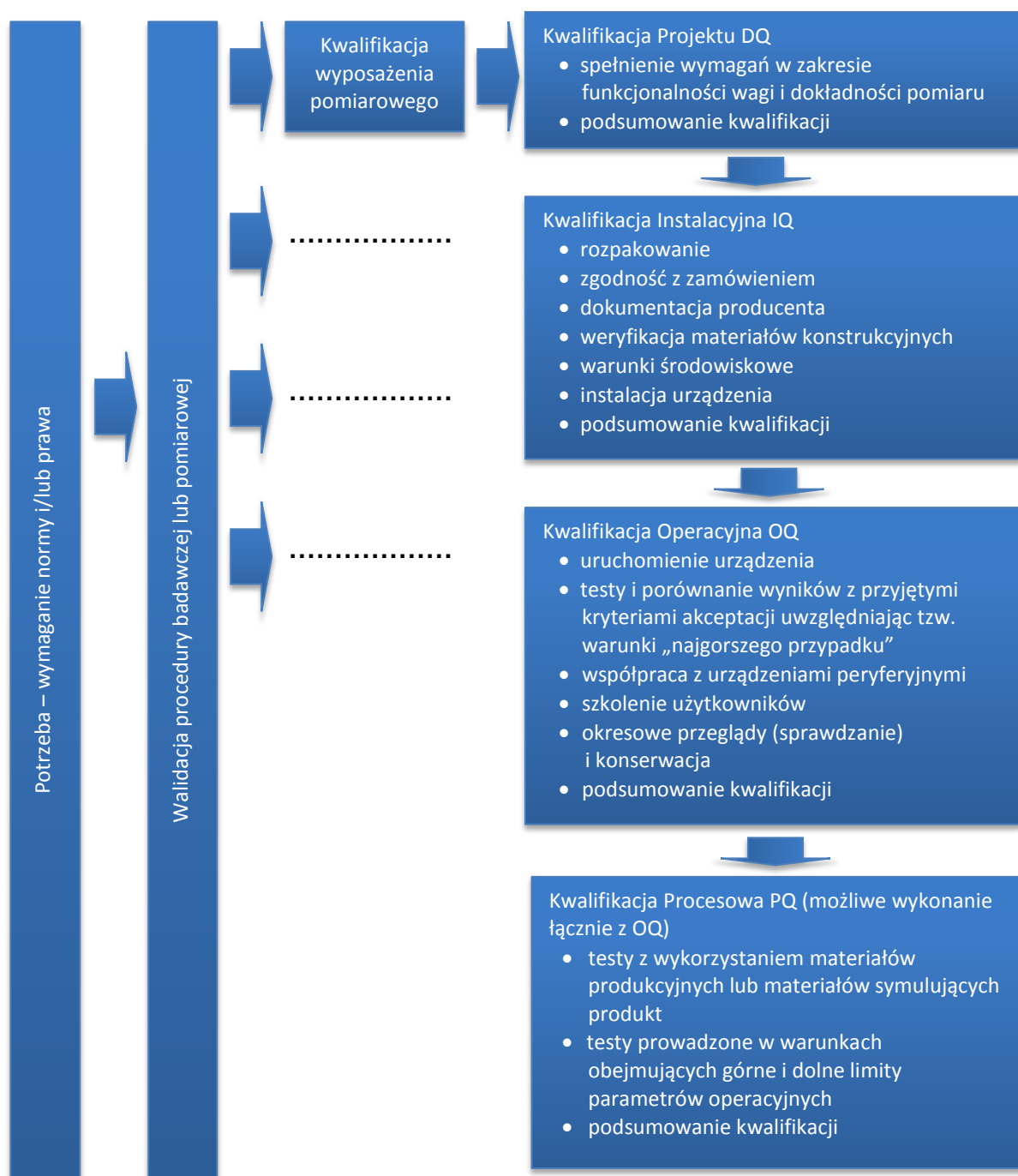
- uruchomienie urządzenia,
- testy i porównanie wyników z przyjętymi kryteriami akceptacji, uwzględniając tzw. warunki „najgorszego przypadku”,
- współpraca z urządzeniami peryferyjnymi,
- szkolenie użytkowników,
- okresowe przeglądy (sprawdzanie) i konserwacja.

4. Kwalifikacja Procesu (działania) (PQ): udokumentowane sprawdzenia i potwierdzenie, że urządzenia i instalacje pomocnicze, połączone w jedną funkcjonalną całość, mogą pracować efektywnie i powtarzalnie zgodnie z zatwierdzoną metodą prowadzenia procesu specyfikacji.

Może być wykonana razem z kwalifikacją Operacyjną (OQ).

Obejmuje:

- testy z wykorzystaniem materiałów produkcyjnych lub materiałów symulujących produkt,
- testy prowadzone w warunkach obejmujących górne i dolne limity parametrów operacyjnych.



Rys. 11 Kwalifikacja wyposażenia pomiarowego w procesie walidacji procedury badawczej.

Dokumentacja procesu kwalifikacji

Dokumentacja procesu kwalifikacji powinna zawierać opracowane w formie pisemnej następujące dokumenty:

Protokół kwalifikacji - powinien określać, jak ma być prowadzona poszczególna kwalifikacja. Powinien określać również krytyczne etapy procesu i kryteria akceptacji. Protokół powinien być oceniony i zatwierdzony przez dział jakości lub inny, wyznaczony dział.

Raport kwalifikacji - odnoszący się do danego protokołu kwalifikacji, powinien zawierać podsumowanie uzyskanych wyników, komentarze dotyczące zaobserwowanych odchyłeń, sformułowanie odpowiednich wniosków, w tym zmiany zalecane w celu skorygowania niezgodności.

Każda zmiana lub odchylenie od protokołu kwalifikacji powinny być opisane i odpowiednio uzasadnione.

Po pozytywnym zakończeniu kwalifikacji powinno być dokonane zwolnienie do następnego etapu w kwalifikacji w formie pisemnej decyzji.

Po zakończeniu prac w ramach kwalifikacji i zakończeniu ewentualnych działań wyjaśniających, należy przeprowadzić końcowy i kompletny przegląd dokumentacji w celu skontrolowania, czy zostały zrealizowane wszystkie założenia i czy kwalifikacja przebiegła bez zakłóceń. Po zakończonej weryfikacji wyników przygotowuje się podsumowanie kwalifikacji oraz wnioski końcowe o pozytywnym lub negatywnym zakończeniu kwalifikacji.

Po zakończeniu całego procesu kwalifikacji przyrządu pomiarowego, służby metrologiczne w organizacji dokonują identyfikacji wyposażenia w organizacji oraz przygotowują Kartę przyrządu (dowolnie nazwaną).

Logo LABORATORIUM		Nazwa organizacji			
KARTA ŻYCIA PRZYRZĄDU					
Numer w Rejestrze:		Nazwa przyrządu:		Typ:	Rok produkcji:
				Kod:	Producent:
		Miejsce przechowywania:		Nr fabryczny/ serijny:	Wyposażenie dodatkowe:
LP.	DATA WYKONANIA CZYNNOSCI METROLOGICZNEJ	RODZAJ CZYNNOSCI METROLOGICZNEJ	WYKONUJĄCY	TERMIN KOLEJNEJ CZYNNOSCI METROLOGICZNEJ *)	UWAGI (uszkodzenia, naprawy, włączenie do użytkowania itp.)
1.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
2.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
3.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
4.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
5.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
6.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
7.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
8.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
9.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
10.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
11.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
12.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
13.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
14.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
15.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	
16.		WZORCOWANIE		WZORCOWANIE	
		SPRAWDZENIE		SPRAWDZENIE	

*) Zgodnie z harmonogramem czynności metrologicznych opracowanym przez Kierownika ds. Technicznych

Formularz nr _____ wywołanie _____ z dnia _____ Załącznik nr _____

Rys. 12 Przykład karty przyrządu.

Karta przyrządu powinna zawierać co najmniej:

- identyfikację obiektu wyposażenia i jego oprogramowania,
- nazwę producenta, oznaczenie typu oraz numer seryjny lub inne indywidualne oznaczenie,
- sprawdzenia wskazujące, czy wyposażenie jest zgodne ze specyfikacją,
- aktualną lokalizację, jeżeli jest to właściwe,
- instrukcje producenta, jeżeli są dostępne lub informację o miejscu ich przechowywania,
- daty, kopie sprawozdań ze sprawdzeń oraz świadectw wzorcowań, regulacje,
- plan konserwacji, gdy jest to właściwe oraz konserwacje wykonane dotychczas, opis każdego uszkodzenia, wadliwego działania, modyfikacji lub naprawy wyposażenia.

Dopełnieniem dokumentacji procesu kwalifikacji może być zapewnienie spójności pomiarowej poprzez wzorcowanie wyposażenia pomiarowego.

Dodatkowo, jeśli to możliwe, nadzorowane wyposażenie pomiarowe powinno być opatrzone etykietami, oznaczeniem kodowym albo w inny sposób zidentyfikowane w celu wskazania jego statusu. Określenie statusu oprócz kwalifikacji może dotyczyć również wzorcowania, sprawdzenia lub legalizacji ponownej.

Okresowy przegląd systemów zwalidowanych

Systemy i procesy powinny być poddawane okresowej ocenie w celu sprawdzenia i potwierdzenia, że nadal funkcjonują prawidłowo w sposób, w jaki zostały zwalidowane.

Jeżeli nie wprowadzono żadnych znaczących zmian do systemu lub procesu, a przegląd jakości potwierdza, że w wyniku funkcjonowania danego systemu lub procesu niezmiennie powstaje produkt spełniający wymagania odpowiedniej specyfikacji, wtedy zwykle nie ma potrzeby przeprowadzania rewalidacji.

Zasada ta dotyczy również ponownej kwalifikacji wyposażenia pomiarowego.

Kwalifikacja wyposażenia pomiarowego jest obligatoryjna w przemyśle farmaceutycznym oraz często wykonywana w przemyśle spożywczym. Obecnie można spotkać takie postępowanie również w innych gałęziach przemysłu. Jest to spowodowane wymaganiami wprowadzonych w organizacjach systemów jakości oraz procedur jakości, gwarantujących właściwą realizację procesów badawczych lub produkcyjnych.

Aktualnie produkowane wagi i systemy wagowe, szczególnie te dedykowane do zastosowań przemysłowych, oprócz swojej podstawowej funkcji pomiarowej, posiadają rozbudowane oprogramowanie umożliwiające realizację skomplikowanych procedur produkcyjnych, są wyposażane w bazy danych, moduły statystyczne czy wielopoziomowe uprawnienia użytkowników i hasła dostępu. Takie możliwości funkcjonalne powodują, że proces kwalifikacji przyrządu pomiarowego nie ogranicza się do testów podstawowej funkcji pomiarowej, lecz niekiedy musi spełniać wymagania kwalifikacji systemów skomputeryzowanych.

Wymagania kwalifikacji mogą odnosić się do wymagań zawartych w dokumentach:

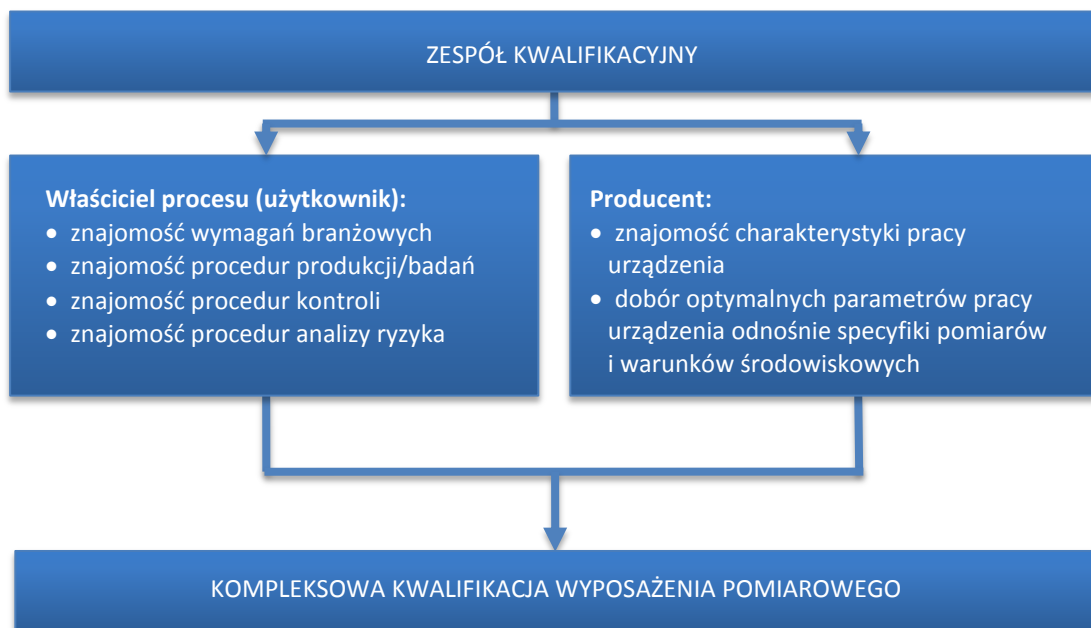
- Wytyczne GMP - Aneks 15, Aneks 11
- Przewodnik GAMP 5
- FDA – 21 CFR part 11
- Normy ISO

W przypadku wagi lub systemu wagowego posiadającego zaawansowany interfejs komunikacyjny oraz rozbudowane możliwości funkcjonalne, kwalifikacja oprócz funkcji pomiarowej powinna uwzględniać również takie elementy, jak:

- Jednoznaczna identyfikacja użytkowników (niepowtarzalny kod dostępu).
- Rejestracja wszelkich nieautoryzowanych prób dostępu do danych wrażliwych.
- Ograniczenie dostępu do systemu tylko dla osób upoważnionych.
- Poziomy uprawnień w systemie przyznane na podstawie określonych zadań w procesie.
- Kontrola poprawności i bezpieczeństwo wprowadzania i przetwarzania danych.
- Rejestracja wszystkich zmian istotnych w aspekcie GMP (generowanie „dziennika nadzoru”).
- Identyfikacja danych krytycznych np.: kod towaru, nazwa towaru, jednostka miary, numer serii itd.

Zespół kwalifikacyjny

Znając metody postępowania przy procesie kwalifikacji, należy się zastanowić, jak poprawnie przeprowadzić cały proces kwalifikacji określonego wyposażenia pomiarowego. Praktyka podpowiada, że najbardziej odpowiednią formą przeprowadzenia kompleksowej kwalifikacji jest powołanie tzw. zespołu kwalifikacyjnego, w skład którego powinien wejść przedstawiciel właściciela danego procesu (użytkownika) oraz przedstawiciel producenta danego wyposażenia pomiarowego.



Rys. 13 Zespół kwalifikacyjny.

Przedstawiciel właściciela procesu posiada niezbędną wiedzę teoretyczną i praktyczną z zakresu:

- konkretnych wymagań danej branży,
- procedur badań, pomiarów, produkcji lub kontroli, przyjętych limitów,
- procedur analizy ryzyka, związanych z danym procesem badawczym, pomiarowym czy produkcyjnym.

Przedstawiciel producenta posiada niezbędną wiedzę teoretyczną i praktyczną z zakresu:

- charakterystyki pracy danego przyrządu pomiarowego,
- doboru optymalnych parametrów pracy urządzenia w odniesieniu do specyfiki wykonywanych pomiarów,
- warunków środowiskowych, które wpływają na proces pomiarowy i dzięki temu możliwość kompensacji ewentualnych błędów lub możliwość sugestii w celu optymalizacji warunków środowiskowych.

Połączenie wiedzy obu przedstawicieli, jakie zapewnia powołany zespół kwalifikacyjny, gwarantuje poprawne przeprowadzenie procesu kwalifikacji wyposażenia pomiarowego.

3. Czujniki do pomiaru masy

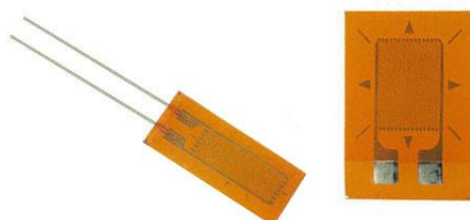
Współczesne urządzenia służące do pomiaru masy to w zdecydowanej większości urządzenia elektroniczne, które właściwie wyparty całkowicie rozwiązania stricte mechaniczne. Nie oznacza to jednak, iż obecne czujniki pomiaru masy bazują jedynie na elementach elektronicznych. Układ pomiarowy (czujnik) stanowi połączenie elementu mechanicznego z zainstalowanym na nim lub z nim współpracującym elementem elektronicznym. Dzieje się tak z prostej przyczyny – układy elektroniczne nie mają możliwości przenoszenia dużych sił, które byłyby do nich przyłożone. Natychmiast uległyby uszkodzeniu. Dlatego pomiar masy jest wykonywany w sposób pośredni, poprzez pomiar oddziaływania przyłożonej masy na nośną część czujnika, którego zadaniem jest przekazanie przyłożonej siły do układu elektronicznego. Ponieważ pomiar jest wykonywany w sposób pośredni, to mechaniczna część czujnika, wady jej wykonania są źródłem dodatkowych potencjalnych błędów pomiarowych. Producenci urządzeń wagowych lub samych czujników przykładają bardzo dużą wagę do konstrukcji mechanicznej czujnika i technologii jego wykonania, często zabezpieczając swoje rozwiązania patentami. Najdokładniejsze z czujników pomiarowych stosowane w wagach analitycznych i komparatorach masy są bardzo skomplikowanymi i zaawansowanymi technologicznie konstrukcjami.

Większość ze stosowanych układów pomiarowych bazuje na pomiarze ugięcia wywołanego przyłożoną siłą, tak jak to jest w przypadku np. czujników tensometrycznych. Najdokładniejsze układy pomiarowe działają jednak na zasadzie równoważenia siły, czyli nie mierzą siły działającej na czujnik, ale dokonują pomiaru siły potrzebnej do zrównoważenia przyłożonej masy.

Poniżej przedstawione zostały najczęściej spotykane rozwiązania czujników pomiaru masy, stosowanych w urządzeniach wagowych.

3.1. Czujniki tensometryczne

Podstawowym i najczęściej spotykanym czujnikiem wagowym jest czujnik tensometryczny, potocznie zwany tensometrem. Nazwa „tensometr” w rzeczywistości dotyczy układu pomiarowego zainstalowanego na metalowej belce, a nie całego czujnika, jednak obecnie określenie tensometr i czujnik tensometryczny stosowana jest zamiennie.



Rys. 14 Tensometr foliowy.

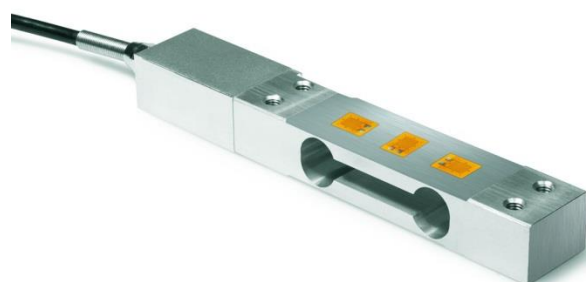
Zależnie od zastosowania, wykorzystywane są różnego rodzaju tensometry; jest to związane z warunkami pomiaru, materiałem i kształtem, na który tensometr jest naklejany, jak również z temperaturą pracy oraz rodzajem występujących obciążeń, którym poddawany będzie element pomiarowy. Obecnie najszerszej stosowany jest tensometr oporowy,

naklejany na belkę stalową lub aluminiową, tworząc w ten sposób czujnik tensometryczny.

Za jego wykorzystaniem przemawia wiele zalet:

- stosunkowo duża czułość i dokładność,
- małe wymiary,
- odporność na drgania i wstrząsy,
- duży zakres temperatury pracy,
- możliwość montowania na zakrzywionych powierzchniach,
- niska cena.

Zasada działania tensometru oporowego opiera się na właściwościach fizycznych drutu oporowego, którego rezystancja zmienia się wraz ze zmianą jego długości. Wykorzystano tę właściwość i drut oporowy naklejany jest na element odkształcający się pod wpływem działającej siły. Naklejanie tensometrów wykonywane jest za pomocą specjalnych klejów gwarantujących, iż odkształcenie elementu nośnego będzie identyczne z odkształceniem tensometru. Technologia klejenia tensometrów oraz wykonywanie elementów nośnych jest ściśle chronioną wiedzą producentów oferujących czujniki tensometryczne i stanowi o końcowej jakości wykonanego czujnika.



Rys. 15 Czujnik tensometryczny z naklejonymi tensometrami.

W zależności od ułożenia elementu oporowego wyróżnia się tensometry:

- wężykowe, w których drut oporowy jest ułożony w kształcie wielokrotnego wężyka,
- kratowe, w których druciki oporowe są ułożone równoległe i połączone na krawędziach ze sobą grubą taśmą przewodzącą,
- foliowe, najczęściej stosowane, wykonywane są w postaci siatki rezystancyjnej, z cienkiej metalowej folii, naklejonej na podkład nośny.

Zależnie od zastosowanego metalowego elementu nośnego, ten sam tensometr może zostać zastosowany w czujniku o bardzo małym udźwigu, jak i dużych tensometrach, przenoszących siły rzędu dziesiątek niutonów.



Rys. 16 Czujnik tensometryczny o udźwigu 10 kg (po lewej) i czujnik o udźwigu 30t (po prawej).

W czujnikach tensometrycznych wykorzystywane jest zjawisko zmiany rezystancji ΔR tensometru w stosunku do naprężenia mechanicznego. Zmiana ta jest liniowa, co znacząco upraszcza skalibrowanie układu odczytowego.

Zależność zmiany rezystancji tensometru od naprężenia obrazuje poniższy wzór:

$$\Delta R = kR\varepsilon = kR \frac{\Delta\sigma}{E}$$

gdzie: R - rezystancja tensometru bez naprężeń

k - stała tensometryczna czujnika

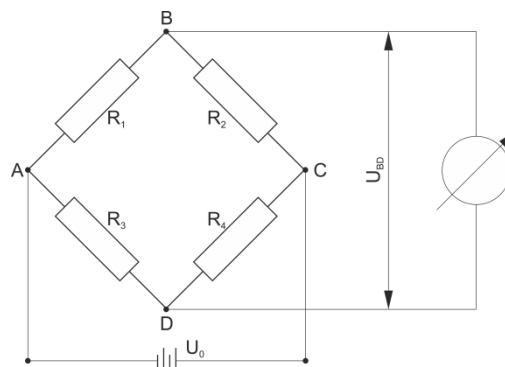
ε - wydłużenie względne

σ - naprężenie

E - moduł sprężystości Younga

Wynika z niego, iż odkształcenie względne tensometru jest wprost proporcjonalne do zmiany rezystancji. Wartość stałej k zależy przede wszystkim od materiału, z jakiego został wykonany drut oporowy oraz innych czynników, takich jak ułożenie drutu, rodzaj kleju itp. Wartość tego współczynnika określa się doświadczalnie. Stałość współczynnika k zależna jest staranności oraz jakości podzespołów montowanych w czujniku.

Tensometry stosowane w czujnikach tensometrycznych łączone są w układzie mostka Wheatstone'a; zgodnie z poniższym schematem:

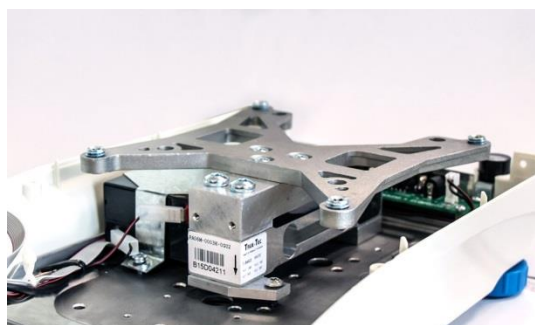


Rys. 17 Schemat układu mostka Wheatstone'a.

Mostek składa się z czterech gałęzi, utworzonych z czterech elementów. Najczęściej jest to tensometr pomiarowy R1, służący do pomiaru ugięcia. Tensometr pomiarowy kompensacyjny R2, którego zadaniem jest kompensacja wpływu zmian temperatury i wilgotności oraz dwa rezystory równoważące R3 i R4. Istnieją wykonania czujników tensometrycznych, w których stosuje się więcej niż jeden tensometr pomiarowy jednak główna zasada działania pozostaje bez zmian.

Czujniki tensometryczne początkowo były zasilane napięciem przemiennym. Pomiar w układzie zmiennoprądowym był stosowany przez wiele lat ze względu na łatwość budowy takich wzmacniaczy pomiarowych i problemy techniczne w konstrukcjach zasilaczy stałoprądowych. Obecnie czujniki tensometryczne zasilane są napięciem stałym lub rzadziej – zmiennym sygnałem prostokątnym.

Typowa rozdzielczość przetworników tensometrycznych zawiera się w zakresie od 3000 do 6000 działek, czyli inaczej mówiąc, zakres pomiarowy czujnika może zostać podzielony na 3000 do 6000 kroków. Rozdzielczość czujnika określana jest na podstawie badań certyfikujących, zgodnie z OIML R60. W wyniku przeprowadzonych testów czujnikowi nadaje się klasę od C3 do C6 (istnieją również inne klasy o większej rozdzielczości, jednak na dzień dzisiejszy czujniki tensometryczne, ze względu na ograniczenia konstrukcyjne, nie spełniają wymaganych kryteriów certyfikacji). Zgodnie z nadaną klasą czujnik może następnie zostać użyty do budowy legalizowanych urządzeń wagowych o rozdzielczości nie większej niż klasa zastosowanego czujnika.



Rys. 18 Czujnik tensometryczny wagi WLC.

Poprzez selekcję, optymalizację oraz korekcję programową możliwe jest zbudowanie urządzenia pomiarowego o rozdzielczości dziesięciokrotnie wyższej, rzędu 60 000, a nawet 100 000 działek, jednak możliwe jest to tylko dla niektórych zastosowań wagowych. Firma RADWAG opracowała i wdrożyła technologię umożliwiającą produkcję takich urządzeń, czego efektem jest seria wag precyzyjnych WLC. Zdjęcie pokazuje

typowy przetwornik tensometryczny w konstrukcji wagi WLC 6/A2.

3.1. Przetworniki magnetoelektryczne

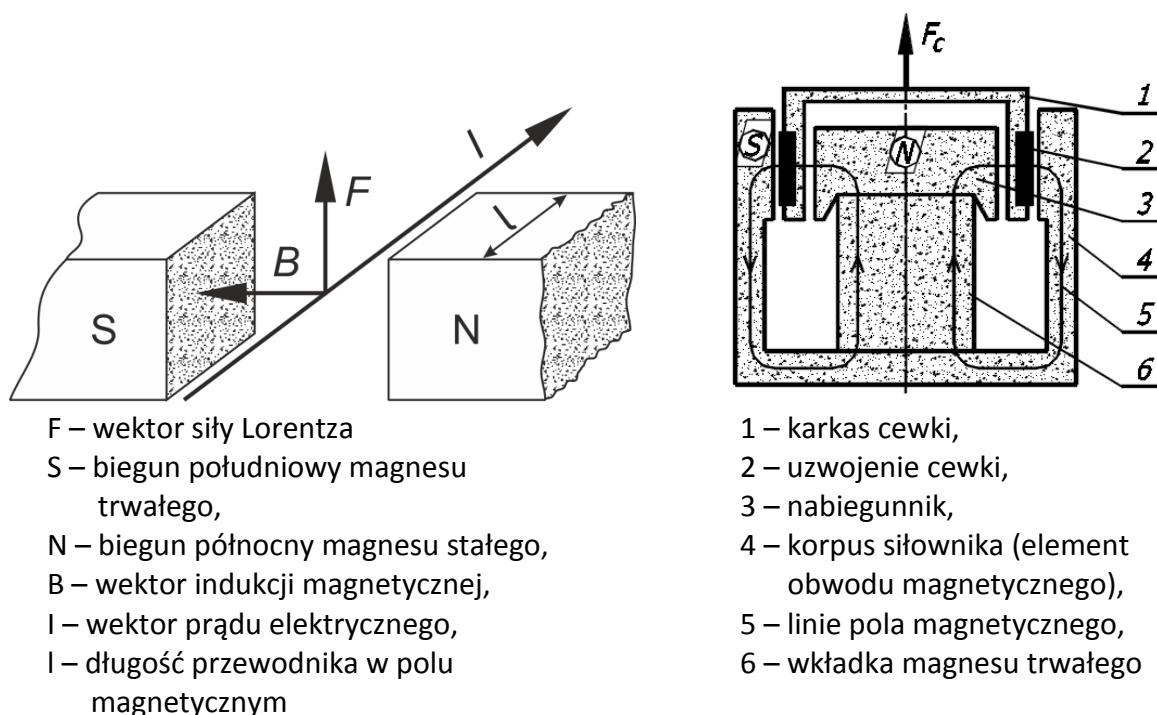
W przeciwieństwie do czujników tensometrycznych, które są najprostszymi czujnikami wagowymi, przetworniki magnetoelektryczne są bez wątpienia najbardziej zaawansowanymi technologicznie, a zarazem najdokładniejszymi urządzeniami pomiaru masy.

Powszechne zastosowanie czujników tensometrycznych w budowie wag elektronicznych, a co za tym idzie, ich masowa produkcja, spowodowały osiągnięcie bardzo wysokiego poziomu ich rozwoju. Mimo tego nie udało się opracować konstrukcji pozwalających na wykonywanie pomiarów przy dużych rozdzielczościach. Wydaje się, iż rozwój technologiczny tych czujników osiągnął kres. Powstają nadal nowe konstrukcje dedykowane do specjalnych

zastosowań, poprawiana jest ich wytrzymałość i odporność na warunki zewnętrzne, jednak dokładność pozostaje na niezmiennym poziomie.

Dlatego przetworniki magnetoelektryczne, do niedawna stosowane wyłącznie w pomiarach laboratoryjnych, coraz szerzej są stosowane w dziedzinie pomiarów przemysłowych. Przemawia za tym ich bardzo duża dokładność, szybkość ważenia oraz możliwość skompensowania masy wstępnej. W przypadku zastosowania czujnika tensometrycznego np. o udźwigu 10 kg i zabudowania na nim szalki wagowej o masie np. 5 kg, zakres pomiarowy automatycznie był ograniczony do 5 kg. W przypadku przetwornika magnetoelektrycznego istnieje możliwość skompensowania masy szalki wagowej bez ograniczania całkowitego udźwigu wagi, co w przypadku zastosowań przemysłowych ma bardzo duże znaczenie, gdyż urządzenia wagowe często zamiast typowej płaskiej szalki mają platformę wagową, w postaci ciężkiego zbiornika lub przenośnika.

W przetworniku magnetoelektrycznym wykorzystuje się zjawisko, w którym na przewodnik z prądem znajdujący się w jednorodnym polu magnetycznym działa siła elektromagnetyczna zwana też siłą Lorentza (rys. 19a).



- F – wektor siły Lorentza
- S – biegun południowy magnesu trwałego,
- N – biegun północny magnesu stałego,
- B – wektor indukcji magnetycznej,
- I – wektor prądu elektrycznego,
- l – długość przewodnika w polu magnetycznym

- 1 – karkas cewki,
- 2 – uzwojenie cewki,
- 3 – nabiegunnik,
- 4 – korpus siłownika (element obwodu magnetycznego),
- 5 – linie pola magnetycznego,
- 6 – wkładka magnesu trwałego

Rys. 19 Zasada działania siłownika elektromagnetycznego.

a) przewodnik z prądem w polu magnetycznym, b) cylindryczny siłownik elektromagnetyczny.

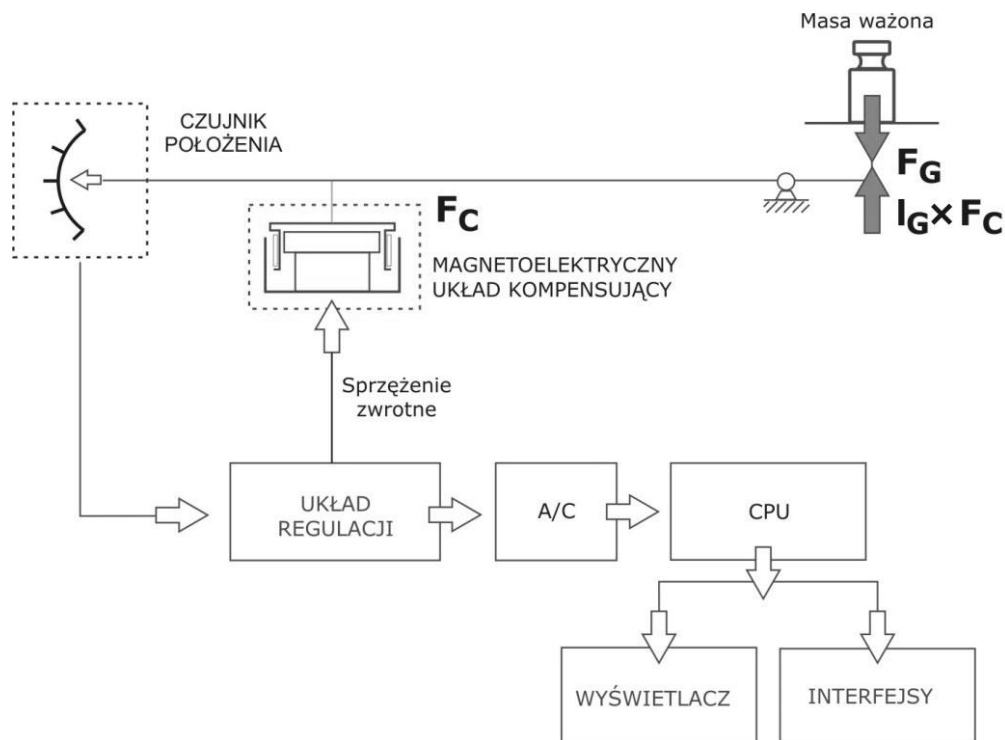
W przypadku, gdy kierunek prądu i pola magnetycznego są wzajemnie prostopadłe siła ta wynosi

$$F = I * B * l$$

- gdzie: I – prąd w przewodniku
- B – indukcja pola magnetycznego
- l – długość przewodnika

Siła F jest prostopadła do przewodnika, a jej zwrot zależy od kierunku prądu. W praktycznym wykonaniu przetwornik elektromagnetyczny, zwany też siłownikiem elektromagnetycznym, stanowi cewka, najczęściej cylindryczna, zanurzona w szczelinie obwodu magnetycznego z magnesem trwałym stanowiącym jego element (rys. 19b).

Na rys. 20 przedstawiono schemat wagi z przetwornikiem elektromagnetycznym.



Rys. 20 Schemat wagi magnetoelektrycznej.

Elektromagnetyczny mechanizm ważący składa się z szeregu powiązanych ze sobą układów:

- Układu szalki, na której umieszczana jest ważona masa.
- Mechanicznego układu transmisji obciążenia F_G z szalki do siłownika.
- Czujnika położenia, najczęściej optycznego, wskazującego wychylenie układu pod wpływem przyłożonej siły F_G .
- Układu regulacji prądu w cewce, sprzężonego z czujnikiem położenia, którego zadaniem jest zrównoważenie działającej siły i zniwelowanie powstałego wychylenia.
- Przetwornika analogowo-cyfrowego (A/C) przetwarzającego sygnał analogowy sprzężenia zwrotnego układu regulacji na wartość cyfrową.
- Układu przetwarzania i obróbki sygnału pomiarowego (CPU).
- Opcjonalnego wyświetlacza i interfejsów komunikacyjnych.

Mechaniczny układ transmisji obciążenia składa się najczęściej z układu prowadzenia szalki i układu dźwigniowego o przełożeniu I_G , którego zadaniem jest zmniejszenie obciążenia cewki siłownika zamocowanej na dłuższym ramieniu dźwigienki (końcowej w układach wielodźwigniowych). Układ ten wyposażony jest w sprężyste, beztarciowe przeguby i umożliwia pionowy ruch szalki oraz cewki w korpusie siłownika. Czujnik położenia wraz z zespołem regulatora, zapewnia stałe ustalone zanurzenie cewki w korpusie siłownika (symetryczne względem nabiegownika).

Obciążenie szalki siłą $F_G = m * g$, gdzie g jest przyspieszeniem ziemskim, powoduje przemieszczenie cewki w korpusie siłownika, które wykrywa czujnik położenia i przekazuje tę informację do układu regulacji, którego zadaniem jest sterowanie prądem w cewce w taki sposób, aby cewka zajęła swoje pierwotne położenie (jak w stanie bez obciążenia).

W tym położeniu cewki ustala się równowaga pomiędzy siłą na szalce wagi i siłą działającą na cewkę siłownika zgodnie z zależnością

$$F_G = l_G * F_C$$

Siła F_C nazywana siłą kompensacyjną, powstała w wyniku przepływu prądu kompensacyjnego przez cewkę, będącego zarazem sygnałem pomiarowym przetwarzanym następnie na wartość cyfrową.

W wagach z kompensacją elektromagnetyczną siły, ugięcia szalki (pomijając ugięcia sprężyste całego mechanizmu) są minimalne, bliskie zeru. Takie rozwiązanie umożliwia uzyskanie bardzo dużych rozdzielczości przy małych błędach wskazań.

Układ regulacyjny, zależnie od potrzeb, może działać bardzo szybko, uzyskując mniejszą dokładność, ale umożliwiając bardzo szybkie pomiary lub działać wolniej, ale z dużo większą precyzją.

Mimo pozornie prostej zasady działania, poprawne i precyzyjne działanie takich układów jest bardzo trudne do osiągnięcia. Jest to związane z dużym stopniem skomplikowania układu pomiarowego, który jest zbudowany na bazie bardzo złożonego mechanizmu dźwigniowego, wysokiej jakości układu magnetoelektrycznego, precyzyjnego układu kontroli położenia i zaawansowanego technologicznie i programowo układu elektroniki analogowo – cyfrowej. Popętnienie błędów konstrukcyjnych lub montażowych w jednym z wymienionych bloków funkcyjnych skutkuje wadliwą pracą całego układu. Z tego też powodu produkcja magnetoelektrycznych układów wagowych jest bardzo trudna i kosztowna. Wymaga wysokospecjalizowanej wiedzy w zakresie teorii pomiarów, materiałoznawstwa, magnetyzmu, elektroniki oraz specjalizowanego zaplecza produkcyjnego. Wszystkie te czynniki powodują, iż tego typu urządzenia są produkowane tylko przez kilku producentów na świecie, w tym firmę RADWAG.

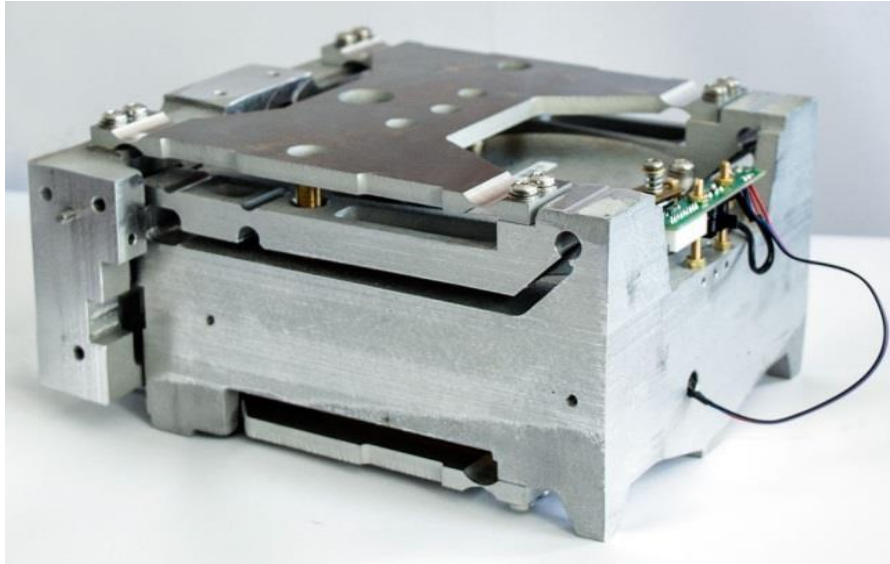
Trudności związane z opracowaniem i produkcją mechanizmów magnetoelektrycznych są rekompensowane ogromnymi rozdzielczościami, jakie są uzyskiwane na tego typu czujnikach. Obecnie najdokładniejsze układy pomiarowe pozwalają na uzyskiwanie rozdzielczości powyżej 20 milionów, przy błędzie pomiaru nieprzekraczającym kilku dziesiątek odczytowych.

Producenci przetworników magnetoelektrycznych o dużych rozdzielczościach odchodzą od stosowania przetworników A/C na rzecz impulsowej metody pomiaru. W rozwiązaniu tym cewka zasilana jest prądem impulsowym. Umożliwia to usunięcie pewnych wad mechanicznych konstrukcji wagi, a w konsekwencji pozwala osiągnąć wyższe dokładności ważenia.

Metoda ta nie wykorzystuje monolitycznego przetwornika A/C, ponieważ cewka sterowana jest bezpośrednio przez mikroprocesor, którego sygnał sterujący zawiera już informację o ważonej masie. Rozwiązanie to oparte jest na rozbudowanej dziedzinie cyfrowego

przetwarzania sygnałów i do praktycznej realizacji wymaga bardzo zaawansowanych implementacji sprzętowych, wykorzystujących min. procesory sygnałowe DSP. Takie rozwiązania są wykorzystywane w wagach o najwyższych rozdzielczościach, dochodzących do 100 milionów działek.

Poniższe zdjęcie przedstawia konstrukcję mechanizmu magnetoelektrycznego, stosowanego w serii wagi APP firmy RADWAG.



Rys. 21 Mechanizm magnetoelektryczny.

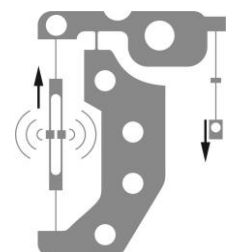
Obecnie produkowane przetworniki magnetoelektryczne dokonują pomiaru masy oraz jej digitalizacji. Uzyskaną cyfrową wartość pomiaru, zależnie od zastosowania, przetwarzają na wartość masy lub od razu wysyłają do innych urządzeń sterowniczych. Z tego względu posiadają własną jednostkę sterującą, umożliwiającą obróbkę sygnału pomiarowego, odpowiednią filtrację i obsłużenie protokołów komunikacyjnych z innymi urządzeniami.

3.1. Alternatywne czujniki pomiaru masy

Omówione w poprzednich rozdziałach dwa typy czujników pomiaru masy – czujnik tensometryczny oraz magnetoelektryczny przetwornik masy, są obecnie podstawowymi urządzeniami wagowymi, stosowanymi powszechnie na całym świecie. Nie oznacza to jednak, że nie są stosowane inne metody pomiarowe. Można spotkać na rynku urządzenia wagowe wykorzystujące czujniki kwarcowe, pojemnościowe, a nawet kamertonowe, jednak ich zastosowania mają charakter niszowy, często uwarunkowany specyficznymi warunkami pracy.

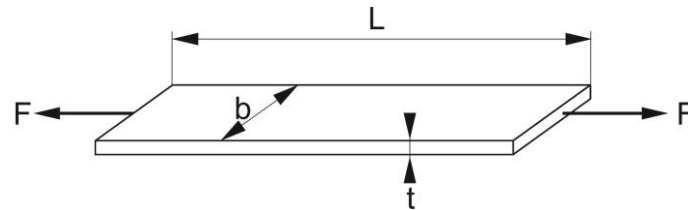
3.1.1. Czujniki Kamertonowe

Czujnik kamertonowy to bez wątpienia dosyć ciekawa koncepcja dokonywania pomiarów masy, oparta o wibrator kamertonowy, którego częstotliwość wibracji wzrasta lub maleje; zależnie od naprężenia, jakemu jest poddawany.



Rys. 22 Mechanizm kamertonowy.

Zasada działania:



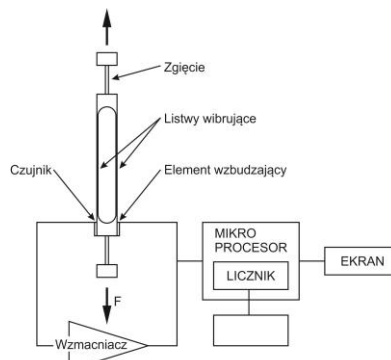
Rys. 23 Listwa wibracyjna.

Powyższy rysunek przedstawia listwę wibracyjną, której częstotliwość wyraża się wzorem:

$$F = A(1 + B \times F)$$

A i B to zmienne, określane przez wymiary listwy wibracyjnej (L , b oraz t), gęstość materiału oraz moduł Younga. Ponieważ listwa wibracyjna jest wykonana z metalu, to przyjmuje się, iż jej wymiary oraz gęstość jest stała. Współczynnik Younga również przyjmowany jest jako wartość stała, ze względu na zastosowanie specjalnego, elastycznego materiału, którego charakterystyka temperaturowa jest mniejsza niż 10ppm/°C. W rezultacie częstotliwość listwy wibracyjnej jest wystarczająco stabilna, by móc ją wykorzystać jako urządzenie pomiarowe.

Budowa listwy wibracyjnej przypomina wyglądem dwa kamertony muzyczne, połączone ze sobą do góry nogami. Jedna z części czujnika jest wzbudzana sygnałem z generatora, a druga jego część generuje częstotliwość, zależną od przyłożonej masy.



Rys. 24 Schemat wagi z czujnikiem kamertonowym.

Powyższy rysunek przedstawia uproszczony schemat wagi wyposażonej w czujnik kamertonowy. Tego typu mierniki nie są wyposażane w przetworniki A/C, ponieważ przetwarzanie danych odbywa się w całości w postaci cyfrowej. Mikroprocesor zlicza impulsy z czujnika kamertonowego i na tej podstawie oblicza masę. Jest to bardzo duża zaleta takich rozwiązań, ponieważ znacznie upraszcza jego budowę.

Ewentualne wady i zalety takiego rozwiązania najłatwiej ocenić, zestawiając czujnik kamertonowy z czujnikiem tensometrycznym i magnetoelektrycznym.

Cecha	Czujnik tensometryczny	Czujnik magnetoelektryczny	Czujnik kamertonowy
Koszty wykonania	Niskie koszty wykonania	Wysokie	Wyższe koszty wykonania w stosunku do czujników tensometrycznych
Stopień skomplikowania konstrukcji	Prosta budowa	Skomplikowana budowa	Skomplikowana budowa
Awaryjność	Mała	Mała	Mała
Liniiowość	Liniowa zależność sygnału wejściowego od wyjściowego	Nieliniowa zależność sygnału wejściowego od wyjściowego	Nieliniowa zależność sygnału wejściowego od wyjściowego
Rozdzielczość	Do 100 000 działek	Do 30 000 000 działek	Do 2 000 000 działek
Zakres ważenia	Od kilku gramów do kilkudziesięciu ton	Od ułamków miligramów do kilkuset kilogramów	Od ułamków mikrogramów do kilkuset kilogramów
Popularność	Bardzo duża	Bardzo duża	Bardzo mała

Tabela 11 Porównanie cech modułów pomiarowych.

Z powyższego zestawienia wynika, iż czujniki kamertonowe mimo kilkudziesięciu lat obecności na rynku nie osiągnęły znaczącej popularności. Nadal pozostają produktem niszowym, cieszącym się ograniczoną popularnością. Spowodowane jest to relatywnie wysokim kosztem wytworzenia przy ograniczonej rozdzielczości, jaką osiągają. Czujniki te pracują przy maksymalnej rozdzielczości 2 000 000 działek, co z jednej strony jest wartością imponującą, porównując je z czujnikami tensometrycznymi, a z drugiej dość małą, oceniając możliwości mechanizmów magnetoelektrycznych. Dodatkowo, przy swojej ograniczonej rozdzielczości są znacznie mniej odporne na warunki otoczenia w stosunku do czujników tensometrycznych. Ich zastosowanie ogranicza się więc głównie do pracy w warunkach laboratoryjnych i łagodnych warunkach przemysłowych. Z kolei w laboratoriach, dążących do maksymalizacji precyzji pomiaru, nie są w stanie konkurować z mechanizmami magnetoelektrycznymi.

3.1.2. Czujniki wag samochodowych WIM

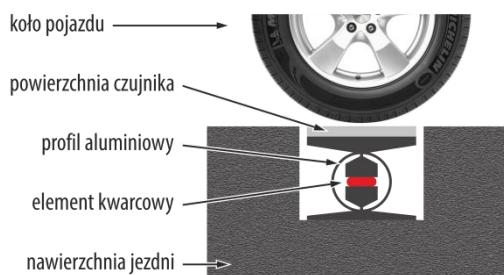
Postępujący od kilkudziesięciu lat ciągły rozwój transportu towarowego, prowadzony drogami lądowymi, ma znaczący wpływ na stan nawierzchni dróg krajowych oraz lokalnych. Drogi oraz mosty w coraz większym stopniu narażane są na niszczenie i dewastację wskutek ich eksploatacji przez przeciążone samochody ciężarowe. Wprowadzone wyrwkowe systemy kontroli pojazdów samochodowych, prowadzone za pomocą stacjonarnych wag samochodowych, nie przynoszą spodziewanych rezultatów ze względu na ich ograniczoną przepustowość. Dlatego obecnie wprowadzane są systemy WIM (Weigh In Motion), czyli systemy ważenia pojazdów samochodowych w ruchu. Założeniem ich jest możliwość montażu takich systemów na głównych drogach krajowych i monitorowanie wszystkich pojazdów przemieszczających się po nich. Dla zrealizowania tego celu konieczne było opracowanie nowych czujników pomiarowych, możliwych do zainstalowania w nawierzchni

asfaltowej. Czujniki tensometryczne i magnetoelektryczne nie nadają się do takiego zastosowania ze względu na skomplikowaną metodę montażu w nawierzchni drogowej. Ponadto, rozwiązanie takie byłoby bardzo drogie. Z drugiej strony w przemieszczającym się pojeździe zmiana nacisku osi na nawierzchnię drogową może zmieniać się nawet o 40%. W związku z tym stosowanie precyzyjnych i drogich czujników pomiarowych nie ma sensu. Dlatego w systemach WIM zdecydowano się na zastosowanie alternatywnych czujników pomiarowych, o stosunkowo małej dokładności, opracowanych pod kątem montażu w nawierzchni drogowej.

Czujniki takie są montowane prostopadle do osi jezdni, w taki sposób, by osie pojazdu przetaczały się kolejno przez układ pomiarowy. Umożliwia to pomiar wartości chwilowej nacisku koła samochodowego na nawierzchnię drogi. W tego typu rozwiązaniach najczęściej stosuje się czujniki kwarcowe, pojemnościowe oraz piezoelektryczne (polimerowe)

Czujniki kwarcowe

Jest to czujnik piezoelektryczny, umieszczany w profilu aluminiowym o specjalnej konstrukcji, ograniczającej oddziaływanie sił poprzecznych i jednocześnie zwiększających czułość w kierunku prostopadłym do powierzchni czujnika. Taka konstrukcja ogranicza siły poprzeczne, generowane przez pojazd w czasie ruchu, które przyczyniają się do zniekształceń sygnału pomiarowego. Układ działa na zasadzie indukowania ładunków elektrycznych na powierzchni dielektryka pod działaniem naprężeń mechanicznych. Czujniki montuje się w wyciętej w nawierzchni szczeliny i zalewa masą bitumiczną, zbliżoną właściwościami do parametrów asfaltu. Dzięki takiej konstrukcji czujnik nie wymaga stosowania dodatkowych elementów pośredniczących w przenoszeniu siły, pochodzącej od pojazdu i zmniejsza jego wrażliwość na zmiany temperatury asfaltu.



Rys. 25 Budowa czujnika kwarcowego.

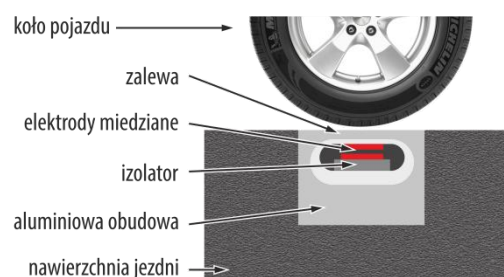
Zalety czujnika:

- duża trwałość przekraczająca 10 lat,
- duży zakres temperatury pracy (-50°C do 80°C),
- mała wrażliwość temperaturowa,
- szybka odpowiedź czujnika, umożliwiająca pomiar przy prędkości do 120 km/h,
- dobra liniowość.

Wadą czujników jest ich dość wysoka cena.

Czujniki pojemnościowe

Czujnik pojemnościowy stanowi swego rodzaju kondensator płaski. Jest to układ dwóch elektrod odizolowanych od siebie dielektrykiem, a całość jest zamknięta w profilu aluminiowym, którego



Rys. 26 Budowa czujnika pojemnościowego.

zadaniem jest mechaniczna ochrona elektrod przed uszkodzeniem i jednocześnie przenoszenie nacisku koła na czujnik. Położenie obciążenia na profil aluminiowy powoduje jego ugięcie i ściśnięcie okładzin kondensatora. W wyniku ściśnięcia okładzin ulega zmianie pojemność, jednak nie ten parametr jest wykorzystywany do odczytu wskazania masy. Czujnik podłącza się do generatora, którego częstotliwość zależna jest od pojemności kondensatora i to częstotliwość jest sygnałem wyjściowym do estymacji przyłożonej masy.

Czujniki wykonuje się jako platformy o szerokości do 500 mm, zagłębiane w nawierzchni lub jako niewielkie platformy służące do ułożenia na nawierzchni.

Zalety czujnika:

- brak oddziaływania na występowanie sił bocznych,
- możliwość wykonywania pomiarów statycznych i dynamicznych,
- dobra liniowość.

Wadą czujników jest dość mały zakres temperatur pracy oraz mała odporność mechaniczna w stosunku do czujników kwarcowych.

Czujniki polimerowe

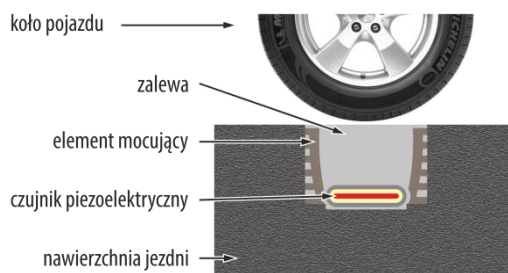
Czujniki polimerowe piezoelektryczne ze względu na dość niskie koszty wytworzenia oraz dużą wytrzymałość mechaniczną stanowią alternatywę dla czujników kwarcowych oraz pojemnościowych. Zasada działania tego typu czujników jest zbliżona do działania czujnika kwarcowego, czyli polega na indukowaniu ładunków elektrycznych na powierzchni dielektryka.

Najczęściej czujniki polimerowe są wykonywane w postaci płaskich taśm lub w postaci rurki o średnicy kilku – kilkudziesięciu milimetrów. Są montowane płytko, w kilkucentymetrowych zagłębieniach nawierzchni drogi, a następnie zalewane specjalną masą. Czujnik podczas pracy nie ma bezpośredniego kontaktu z przejeżdżającym samochodem, a siła jest przenoszona przez nawierzchnię. To powoduje powstawanie dodatkowych błędów pomiarowych. Z tego powodu system oparty o tego typu czujniki jest niestacjonarny i podatny na oddziaływanie nawierzchni zmieniającej swoje parametry pod wpływem warunków atmosferycznych.

Właściwości czujnika:

- duża wrażliwość na zmiany temperatury,
- możliwość wykorzystania tylko przy pomiarach dynamicznych,
- duża wrażliwość na oddziaływanie sił bocznych,
- niska cena.

Przedstawione powyżej trzy rodzaje czujników są najczęściej stosowanymi urządzeniami w systemach wag WIM. Sporadycznie można również spotkać tego typu systemy wagowe wykorzystujące inny rodzaj pomiaru, np. czujniki światłowodowe, jednak są to tylko pojedyncze wykonania. Wszystkie z przedstawionych rozwiązań umożliwiają wykonywanie pomiarów o bardzo małych dokładnościach, obarczonych dużym błędem i mogą być wykorzystywane jedynie jako urządzenia wstępnej kontroli masy. Dla uzyskania



Rys. 27 Budowa czujnika polimerowego.

jednoznacznych wyników każdorazowo konieczne jest wykonanie pomiaru na wadze stacjonarnej, wyposażonej w czujnik tensometryczny.

Warto dodać, iż często mówi się o czujnikach indukcyjnych, wykorzystywanych w systemach WIM, przypisując im funkcję pomiaru masy, co nie jest prawdą. Tego typu czujniki, ułożone w postaci pętli indukcyjnej, nie odpowiadają za zebranie informacji o masie, ale umożliwiają odczytanie tzw. profilu magnetycznego pojazdu i na jego podstawie rozpoznanie, jakiego typu samochód przejeżdża przez stanowisko pomiarowe i ile ma osi, co z kolei jest niezbędne do obliczenia poprawnej wartości masy całego samochodu.

4. Moduły wagowe

W poprzednich rozdziałach omówione zostały podstawowe czujniki służące do pomiaru masy: ich możliwości, wady oraz zalety. Jednak nawet najlepiej dobrany czujnik nie zagwarantuje dobrej pracy urządzenia wagowego, jeżeli sygnał z przetwornika masy nie zostanie poprawnie odebrany, zdigitalizowany, a następnie umiejętnie przetworzony na wartość masy.

Moduły wagowe to urządzenia będące elementem pośrednim pomiędzy czujnikiem masy, a wyświetlaczem wagowym, terminalem lub sterownikiem PLC. Ich zadaniem jest zasilanie czujnika wagowego oraz odebranie i przetworzenie sygnału zwrotnego. Najprostsze moduły wagowe są zdolne jedynie do przetworzenia sygnału z czujnika masy na sygnał ustandaryzowany w urządzeniach przemysłowych, a więc ich wyjściową wartością jest najczęściej sygnał analogowy 0 – 10V, 0 – 20mA lub najpopularniejszy sygnał 4 – 20 mA.



Rys. 28 Moduł wagowy analogowy firmy N.B.C. Elettronica.

Tego typu moduły nie dokonują obróbki sygnału czujnika, ani nie posiadają funkcji kalibracyjnych. Wszystkie funkcje związane z filtrowaniem sygnału muszą zostać przejęte przez jednostkę nadrzędną, którą najczęściej jest sterownik PLC. Powoduje to obciążenie sterownika dużą ilością obliczeń, zmniejszając jego wydolność. Wymaga również od programisty obsługującego taki moduł dużej wiedzy z zakresu metrologii w celu poprawnego przetworzenia sygnału i zamiany go na zdigitalizowany sygnał, przedstawiony w jednostkach masy. Urządzenia tego typu nie mogą posłużyć do budowy układów wagowych zgodnych z dyrektywami NAVI lub MID i nie mogą być legalizowane. Wszystkie te niedogodności powodują, iż moduły wagowe analogowe są stosowane bardzo rzadko i tylko w bardzo prostych aplikacjach wagowych.

Z powyższych względów obecnie najczęściej stosowane są moduły wagowe cyfrowe, które posiadają funkcjonalność identyczną ze standardową wagą, a ze względu na ich zastosowanie w warunkach przemysłowych dodatkowo są rozbudowywane o dodatkowe funkcje, umożliwiające sterowanie procesami zautomatyzowanymi.

Na rynku są dostępne dwa rodzaje modułów wagowych:

- moduły wagowe tensometryczne,
- moduły wagowe magnetoelektryczne.

4.1. Moduły wagowe tensometryczne

Podstawowym i najczęściej wykorzystywanym modułem wagowym jest moduł tensometryczny. Jest to związane z powszechnym wykorzystywaniem czujników tensometrycznych w procesach przemysłowych. Pierwotnie czujniki tensometryczne podłączane były bezpośrednio do sterowników PLC i za ich pomocą budowano samodzielne układy wagowe, co ze względu na stopień skomplikowania często kończyło się niepowodzeniem. Innym rozwiązaniem było zastosowanie standardowych wag przemysłowych, których zadaniem było wykonanie pomiaru i przekazanie go do sterownika PLC lub komputera sterującego. To rozwiązanie, nadal często spotykane, nie zawsze się sprawdza, ponieważ waga to urządzenie wyposażone w wyświetlacz oraz przyciski sterujące, co w obecnie stosowanych scentralizowanych układach sterowania stanowi poważny problem nieuprawnionego dostępu osób trzecich do miernika wagowego i zmiany jego nastaw. Powoduje również wprowadzenie na linię dodatkowego pulpitu sterującego, często zlokalizowanego w trudno dostępnym miejscu. Ponadto, wagi nie są przystosowane i w odpowiedni sposób oprogramowane, tak by móc być w pełni sterowane zdalnie. Rozwiązaniem wszystkich tych problemów są moduły wagowe, które posiadają funkcjonalność zbliżoną do wag, natomiast są pozbawione wyświetlaczy, a ponadto umożliwiają jednoczesną współpracę z kilkoma urządzeniami nadrzędnymi. Mogą wykonywać samodzielnie procesy dozowania i doważenia dzięki zaimplementowanym algorytmom. Mogą jednocześnie współpracować ze sterownikami PLC, terminalami i komputerami. Dzięki wbudowanym modułom wejść/wyjść mogą samodzielnie wykonywać zaprogramowane procesy produkcyjne.

Moduł wagowy jest wyposażony w dedykowane złącze, umożliwiające podpięcie czujnika tensometrycznego, układ przetwornika analogowo cyfrowego, procesor sterujący oraz posiada interfejsy komunikacyjne, umożliwiające podłączenie urządzeń zewnętrznych.



Rys. 29 Schemat połączeń tensometrycznego modułu wagowego MW-01.

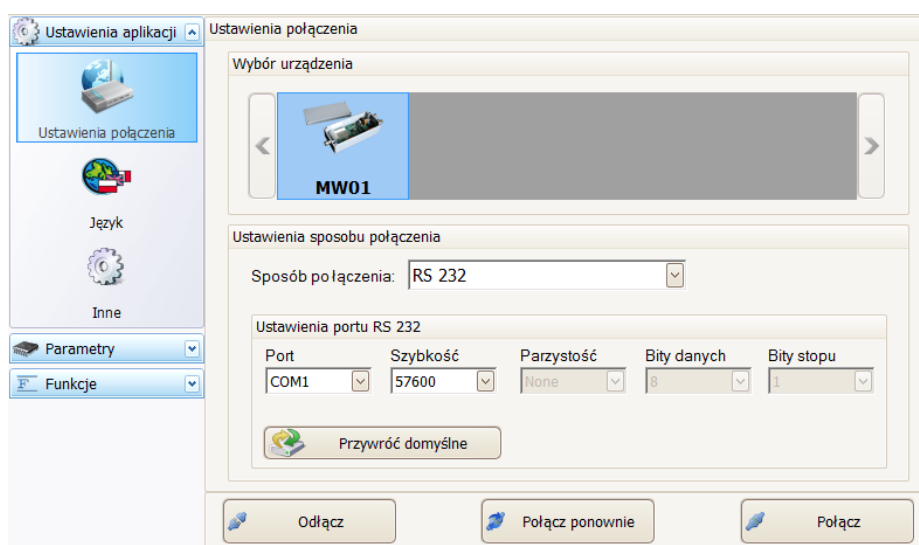
Powyższy schemat przedstawia moduł wagowy firmy RADWAG typu MW-01.

Miernik może współpracować z pojedynczymi czujnikami tensometrycznym lub grupą tensometrów, tworzących jeden układ wagowy. Może pracować w układzie samodzielnego stanowiska wagowego i/lub być jednym z komponentów budowy systemu sterowania, zawierającego proces ważenia. Jego oprogramowanie zostało przygotowane do pracy zdalnej, niewymagającej podłączenia wyświetlacza czy przycisków sterowniczych. Oznacza to, iż edycja wszystkich parametrów jest dostępna poprzez interfejsy komunikacyjne, a ponadto moduł może autonomicznie wykonywać zaprogramowane funkcje. Taka konfiguracja urządzenia umożliwia bezpośrednie przesłanie nastaw i wydanie polecenia,

uruchamiającego pracę autonomiczną np. dozowanie. Z jednej strony pozwala to zwolnić zasoby obliczeniowe jednostki nadrzędnej, a z drugiej poprawia warunki działania procesu, ponieważ likwidowane są opóźnienia, związane z bieżącym przestaniem danych.

Często spotykaną aplikacją jest wspomniane wcześniej dozowanie. Algorytm działania procesu jest budowany następująco: z poziomu panelu sterującego lub sterownika PLC jest wysyłana informacja do modułu o wymaganej nastawie dozowania. Następnie, po potwierdzeniu ze strony modułu przyjęcia nastawy, wysyłany jest rozkaz START poprzez protokół komunikacyjny lub szybkie wejścia przekaźnikowe. Układ wagowy rozpoczyna samodzielnie dozowanie jedno lub dwuprogowe, wysyłając jednocześnie do sterownika informację o statusie pracy. Dozowanie jest realizowane według wewnętrznego algorytmu pracy modułu, zapewniając szybką reakcję na zmiany masy, a więc nie dopuszczając do występowania przesypów czy przelewów, związanych z opóźnieniami w reakcji systemu sterowania na przyrost masy. Po zakończeniu procesu moduł przesyła informację do sterownika, może podać rzeczywiste wartości, które zostały zadozowane i przechodzi do trybu oczekiwania na kolejny rozkaz.

Ponieważ oprogramowanie przez użytkownika wszystkich parametrów modułu byłoby trudne i czasochłonne, to parametryzację i kalibrację miernika można zrealizować za pomocą dołączonego oprogramowania narzędziowego, a w sterowniku PLC zaimplementować tylko niezbędne polecenia.



Rys. 30 Okno programu MW Manager.

Program narzędziowy MW Manager działa na platformie Windows i w sposób intuicyjny pomaga użytkownikowi sparametryzować podłączony moduł wagowy. Automatycznie wykrywa urządzenie, z którym się komunikuje, pozwala na zdefiniowanie wszystkich parametrów metrologicznych urządzenia oraz umożliwia przeprowadzenie procesu kalibracji. Pozwala też na uruchomienie i przetestowanie funkcji specjalnych, związanych z procesami automatycznymi typu dozowanie, doważanie itp.

Moduł wagowy MW-01 jest bardzo szybkim i precyzyjnym układem pomiarowym, stosowanym zarówno w pomiarach statycznych, jak i dynamicznych. Posiada Test Certyfikat, umożliwiającą wykorzystanie go do budowy certyfikowanych układów pomiarowych klasy III, o rozdzielczościach do **10 000 działek legalizacyjnych**, co jest całkowicie wystarczające i świadczy tylko o wysokiej precyzji miernika, ponieważ ze względu na ograniczenia techniczne

czujników tensometrycznych, nie można zbudować wagi legalizowanej o rozdzielczości przekraczającej 6 000e.



Rys. 31 Interfejsy komunikacyjne modułu wagowego MW-01.

W przypadku modułów wagowych szczególnie ważną rolę odgrywa możliwość łatwej komunikacji miernika z innymi urządzeniami linii, dlatego większość tego typu urządzeń posiada wbudowane interfejsy RS 232, RS485, Ethernet i Profibus. Dzięki dużej uniwersalności są łatwe do implementacji w różnego rodzaju aplikacjach sterowania automatycznego. Moduły mogą być adresowane, co w połączeniu z ich możliwościami autonomicznej pracy, umożliwia podłączenie kilku takich mierników do jednego urządzenia sterującego. Budowane są również moduły wagowe, które umożliwiają podłączenie do nich kilku platform wagowych i sterowanie nimi w niezależny sposób.



Rys. 32 Moduł wagowy MW-04.

Przykładem takiego rozwiązanie jest moduł wagowy MW-04, który ma możliwość obsługi czterech platform wagowych. Zastępuje on cztery moduły MW-01 i oferuje dodatkowe

możliwości w przypadku wykorzystania pracy autonomicznej miernika. Można za jego pomocą zrealizować proces doważania lub recepturowania, wykorzystujący cztery niezależne platformy wagowe, o różnych udźwigach i dokładnościach. W takim przypadku do miernika przesyłana jest receptura, uwzględniająca przydział składników do poszczególnych platform, po czym moduł rozpoczyna realizację receptury. Po zakończeniu procesu moduł, podobnie jak miernik MW-01, przesyła informację o zakończeniu pracy oraz uzyskanych naważkach.

Charakteryzując tensometryczne moduły wagowe, można określić ich podstawowe cechy:

- brak wyświetlacza,
- kompaktowe wymiary,
- szerokie możliwości komunikacyjne,
- przystosowanie do pracy w trudnych warunkach otoczenia,
- możliwość autonomicznej pracy,
- względnie duża rozdzielczość pomiarowa,
- obsługa kilku platform wagowych,
- możliwość budowy certyfikowanego układu pomiarowego,
- łatwość konfiguracji.

Te główne cechy modułów tensometrycznych stanowią o ich szerokim zastosowaniu w przemysłowych systemach sterowania, aplikacjach dozujących recepturujących oraz w dynamicznych pomiarach masy. Ich głównym ograniczeniem, jako układu pomiarowego, jest współpraca z czujnikiem tensometrycznym, który nie osiąga wysokich rozdzielczości, obecnie coraz częściej wymaganych przez użytkowników. Do takich rozwiązań konieczne jest zastosowanie modułu wagowego magnetoelektrycznego.

4.2. Moduły wagowe magnetoelektryczne

W poprzednich rozdziałach omówiona została zasada działania magnetoelektrycznego przetwornika siły – najdokładniejszego czujnika pomiarowego dostępnego na rynku. W oparciu o ten mechanizm powstają wagi laboratoryjne i komparatory – a więc najdokładniejsze urządzenia pomiaru masy. Obecnie dostrzeżony został potencjał tych mierników w szeregu zastosowań przemysłowych. Przygotowane zostały rozwiązania spełniające wysokie rygory odporności elektrycznej oraz mechanicznej, wymaganej w warunkach przemysłowych. Mechanizmy zostały wzmocnione i odpowiednio zabezpieczone przed wpływem czynników zewnętrznych, na jakie mogą być narażone, pracując w ciężkich warunkach linii produkcyjnych.



Rys. 33 Przemysłowy moduł magnetoelektryczny typu MWMH.

Dzięki zastosowanemu mechanizmowi magnetoelektrycznemu zachowały one swoją podstawową właściwość – brak ugięcia zespołu pomiarowego pod wpływem działającej siły. Właściwość ta umożliwia uzyskanie bardzo dużych rozdzielczości przy małych błędach pomiaru. Jak to zostało wykazane, jest to bardzo duża zaleta w porównaniu z przetwornikami tensometrycznymi, gdzie ugięcie jest miarą przyłożonej siły. Stąd uzyskuje się nawet tysiąc razy większą rozdzielczość pomiaru. Kolejną, nie mniej ważną zaletą takich rozwiązań, jest bardzo duża szybkość działania oraz stabilność parametrów metrologicznych w czasie. Moduły te są znacznie bardziej odporne na zmiany temperatury czy wilgotności w porównaniu do czujników tensometrycznych. Zawdzięczają to kompensacji temperaturowej, której są poddawane na etapie produkcji.

Przetworniki analogowo – cyfrowe, stosowane w modułach magnetoelektrycznych, digitalizują sygnał z rozdzielczością dochodzącą do 24 bitów, czyli 16 milionów działek, co determinuje konieczność przeprowadzania kompensacji temperaturowej miernika, ponieważ wartości współczynników temperaturowych podzespołów mechanicznych oraz elektronicznych są o rząd lub dwa rzędy wielkości wyższe niż dopuszczalny błąd tak dokładnego urządzenia ważącego. Oczywiście w warunkach przemysłowych często bardzo duże rozdzielczości nie są potrzebne, z uwagi na małe dokładności regulacyjne maszyn, nie mniej jednak wprowadzona korekcja temperaturowa gwarantuje bardzo stabilną i niezmienną w czasie pracę mechanizmu.

Moduły magnetoelektryczne to urządzenia do bardzo precyzyjnego pomiaru masy, można powiedzieć: wagi precyzyjne lub analityczne, przystosowane do pracy w warunkach przemysłowych. Ich dodatkową zaletą jest autonomiczna praca, niewymagająca połączenia z głowicą odczytową.

Zazwyczaj posiadają możliwość zastosowania specjalnej szalki, dostosowanej do wymagań aplikacji lub procesu. Podobnie jak moduły tensometryczne, przystosowane są do współpracy z systemami automatyki lub maszynami i urządzeniami. Często są elementem składowym maszyny, urządzenia lub linii technologicznej.

Udźwigi i rozdzielczości są identyczne jak dla wag analitycznych i precyzyjnych. Możemy ważyć przedmioty z dokładnością do 0,000001g. Maksymalne udźwigi są zazwyczaj na poziomie 64kg, zaś rozdzielczości pomiarowe dochodzą do 20 000 000 d.

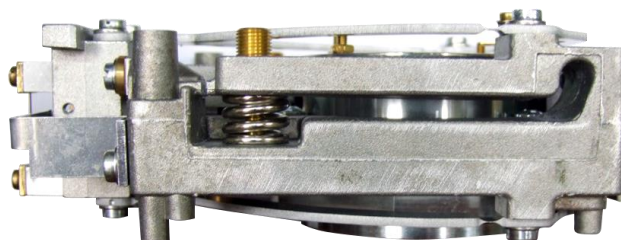
Moduł wagowy składa się z mechanizmu magnetoelektrycznego wraz z przetwornikiem A/C oraz opcjonalnym zestawem interfejsów komunikacyjnych, podobnie jak w przypadku modułów tensometrycznych.



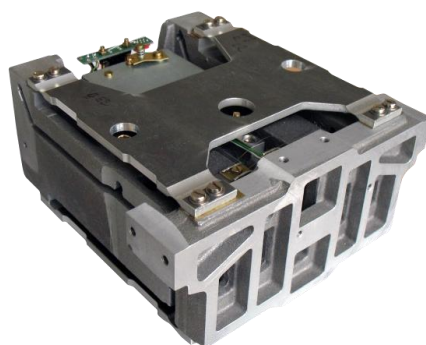
Rys. 34 Moduł wagowy typu MPSH.

Mechanizm magnetoelektryczny stosowany w modułach jest identyczny z tym, który stosowany jest w typowych wagach magnetoelektrycznych, tzn. wykorzystując metodę kompensacji magnetoelektrycznej bardzo precyzyjnie przetwarza masę na sygnał elektryczny.

Wbudowany moduł przetwornika A/C dostarcza cyfrową, przefiltrowaną informację o mierzonej masie. Za pomocą odpowiednich poleceń urządzenie sterujące może przeprowadzić kalibrację, zerowanie, tarowanie oraz realizację wielu innych funkcji pozwalających wykonywać wymagany proces.



Rys. 35 Mechanizm magnetoelektryczny wykorzystywany do budowy modułów MAS.



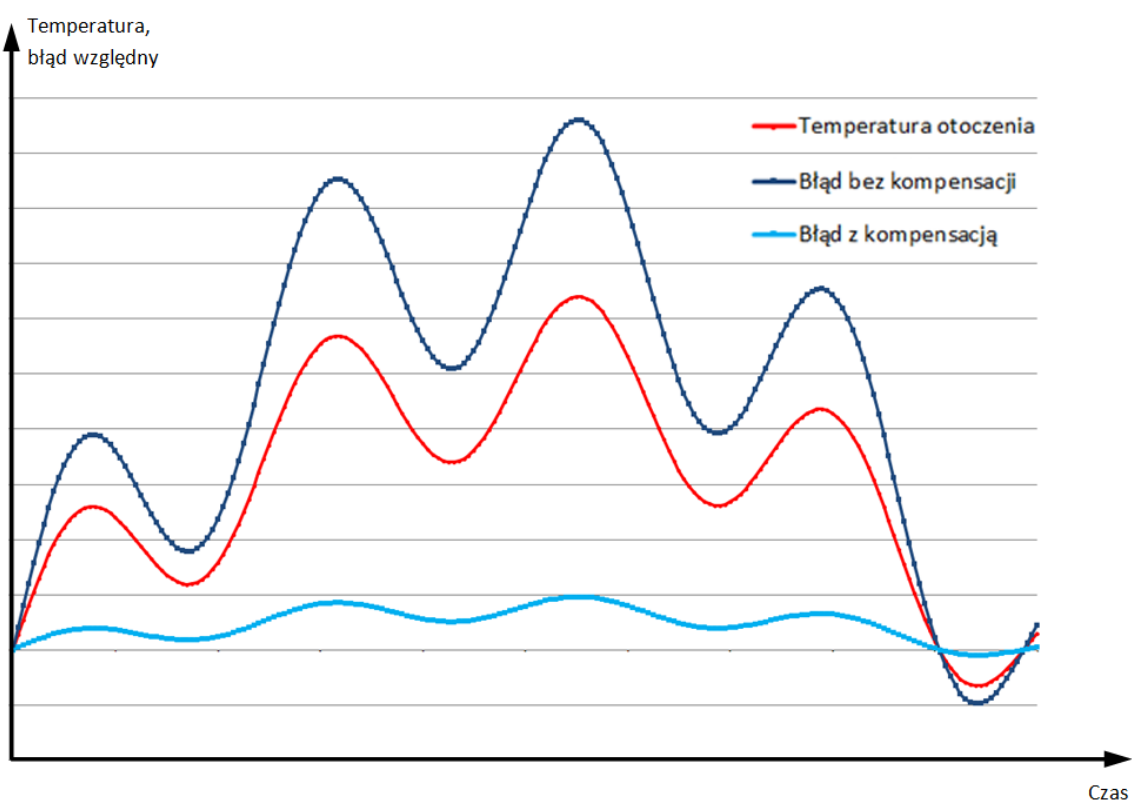
Rys. 36 Mechanizm magnetoelektryczny wykorzystywany do budowy modułów i platform HRP.

Jak już zostało wspomniane, pod względem oprogramowania i możliwości funkcjonalnych moduły magnetoelektryczne mają takie same możliwości jak moduły tensometryczne, czyli

rozbudowane interfejsy RS 232, RS 485, Ethernet oraz Profibus. Mogą sterować urządzeniami wykonawczymi poprzez człon I/O (szybkie wejścia, wyjścia tranzystorowe). Mają zaimplementowane algorytmy autonomicznej pracy, więc mogą być wykorzystywane w identyczny sposób jak wspomniane moduły tensometryczne. Magnetoelektryczne moduły wagowe firm RADWAG współpracują również z przedstawionym w poprzednim rozdziale oprogramowaniem narzędziowym MW Manager, zapewniającym ich łatwą konfigurację. Ponieważ rozwiązania tego typu są również stosowane w procesach wymagających bezpośredniego odczytu masy, moduły mają możliwość podłączenia wyświetlaczy wagowych i współpracy z terminalami wagowymi, co upodabnia je do wag przemysłowych przy zachowaniu wszystkich atutów mechanizmu magnetoelektrycznego.

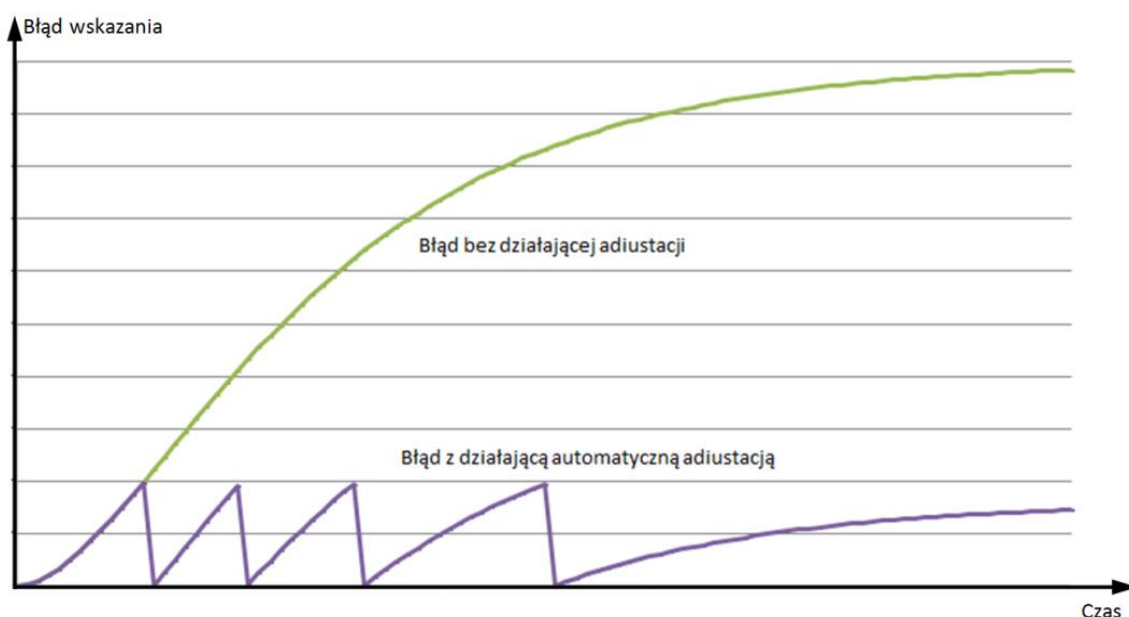
W najdokładniejszych modułach magnetoelektrycznych dużych rozdzielczości dodatkowo stosowana jest tzw. automatyczna wewnętrzna adjustacja – czyli proces kontroli wagi masą wzorcową, która automatycznie wprowadza poprawki, korygujące pracę miernika w czasie pracy lub w przypadku wystąpienia zmian temperaturowych otoczenia.

Zastosowana kompensacja temperaturowa oraz wewnętrzna, automatyczna adiustacja gwarantują zawsze dokładny pomiar, likwidując wpływ temperatury, pochylenia wagi, miejsca użytkowania i upływu czasu co przedstawia poniższy schemat.



Rys. 37 Wykres poglądowy, pokazujący zasadę działania kompensacji temperaturowej.

Uwzględniając fakt, że siła ciężkości zależy od przyspieszenia ziemskiego, różnego w różnych częściach globu, wskazanie wagi będzie również zależać od miejsca jej użytkowania. Ten potencjalny błąd również jest niwelowany poprzez działanie automatycznej, wewnętrznej adiustacji.



Rys. 38 Wykres działania adiustacji automatycznej.

Powyższy wykres (Rys. 38) przedstawia proces automatycznego adiustowania modułu wagowego, realizowanego ze względu na występowanie zmian temperaturowych podczas pracy urządzenia. Ponieważ moduły wagowe wyposażone w wewnętrzny odważnik kalibracyjny i wykonują wspomnianą adiustację każdorazowo podczas włączenia do sieci, to również błąd związany ze zmienną wartością przyspieszenia ziemskiego jest automatycznie niwelowany.

Opisany proces adiustacji jest realizowany przez specjalny układ elektromechaniczny, wbudowany w moduł w miernikach o najwyższych dokładnościach. Pozostałe typy modułów nie są wyposażane w takie rozwiązanie, gdyż błędy niwelowane przez odważnik wzorcowy są możliwe do zauważenia dopiero w wagach o dokładnościach odczytu 0,001g i większych.

W procesach przemysłowych najczęściej nie ma potrzeby wykorzystywania tak dokładnych mierników, a ponadto często proces technologiczny nie zezwala na opróżnienie szalki wagowej i wykonanie adiustacji, tak jak to jest w przypadku wbudowania układu magnetoelektrycznego w inną maszynę pracującą w zdefiniowanym cyklu lub włączenie modułu wagowego w cykl linii produkcyjnej.

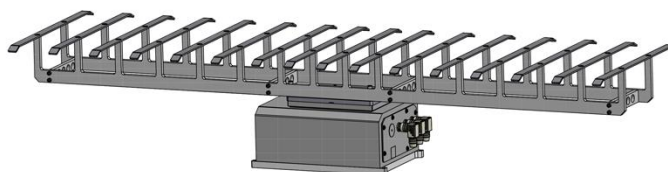
Poniższy rysunek przedstawia fragment maszyny dozująco – pakującej kilogramowe opakowania z częstotliwością przekraczającą 60 opakowań na minutę. Zadaniem modułu wagowego jest sprawdzenie masy zapakowanego produktu w czasie jednego cyklu, czyli w ciągu 1 sekundy, przy czym około 0,5 sekundy to czas przesuwania opakowania i wprowadzania na szalkę wagową. Moduł wagowy dokonuje więc pomiaru i oceny opakowania w czasie poniżej 0,5 sekundy. Jest to tryb pracy nieosiągalny dla standardowych modułów tensometrycznych, które stabilizują wynik pomiaru znacznie dłużej, a ponadto

podczas pracy zmienia się wartość wskazania zera, powodując konieczność wykonywania procedury zerowania. Moduł magnetoelektryczny działa poprawnie mimo braku możliwości wykonywania adiustacji.



Rys. 39 Moduł wagowy zintegrowany z maszyną pakującą.

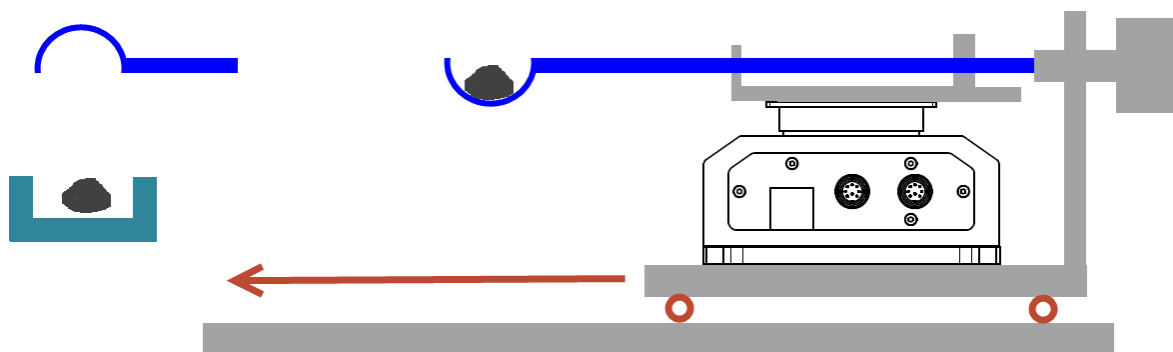
Innym przykładem zastosowania szybkiego modułu magnetoelektrycznego jest wykonany i wdrożony układ ważenia samochodowych mat wygłuszających, oparty o moduł magnetoelektryczny RADWAG MWMH 200. Podobnie jak w powyższym przykładzie, moduł został zabudowany w maszynie konfekcjonującej maty i stanowi jego integralną część. Zadaniem układu wagowego jest ocena jakości tkaniny na podstawie jej masy i przekazanie informacji do sterownika PLC. O zastosowaniu modułu magnetoelektrycznego zdecydowały bardzo duże wymiary maty (400 x 1600 mm) oraz mała masa produktu, nieprzekraczająca 1500g. Ponadto w celu poprawnej oceny jakości tkaniny pomiary są dokonywane z dokładnością 0,1g.



Rys. 40 Moduł wagowy MWMH do pomiaru produktów o dużych powierzchniach.

Tylko układ magnetoelektryczny był sobie w stanie poradzić z tak ogromnym elementem oraz stabilną pracą przy rozdzielczości pomiarowej 20 000 działek. W celu poprawnej pracy moduł wagowy został wyposażony w specjalną platformę pomiarową, wykonaną w formie kratownicy, minimalizującą oddziaływanie podmuchów powietrza oraz zmian ciśnienia nad i pod szalką wagową. Ponadto, duża masa platformy wagowej została skompensowana przez układ magnetoelektryczny, nie powodując ograniczenia zakresu pomiarowego modułu. Ponieważ wspomniana platforma waży ok 2 kg, w przypadku modułu tensometrycznego konieczne byłoby zastosowanie czujnika o udźwigu 5 kg. W tym przypadku zastosowany został moduł magnetoelektryczny o udźwigu 2 kg i możliwości kompensacji masy szalki do 6kg.

Bardzo ciekawym przykładem zastosowania modułu magnetoelektrycznego jest również proces odważania pyłu grafitowego, nanoszonego na tarcze, a następnie zamienianego w syntetyczną powłokę diamentową.



Rys. 41 Układ dozowania diamentu.

Układ dozowania został zbudowany z wykorzystaniem modułu magnetoelektrycznego MPSH, zainstalowanego na wózku jezdnym.

Proces technologiczny odbywa się w następujący sposób:

Sterownik zarządzający procesem komunikuje się z modułem MPSH poprzez interfejs PROFIBUS i uruchamia jeden z kilku zaimplementowanych programów dozowania. Moduł dozuje zadaną wartość (poprzez sterowanie urządzeniami wykonawczymi), jednocześnie wysyłając informację o aktualnej masie do wyświetlacza wagowego w celu podglądu poprawności dozowania. Następnie po zadozowaniu sterownik przesuwa wózek, na którym zainstalowany jest moduł i przesypuje uzyskaną dozę do naczynia technologicznego. Wózek wraca na swoją początkową pozycję i proces dozowania rozpoczyna się od początku. W tym czasie zadozowana porcja proszku jest nanoszona na produkt i wypiekana w komorze wysokociśnieniowej. W wyniku tego procesu grafit zamienia się w syntetyczny diament. Następnie gotowy produkt jeszcze raz jest ważony na wadze automatycznej. Wymogiem procesu jest uzyskiwanie bardzo precyzyjnie odmierzonych porcji grafitu, dlatego dozowanie jest realizowane z dokładnością do 0,01g, co dla modułu magnetoelektrycznego nie stanowi większego problemu.

Omówione moduły wagowe firma RADWAG oferuje w różnych wykonaniach i udźwigach do 35kg przy dokładności odczytu $d=0,1g$. Minimalny udźwig takich urządzeń to 220g przy dokładności odczytu $d=0,0001g$.

Szeroki zakres rozwiązań różniących się udźwigiem, wartością działki odczytowej, poziomem szczelności obudowy (w niektórych rozwiązaniach IP68) oraz typem i możliwościami głowicy odczytowej czynią z tego produktu atrakcyjne urządzenie, spełniające wymagania większości gałęzi przemysłu.

Stosowane jest ono głównie w przemyśle spożywczym, chemicznym oraz farmaceutycznym. Jest niezastąpione w Działach Kontroli Produkcji, gdzie testowanie bardzo precyzyjnych, a więc i relatywnie drogich podzespołów, nie byłoby możliwe za pomocą standardowych,



tensometrycznych rozwiązań.

Na przykład moduły magnetoelektryczne świetnie sprawdzają się przy kontroli zużycia ruchomych podzespołów mechanicznych, takich jak koła zębate. Wykonując systematyczne, długoterminowe ważenia lub porównania z wzorcem, jesteśmy w stanie analizować ubytek masy, wynikający ze zużycia podzespołu. Takie analizy są jednym z podstawowych badań wykonywanych w działach kontroli w przemyśle samochodowym.

Stosowane są również jako podzespół ważący w specjalnym typie wagosuszarek czy też urządzeniach termogravimetrycznych do analizy przemian chemicznych.

Bardzo często używa się ich do ważenia lub wyznaczania gęstości materiałów o dużych oraz nietypowych gabarytach.

Podsumowując: wszędzie tam, gdzie zastosowanie wagi laboratoryjnej staje się niemożliwe ze względu na kształt, gabaryty, małą szczelność lub brak niezbędnych interfejsów komunikacyjnych, zastosowanie znajdują moduły wagowe.

4.3. Platformy wagowe magnetoelektryczne

Na bazie opracowanych przemysłowych modułów magnetoelektrycznych, osiągających udźwigi maksymalne do kilkudziesięciu kilogramów, opracowane zostały platformy wagowe, których udźwigi zostały zwiększone do kilku ton. Dzięki temu mechanizmy magnetoelektryczne są obecnie dostępne w zakresie pomiarowym począwszy od 0,0001g i sięgającym kilku ton.

Platformy wagowe wyposażone w moduł magnetoelektryczny to urządzenia przeznaczone do precyzyjnego pomiaru dużych ładunków; rzędu dziesiątek, setek oraz tysięcy kilogramów. Stanowią dużo dokładniejszy, pod względem pomiarowym, odpowiednik wag platformowych, niewymagający połączenia na stałe z wyświetlaczem odczytowym. Dzięki takiej konstrukcji możliwa jest dowolna konfiguracja rodzaju modułu pomiarowego i odczytowego. Ponieważ platformy wagowe wykorzystują jako przetwornik pomiarowy magnetoelektryczny moduł ważący, to zakresy pomiarowe osiągają nawet 3T, zaś rozdzielczości pomiarowe dochodzą do 1 000 000 d, przy czym wynik pomiaru jest uzyskiwany w czasie 1-2s. Ze względu na ogromne rozdzielczości i bardzo szybkie czasy pomiarów rozwiązania te coraz mocniej wypierają typowe platformy, wykorzystujące czujniki tensometryczne. Są dużo bardziej zaawansowanymi technologicznie urządzeniami, osiągającymi przewagę nad platformami tensometrycznymi praktycznie w każdym aspekcie procesu pomiarowego:

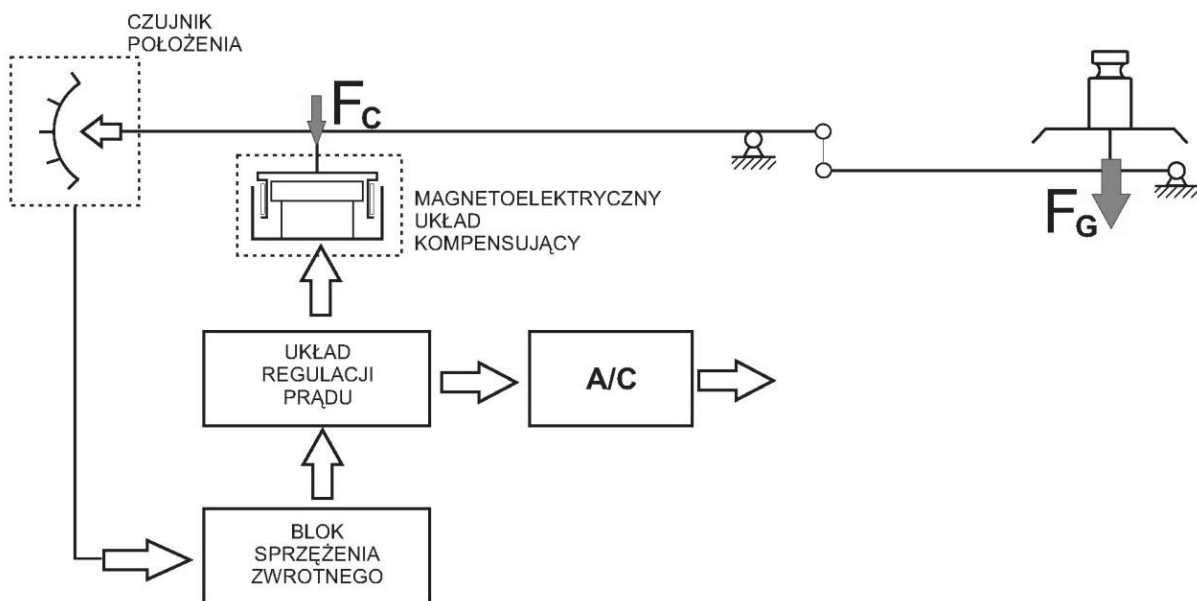
- osiągają dużo wyższą rozdzielczość pomiarową,
- dokonują znacznie szybciej pomiaru,
- charakteryzują się większą stabilnością wskazań,
- są mało podatne na zmiany warunków otoczenia.



Rys. 42 Przykład platformy wagowej magnetoelektrycznej.

Platforma wagowa składa się z odpowiednio zmodyfikowanego modułu magnetoelektrycznego oraz hybrydowego układu dźwigni, przenoszących obciążenie z szalki wagowej. Pod względem budowy elektronicznej i programowej nie różnią się niczym od konstrukcji modułów magnetoelektrycznych. Również są wyposażone w układ magnetoelektryczny, przetwornik A/C oraz odpowiednie rozwiązania elektroniczne i programowe, zapewniające funkcjonalność identyczną z typowymi modułami magnetoelektrycznymi. Zależnie od zastosowań oraz wymagań, mogą również być wyposażone w elektromechaniczny moduł adjustacji.

Zastosowany hybrydowy układ dźwigni służy zwiększeniu zakresu pomiarowego platformy, ponieważ typowe rozwiązania mechanizmów magnetoelektrycznych pozwalają na uzyskanie udźwigu do 100kg, dlatego w celu podwyższenia zakresu pomiarowego stosuje się specjalnie opracowane układy dźwigni i przełożeń.



Rys. 43 Schemat działania platformy magnetoelektrycznej.

Zastosowany układ hybrydowy z jednej strony zwiększa zakres pomiarowy platformy, a z drugiej umożliwia wprowadzenie dodatkowych zabezpieczeń przeciążeniowych, chroniących układ przed uszkodzeniem. Dzięki takim zabezpieczeniom platformy są odporne na przeciążenia sięgające 150% maksymalnego udźwigu.

Podobnie jak w przypadku standardowych modułów magnetoelektrycznych, platformy poddawane są kompensacji temperaturowej, która w połączeniu w modulem adiustacji, gwarantuje zawsze dokładny pomiar, minimalizując wpływ temperatury, miejsca i czasu użytkowania.



Rys. 44 Platforma wagowa typu HRP.

Firma RADWAG oferuje szeroki zakres udźwignię platform magnetoelektrycznych serii HRP. Dostępne są produkty o maksymalnym udźwignię 16kg, jak również o udźwignię 1 tony.

Stalowa, nierdzewna, wytrzymała konstrukcja wag oraz wysoki stopień ochrony IP67 – zapewniają precyzję i niespotykaną jakość pracy w najtrudniejszych warunkach przemysłowych (np. praca w dużej wilgotności).

Platformy serii HRP idealnie sprawdzają się tam, gdzie przestrzegane są wysokie standardy higieny. Pracują w przemyśle spożywczym, jak również farmaceutycznym i chemicznym, gdzie wymagana jest zgodność z najwyższymi standardami higieny.

Wszędzie tam, gdzie liczenie sztuk, recepturowanie, dozowanie, napełnianie czy kontrola masy musi być realizowana z najwyższą dokładnością – HRP jest doskonałym wyborem.

Precyzyjne platformy wagowe są niezastąpione w gospodarce magazynowej, gdzie ze względu na ilość typów elementów, licznosc partii oraz szeroki zakres gabarytów, mas i tolerancji sprawdzają się idealnie. Elastyczność w konfiguracji typów i udźwignię platform, terminali odczytowych z bogatym oprogramowaniem, dedykowanym do tego typu potrzeb oraz możliwość pracy w sieci i swobodna konfigurowalność w systemie pozwalają budować zaawansowane technologicznie systemy wagowe.

Uniwersalność konstrukcji oraz konfiguracji pozwala również na budowę komparatorów masy, a więc urządzeń o największych dostępnych rozdzielczościach pomiarowych.

Komparatory pracują w zakresie udźwignię, które oferują platformy HRP, posiadają kilkakrotnie większą rozdzielność w stosunku do standardowych platform magnetoelektrycznych oraz specjalne oprogramowanie, ułatwiające komparację wzorców masy nawet dla klasy dokładności F2. Stosowane są głównie w Laboratoriach wzorcujących, ale również w przemyśle: do porównywania (komparowania) testowanych, zużywających się w czasie pracy mechanicznych elementów ruchomych.

Rodzaj zastosowanego urządzenia ważącego zależy przede wszystkim od wymaganego udźwignię, rozdzielności pomiarowej, stopnia ochrony IP oraz możliwości komunikacyjnych.

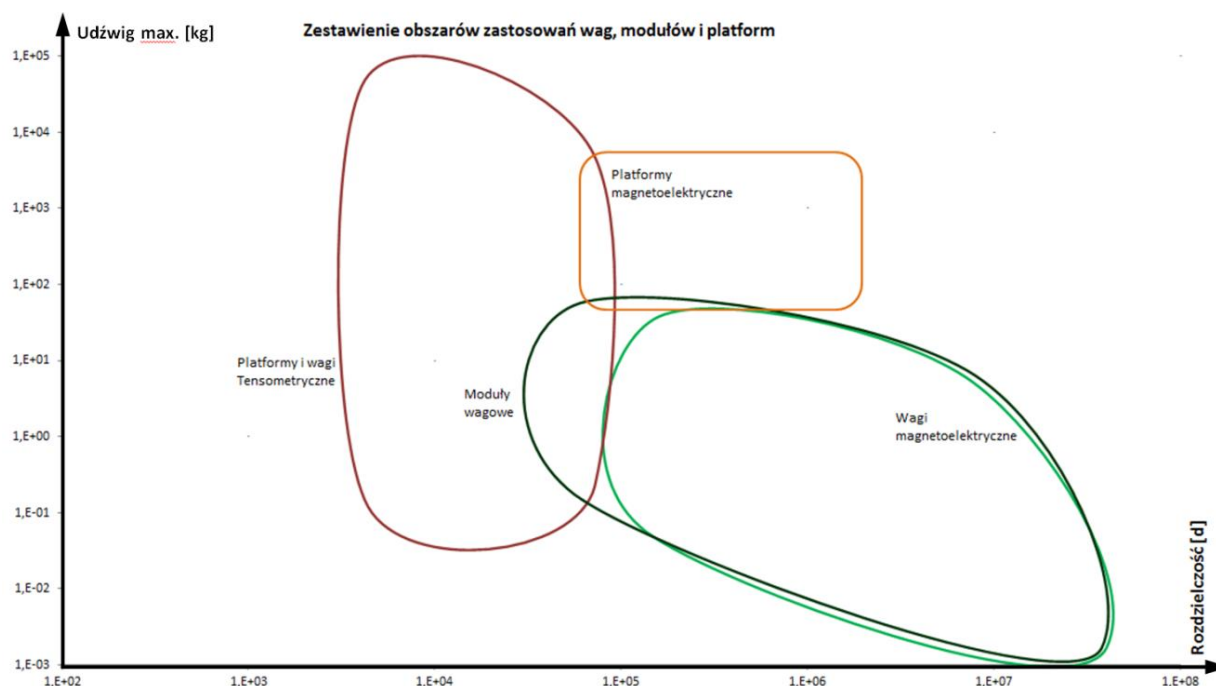
4.4. Zastosowania modułów wagowych

Omówione w poprzednich rozdziałach moduły tensometryczne oraz rozwiązania magnetoelektryczne istnieją na rynku równolegle. Ze względu na wyższy koszt wytworzenia mechanizmów magnetoelektrycznych, układy tensometryczne nie znikną z rynku. Obydwa rozwiązania będą nadal wykorzystywane, co wynika bezpośrednio z różnorodnych potrzeb użytkowników w zakresie dokładności urządzeń pomiarowych.

Poniższy wykres przedstawia obszary zastosowań dla poszczególnych typów modułów wagowych. Jak widać na wykresie, rozwiązania wykorzystujące przetwornik tensometryczny pozwalają na pomiar z rozdzielczością od 1000 do 100 000 d. Oczywiście, najczęściej takie urządzenia pracują z rozdzielczością ze środka obszaru. W większości są to rozdzielczości wynoszące 3000d, rzadziej 6000d czy 10 000d. Zakres pomiarowy zawiera się od 100g do 100 ton.

Magnetoelektryczne platformy wysokiej rozdzielczości pracują w zakresie od około 100 000d do 1000 000d. Udźwig maksymalny w górnym zakresie rozwiązań osiąga 3 tony, zaś w dolnym zakresie zastosowań – 10kg.

Moduły wagowe oraz wagi magnetoelektryczne mają praktycznie identyczny obszar pracy (podobny zakres udźwignów maksymalnych oraz rozdzielczości pracy).



Rys. 45 Zestawienie obszarów zastosowań modułów tensometrycznych i magnetoelektrycznych.

Zarówno moduły, jak i platformy magnetoelektryczne, łączy wysoką rozdzielczość, duży zakres pomiarowy oraz często wysoki stopień ochrony IP ze względu na przeznaczenie do zastosowań przemysłowych.

Cechą wspólną tych rozwiązań jest wykorzystanie przetwornika magnetoelektrycznego jako elementu pomiarowego.

5. Terminale wagowe

Czym właściwie jest terminal wagowy?

Dotychczas używane pojęcia: miernik, wskaźnik czy indykator wagowy potocznie oznaczają urządzenie pomiarowe, sprzężone z wyświetlaczem i umożliwiające odczytanie wskazania układu pomiarowego. Rozwój tych prostych urządzeń poprzez wprowadzanie dodatkowych funkcji, wyświetlanie początkowo prostych komunikatów tekstowych, następnie wizualizacji graficznych, aż do stworzenia modułów interaktywnych spowodował, iż pierwotne nazewnictwo przestało odzwierciedlać faktyczne możliwości funkcjonalne urządzenia. Dlatego w terminologii wagarskiej pojawił się nowy termin – terminal wagowy.



Rys. 46 Terminal wagowy HY10.

Obecnie terminalem wagowym umownie nazywamy indykator wyposażony w układ analogowo cyfrowy i/lub przystosowany do współpracy z cyfrowymi modułami wagowymi, wyposażony również w dodatkowe funkcje bazodanowe, a także funkcjonalność zapewniającą komunikację z operatorem i jednocześnie komunikację z systemem komputerowym.

Określenie „terminal wagowy” jest jak najbardziej zasadne. Są to często wysoko specjalizowane komputery przemysłowe, wyposażone w dodatkową funkcję pomiaru masy, ale też takie, które są dedykowane dla konkretnych procesów. Poniżej na przykładzie rozwiązań firmy RADWAG zostały przedstawione i scharakteryzowane indykatory wagowe o różnym stopniu zaawansowania technologicznego; począwszy od tych najprostszyc, a skończywszy na wysoko specjalizowanych komputerach wagowych.

5.1. Miernik PUE C31

Wraz z powstaniem pierwszej wagi elektronicznej, działającej na zasadzie zamiany sygnału analogowego na sygnał cyfrowy i przetwarzanego następnie przez mikrokontroler, pojawiły się pierwsze wyświetlacze wagowe. Były wyposażone w cyfrowy wskaźnik masy oraz przyciski funkcyjne, umożliwiające tarowanie i zerowanie wagi. Wraz z postępem technologicznym



Rys. 47 Miernik PUE C31 obudowa ABS.

oraz rosnącymi wymaganiami użytkowników te proste mierniki uzyskały dodatkowe funkcjonalności, umożliwiające ich adaptację w nieskomplikowanych aplikacjach.

Współczesnym przykładem takiego urządzenia, będącego podstawowym miernikiem produkowanym w firmie RADWAG, jest miernik PUE C31.

Mimo iż jest pod względem funkcjonalnym bardzo prostym urządzeniem, to jednak zbudowany został w oparciu o nowoczesne rozwiązania elektroniczne i programowe,

zapewniające stabilną pracę i dużą szybkość działania. Dzięki prostej obsłudze oraz szeregowi dodatkowych funkcji, w jakie został wyposażony, miernik ten zyskał bardzo dużą popularność. Jest podstawowym miernikiem stosowanym w wagach medycznych, pocztowych oraz prostych wagach magazynowych. Został wyposażony w szeregowy port komunikacyjny RS232, umożliwiający podłączenie wagi do komputera, wydrukowanie wyniku ważenia na drukarce lub podłączenie dodatkowego wyświetlacza.

Mała, kompaktowa obudowa oraz zasilanie bateryjne umożliwiają tworzenie na bazie PUE C31 mobilnych stanowisk wagowych np. paletowych wózków wagowych.

O wysokiej jakości i zaawansowanej technologii tego miernika świadczy możliwość jego stosowania w strefach wybuchowych Ex.

Zależnie od zastosowania, jest produkowany w wersji z obudową z tworzywa sztucznego (ABS) lub ze stali nierdzewnej (w zastosowaniach przemysłowych).



Rys. 48 Miernik PUE C31 hermetyczny.

Na jego podstawie możliwe jest zbudowanie wagi jedno- lub dwuzakresowej o rozdzielczości 6 000 działek legalizacyjnych oraz realizacja podstawowych procesów wagowych, dzięki zaimplementowanym funkcjom np. przeliczanie jednostek miary, liczenie detali, pomiar siły nacisku czy sumowanie ważeń.

Poniższe tabele przedstawiają parametry techniczne miernika PUE C31 oraz spektrum jego funkcjonalności.

Temperatura pracy	-10 ÷ +40 °C
Wilgotność względna powietrza	10÷85% RH bez kondensacji
Stopień ochrony	IP 43
Zasilanie	100 ÷ 240 V AC 50 ÷ 60 Hz / 12 V DC + akumulator
Czas pracy z zasilaniem akumulatorowym	35 godzin (średni czas)
Wyświetlacz	LCD (z podświetleniem)
Interfejs	RS 232
Masa netto/brutto	0,5/0,8 kg
Wymiary opakowania	220×190×90 mm
Klawiatura	microswitch
Wielozakresowość	1 lub 2 zakresy
Napięcie zasilania na przetw. tensometrycznym	5V DC
Wyświetlacz dodatkowy	LCD (opcja)
Obudowa	tworzywo ABS
Zasilanie opcjonalne	10,5 ÷ 15V DC I _{max} = 600mA, i akumulatorowe
Połączenie czujników tensometrycznych	4 lub 6 przewodów + ekran
Max. impedancja przetw. tensometrycznych	1200 Ω
Minimalna impedancja przetw. tensometrycznych	80 Ω
Minimalne napięcie na 1 działkę legalizacyjną	1,0 μV
Max. napięcie na 1 działkę legalizacyjną	3,2 μV
Max. przyrost sygnału	19,2 mV
Max. ilość działek przetw. tensometrycznego	838 860 ×10
Ilość przycisków	5
Max. ilość działek legalizacyjnych	6000 e
Sposób zasilania	odłączalny zasilacz sieciowy, akumulatory NiMH 6×AA

Tabela 12 Parametry techniczne miernika PUE C31.

Mody pracy	Funkcje użytkowe
Pomiar w różnych jednostkach miary: [g], [kg], [N], [ct], [lb]	Uśrednianie wyniku ważenia, filtr cyfrowy,
Tara automatyczna, pamięć tary	Tarowanie w całym zakresie pomiarowym
Sumowanie ważeń	Kontrola napięcia zasilania bateryjnego,
Liczenie detali o jednakowych masach	Czasowe wyłączenie wagi,
Kontrola +/- względem masy wzorca	Regulacja natężenia podświetlenia (przy pracy z akumulatorem),
Wyliczanie odchyłki procentowej względem masy wzorca	Regulowana prędkość transmisji portu szeregowego w zakresie 200-38400bit/s,
Pomiar maksymalnej siły nacisku na szalkę lub maksymalnej masy, położonej na szalce,	Tryb ciągłej transmisji danych dla RS 232
Pomiar siły nacisku na szalkę wagi (w Newtonach),	Wydruk ręczny lub automatyczny
	ważenie ładunków przy wyłączonej funkcji autozera

	możliwość podłączenia dodatkowego wyświetlacza LCD
	Możliwość projektowania wydruków wg indywidualnych potrzeb klienta

Tabela 13 Funkcje dodatkowe miernika PUE C31.

Z powyższych zestawień wynika, iż nawet podstawowe wersje mierników wagowych muszą zapewniać szeroką funkcjonalność i możliwość adaptacji do różnych zastosowań. Urządzenia, które nie są w stanie spełnić różnorodnych wymagań odbiorców, przestają być konkurencyjne i są usuwane z rynku. Pozostają tylko te, których funkcjonalność i jakość jest utrzymywana na wysokim poziomie.

5.2. Terminal wagowy PUE C41

Mierniki wagowe, mimo iż unowocześniane i rozwijane pod względem funkcjonalnym, mają jedną wadę – brak możliwości interakcji z operatorem. Uruchomienie poszczególnych funkcji w takim mierniku sygnalizowane jest poprzez zapalenie odpowiednich znaczników, co nie zawsze jest czytelne dla operatora. Z tego powodu opracowane zostały urządzenia wyposażone w klawiaturę alfanumeryczną oraz możliwość wyświetlania informacji tekstowych.

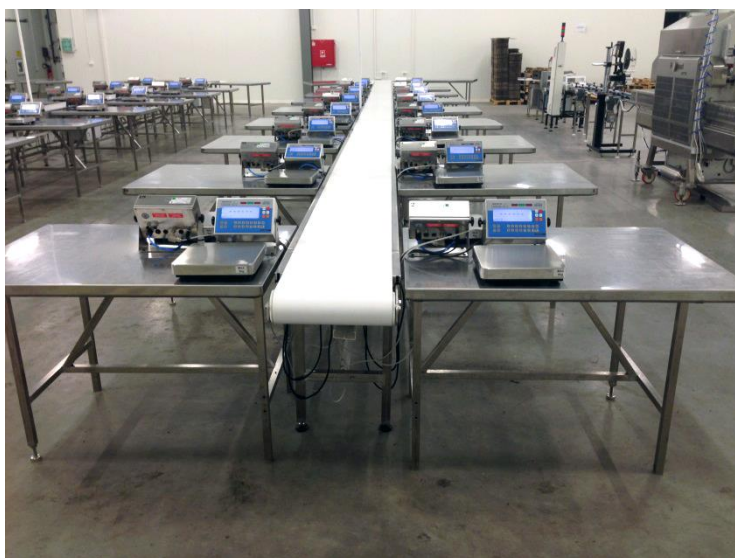


Rys. 49 Terminal wagowy PUE C41.

Powyżej zaprezentowany został miernik wagowy posiadający podstawową funkcjonalność terminala wagowego. Oprócz cyfrowego wyświetlacza masy, posiada on dodatkową linię tekstową, umożliwiającą komunikowanie się z operatorem, który zwrotnie może wprowadzać dane do miernika za pomocą klawiatury alfanumerycznej, zbudowanej na podobieństwo klawiatur stosowanych w telefonach komórkowych. Jest więc możliwa prosta interakcja pomiędzy urządzeniem a operatorem. Terminal wyposażony został w diody świecące, ułatwiające pracę w trybie odważania, prostą bazę danych przechowującą wszystkie nastawy, rekordy ważeń, raporty, a przede wszystkim bazę operatorów i asortymentów.

Terminal ten został opracowany i wdrożony z myślą o stanowiskach wagowych wymagających bardzo szybkiego ważenia, głównie na stanowiskach odważania (np. porcjowanie ryby do puszek), gdzie nastawy wprowadza się sporadycznie, natomiast ważna

jest szybkość ważenia, odporność na uszkodzenia i prosta budowa urządzenia. Posiada również wbudowane specjalne rozwiązania programowe, przyspieszające proces obliczania masy tak, żeby czas pomiędzy położeniem masy a uzyskaniem końcowego wyniku był maksymalnie krótki.



Rys. 50 Hala produkcyjna, stanowiska odważania ryby do puszek.

Oprócz wyświetlacza masy w terminalu wbudowane zostały wspomniane trzy diody, sygnalizujące w trybie doważania przedział, w którym znajduje się położony towar – czy jest za lekki, poprawny, czy za ciężki. Ta dodatkowa funkcja powoduje, że operator nie musi odczytywać wyniku ważenia z wyświetlacza i zastanawiać się nad uzyskanym wynikiem (czy masa mieści się w dozwolonym przedziale), lecz wystarczy, że będzie obserwował zapalające się diody.

Oprogramowanie terminala oferuje, poza doważaniem, szereg innych trybów pracy: dozowanie, recepturowanie, liczenie sztuk, etykietowanie, badanie odchyłek, dozowanie, ważenie zwierząt, co czyni go uniwersalnym urządzeniem możliwym do zastosowania w różnych procesach ważenia. Ma znacznie bardziej rozbudowane interfejsy komunikacyjne w porównaniu do miernika PUE C31, wyposażony został w układ I/O, dzięki któremu może współpracować z innymi urządzeniami w linii produkcyjnej.

Miernik ten to najprostsza wersja terminala wagowego, w który są wyposażane wagi produkcji RADWAG. Terminal PUE C 41 posiada Test Certyfikat, który potwierdza zgodność miernika z wymaganiami prawnymi, jakie obowiązują w Polsce i UE.

Ponieważ jest miernikiem zaprojektowanym i przeznaczonym do prac w warunkach przemysłowych, to jego parametry techniczne są znacznie lepsze w porównaniu z prostym miernikiem PUE C31.

Temperatura pracy	-10 ÷ +40 °C
Wilgotność względna powietrza	10÷85% RH bez kondensacji
Stopień ochrony	IP 68 (1h max)/69
Zasilanie	100 ÷ 240 V AC 50 ÷ 60 Hz / + akumulator
Czas pracy z zasilaniem akumulatorowym	9 godzin (średni czas)
Wyświetlacz	LCD (z podświetleniem)
Masa netto/brutto	3,7/4 kg

Wymiary opakowania	320×220×210 mm
Klawiatura	membranowa
Klasa dokładności OIML	III
Napięcie zasilania na przetw. tensometrycznym	5V DC
Obudowa	stal nierdzewna
Połączenie czujników tensometrycznych	4 lub 6 przewodów + ekran
Max. impedancja przetw. tensometrycznych	1200 Ω
Minimalna impedancja przetw. tensometrycznych	90 Ω
Minimalne napięcie na 1 działkę legalizacyjną	1,0 μV
Moduł wyjść analogowych (opcja)	tryby pracy - 4-20mA, 0-20mA, 0-10V
Moduł Ethernet (opcja)	zgodny ze standardem 10/100Mbit/s
Moduł wejść/wyjść (opcja)	8 wyjść kontaktronowych, 8 wejść optoizolowanych
Wejścia/wyjścia (opcja)	4 wejścia optoizolowane, 4 wyjścia kontaktronowe
Wejścia/wyjścia	3 wejścia optoizolowane, 3 wyjścia kontaktronowe
Interfejsy optoizolowane	RS 232, RS 485
Bazy danych	4 MB
Max. napięcie na 1 działkę legalizacyjną	3,3 μV
Moduł przekaźników (opcja)	4 przekaźniki ze stykiem zwiernym
Moduł dodatkowej platformy wagowej (opcja)	parametry metrologiczne jak w platformie głównej
Max. przyrost sygnału	19 mV
Max. ilość działek przetw. tensometrycznego	838 860 ×10
Max. ilość działek legalizacyjnych	6000 e

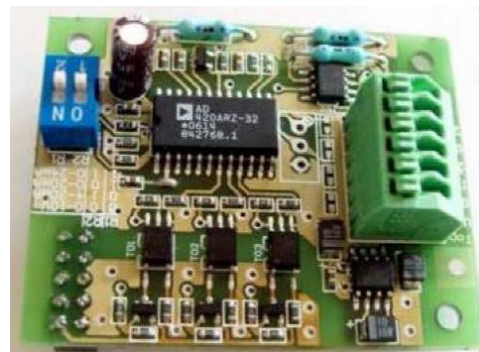
Tabela 14 Parametry techniczne terminala PUE C41.

Terminal, oprócz wszystkich funkcji zaimplementowanych w mierniku PUE C31, posiada ponadto dodatkowe mody pracy, wykorzystywane przede wszystkim w warunkach przemysłowych:

- Dozowanie automatyczne jedno- i dwuprogowe, a więc miernik może zostać wykorzystany jako urządzenie dozujące i sterujące zaworami zainstalowanymi w układzie dozowania.
- Sporządzanie mieszanin według założonych receptur. Terminal prowadzi operatora poprzez proces naważania receptury, kontrolując poprawność jej realizacji.

Konstrukcja urządzenia została opracowana w sposób modułowy, umożliwiając rozbudowę podstawowej wersji miernika, zależnie od zapotrzebowania, o dodatkowe moduły zwiększające jego funkcjonalność.

- Miernik może realizować funkcje dozujące lub przekazywać wartość masy za pomocą dodatkowych wyjść analogowych 0-10V, 4-20mA lub 0-20mA.
- Może zostać wyposażony w moduł dodatkowych sygnałów I/O przekaźnikowych, umożliwiając realizację bardziej rozbudowanych układów automatycznego sterowania.
- Terminal PUE C41 ma dodatkową możliwość obsługi drugiej platformy wagowej, czyli w procesach np. recepturowania można zastosować dwie platformy o różnych

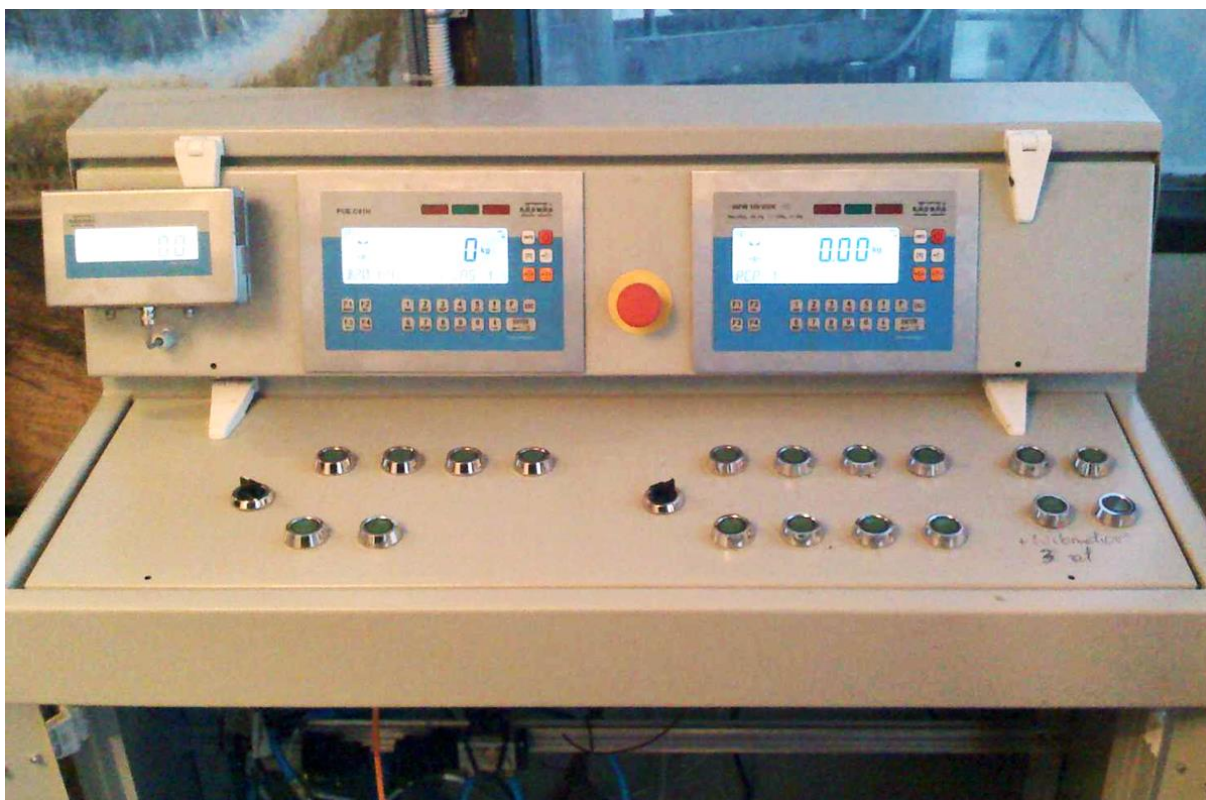


Rys. 51 Moduł wyjść analogowych.

udźwigach i różnych dokładnościach dla zoptymalizowania realizowanego procesu, np. duże naważki mogą być odważane na większej platformie, a małe, z większą dokładnością, na małej.

- W przypadku zastosowania miernika w układach wymagających wielotorowej komunikacji z innymi urządzeniami poprzez interfejsy komunikacyjne, istnieje możliwość rozbudowy urządzenia o dodatkowy port szeregowy RS 485, mogący obsługiwać np. dodatkowy wyświetlacz lub moduł Ethernet, zapewniający podłączenie do systemu komputerowego.

Bardzo duże możliwości funkcjonalne terminala oraz mocna i trwała konstrukcja spowodowały, iż na bazie miernika zrealizowano szereg ciekawych i wymagających aplikacji, zarówno w przemyśle spożywczym, jak i chemicznym. Poniższe zdjęcie przedstawia zmodernizowaną sterownię węzła betoniarskiego, w którym zainstalowane zostały systemy wagowe firmy RADWAG. Po modernizacji proces przygotowywania mieszanek betonowych został, przy użyciu Terminali PUE C41, całkowicie zautomatyzowany. Wprowadzone urządzenia wagowe zostały zintegrowane z systemami podawania poszczególnych składników, a proces produkcji, dotychczas realizowany ręcznie przy użyciu wag mechanicznych, został przestawiony na realizację receptur zdefiniowanych w miernikach. Dodatkowo, użytkownik zyskał możliwość elektronicznej rejestracji zużycia poszczególnych frakcji oraz rejestracji zrealizowanych receptur.



Rys. 52 Dyspozytornia węzła betoniarskiego.

Mimo szeregu zalet, jakimi cechuje się Terminal PUE C41, nie da się nie zauważyć jego głównego ograniczenia. Miernik został wyposażony w wyświetlacz LCD, który mimo iż ma możliwość wyświetlania znaków alfanumerycznych i komunikacji z operatorem, to jest dość kłopotliwy w obsłudze i w dobie wszechobecnych, dotykowych wyświetlaczy LED nie spełnia

wymagań odbiorców pod względem jego obsługi. Z tego powodu w kolejnych generacjach terminali wagowych wprowadzono znacznie bardziej rozbudowane panele operatorskie, zapewniające większe możliwości komunikacji i podglądu realizowanych procesów. Terminal PUE C41, obecnie stosowany jest głównie w liniach ręcznego odważania produktów, gdzie najważniejsze parametry wagi to szybkość pomiaru, wytrzymałość konstrukcji oraz prostota obsługi.



Rys. 53 Stanowisko wagowe na linii dozowania ryby.

5.3. Terminale wagowe PUE 7.1/HY

Rozwój technologii LED i wprowadzenie na linie technologiczne urządzeń, działających w oparciu o systemy operacyjne spowodował powstanie zupełnie nowych pod względem jakościowym urządzeń wagowych. Pojawiły się mierniki wyposażone w duże, kolorowe wyświetlacze, umożliwiające wyświetlenie i zobrazowanie graficzne całego szeregu danych procesowych na jednym wyświetlaczu. Podstawowy dotychczas, numeryczny wskaźnik masy, stał się fragmentem dużego ekranu informacyjnego, a określenie „terminal wagowy” zyskało zupełnie nowe znaczenie.



Rys. 54 Terminal PUE 7.1 obudowa nierdzewna i ABS.

5.3.1. Terminal wagowy PUE 7.1

Firma RADWAG wprowadziła na rynek bardzo udaną serię terminali wagowych, działających w oparciu o Windows CE i wykorzystujących stosunkowo duży, kolorowy wyświetlacz 5,7". Podstawowym miernikiem tej serii urządzeń jest terminal PUE 7.1, który dzięki innowacyjnej konstrukcji i intuicyjnej obsłudze wykorzystywany jest również w konstrukcjach wag laboratoryjnych.

Głównymi cechami wyróżniającymi to urządzenie są:

- stosunkowo duży czytelny wyświetlacz 5,7",
- panel dotykowy,
- dowolna konfiguracja wyświetlanych informacji,
- zestaw dodatkowych przycisków funkcyjnych,
- dwa czujniki zbliżeniowe z możliwością zdefiniowania sposobu ich działania.

Całość urządzenia zamknięta została w dwóch rodzajach kompaktowych obudów: plastikowej lub nierdzewnej panelowej, przeznaczonej do montażu na szafie sterowniczej.

Terminal PUE 7.1 działa na platformie Windows CE7, co nie jest regułą w tej klasie urządzeń, umożliwiając w ten sposób stworzenie przyjaznego i łatwo edytowalnego środowiska dla operatora. Wyroby różnych producentów często nie są wyposażane system operacyjny, co z jednej strony czyni je tańszymi w produkcji, ale z drugiej – w bardzo dużym stopniu ogranicza ich funkcjonalność i możliwość szybkiego modyfikowania oprogramowania zgodnie z wymaganiami klienta. Znakiem czasu jest rezygnacja z interfejsu RS 485, który został wyparty przez znacznie wydajniejszy i szybszy interfejs Ethernet, jak również wprowadzenie złączy USB, umożliwiających m.in. obsługę pamięci Flash, drukarek i skanerów.

Ogromną zaletą terminala jest wyposażenie go w sieciową kartę bezprzewodową Wi-Fi, zapewniającą łatwy i szybki dostęp do sieci oraz zdalne połączenie operatora z wagą poprzez komputer lub smartfon.

Szczegółowe dane techniczne terminala zawiera poniższa tabela.

Temperatura pracy	-10 ÷ +40 °C
Wilgotność względna powietrza	10÷85% RH bez kondensacji
Stopień ochrony	IP 43
Zasilanie	6,5 – 28 VDC
Wyświetlacz	5,7" (panel dotykowy)
Interfejs	2×USB, 2×RS 232, Ethernet, 4wejścia/4wyjścia (cyfrowe), WiFi 2,4GHz b,g,n
Klawiatura	panel dotykowy
Klasa dokładności OIML	III
Napięcie zasilania na przetw. tensometrycznym	5V DC
Obudowa	tworzywo ABS
Max. impedancja przetw. tensometrycznych	1200 Ω
Minimalna impedancja przetw. tensometrycznych	50 Ω

Minimalne napięcie na 1 działkę legalizacyjną	0,4 μ V
Bazy danych	8 GB (micro SD)
Max. napięcie na 1 działkę legalizacyjną	3,25 μ V
Moduł dodatkowej platformy wagowej (opcja)	parametry metrologiczne jak w platformie głównej
Pobór prądu	21 W
Maksymalna ilość obsługiwanych platform	2
System operacyjny	Windows CE 7
Pamięć	RAM 256 MB
Procesor	2x1 GHz
Programowalne czujniki podczerwieni	2
Max. przyrost sygnału	19,5 mV
Ilość przycisków	8
Max. ilość działek legalizacyjnych	6000

Tabela 15 Dane techniczne terminala PUE 7.1.

Równoległe ze zmieniającą się warstwą sprzętową rozwijane są wewnętrzne funkcje terminala, jak np. algorytmy szybkiego ważenia, precyzyjnego dozowania, liczenia sztuk, systemy bazodanowe itp. Terminal może współpracować z czujnikami tensometrycznymi, podłączonymi bezpośrednio do jego wejścia, jak również łączyć się z tensometrycznymi modułami wagowymi MW-01 i wagowymi modułami magnetoelektrycznymi.

Wyróżnikiem miernika w stosunku do wcześniej omówionych urządzeń jest intuicyjność obsługi oraz wielofunkcyjne oprogramowanie, umożliwiające zastosowanie w systemach wagowych o zróżnicowanym przeznaczeniu. Dla zwiększenia jego możliwości i rozszerzenia funkcjonalności został on wyposażony w oprogramowanie, umożliwiające obsługę drukarek, skanerów i pamięci Flash, do których mogą być eksportowane rekordy baz danych w przypadku pracy jednostanowiskowej. Poniższy rysunek przedstawia przykładową funkcjonalność terminala wagowego na przykładzie głowicy PUE 7 firmy RADWAG.



- **Weighing transducer** – (typ przetwornika) tensometryczny , magnetoelektryczny, zewnętrzny moduł pomiarowy MW-01, moduł magnetoelektryczny.
- **TouchSCREEN** – kolorowy wyświetlacz dotykowy 5,7", z ekranem dotykowym.
- **LevelSENSING System** – automatyczna kontrola wypoziomowania wagi.
- **TouchFREE** – czujniki zbliżeniowe z możliwością programowego przypisania funkcji programowych.
- **SmartMENU** – przyjazne oprogramowanie i intuicyjna obsługa, możliwość zdefiniowania wyświetlanych danych.
- **SelfCAL** – automatyczna kalibracja wewnętrzna (dla wag laboratoryjnych).
- **ExchangeDATA** – wymiana danych poprzez port USB.
- **MultiUSER** – profile użytkowników o różnych stopniach uprawnień.
- **UpToDate** – dostępna aktualizacja oprogramowania użytkowego.
- **EasyCONNECT** – Interfejsy komunikacyjne: złącza USB, RS 232, Ethernet, I/O.
- **MultiMODES** – szeroka gama funkcji i aplikacji: liczenie sztuk, dozowanie, doważanie, statystyki, kontrola towarów paczkowanych zgodnie z Ustawą, recepturowanie, etykietowanie.

5.3.2. Terminal wagowy PUE HY

Na bazie głowicy PUE 7.1 zostały opracowane i wdrożone kolejne wersje tej rodziny terminali. Jego następcą, a właściwie terminalem oferowanym równolegle, jest typowo przemysłowy miernik HY. Jego konstrukcja została przystosowana do pracy w ciężkich warunkach przemysłowych. Wprowadzona została zewnętrzna klawiatura alfanumeryczna w układzie QUERTY, umożliwiająca obsługę terminala w rękawiczkach, powszechnie używanych na liniach produkcyjnych. Jednocześnie zachowano pełny zakres funkcjonalności terminala PUE 7.1 (za wyjątkiem czujników zbliżeniowych, które nie sprawdzają się w warunkach silnego zapylenia lub podwyższonej wilgotności).



Rys. 55 Terminal wagowy HY.

Wnętrze miernika zostało rozbudowane o dodatkowe moduły I/O oraz obsługę wyjść analogowych 0-10V, 4 – 20 mA i 0-20 mA. Do terminala można podłączyć cztery platformy wagowe oraz zewnętrzną klawiaturę i mysz komputerową.

Z uwagi na przemysłowe zastosowanie urządzenia, obudowa terminala zapewnia stopień ochrony IP 68/69. Przywrócona została możliwość obsługi interfejsu komunikacyjnego RS 485, nadal dość często wykorzystywanego w warunkach przemysłowych. Jednocześnie zadbano o zapewnienie nowoczesnych standardów komunikacyjnych i wprowadzono obsługę modułu PROFIBUS DP. Terminal w wersji podstawowej oferuje możliwość sterowania 3 wyjściami i 3 wejściami tranzystorowymi oraz możliwość rozbudowy do 8 wejść i 8 wyjść kontaktronowych.

Szczegółowe dane techniczne zawiera poniższa tabela:









Temperatura pracy	-10 ÷ 40 °C
Wilgotność względna powietrza	10÷85% RH bez kondensacji
Stopień ochrony	IP 68 (1h max)/69
Zasilanie	100 ÷ 240 V AC 50 ÷ 60 Hz
Wyświetlacz	5,7" (panel dotykowy)
Masa netto/brutto	4,5/5,5 kg
Klasa dokładności OIML	III
Wielozakresowość	TAK
Napięcie zasilania na przetw. tensometrycznym	5V DC
Obudowa	stal nierdzewna
Zasilanie opcjonalne	10 ÷ 24V DC
Połączenie czujników tensometrycznych	4 lub 6 przewodów + ekran
Max. impedancja przetw. tensometrycznych	1200 Ω
Minimalna impedancja przetw. tensometrycznych	80 Ω
Minimalne napięcie na 1 działkę legalizacyjną	0,5 μV
Interfejsy szeregowo (opcja)	Moduł RS485, RS232
Moduł Profibus (opcja)	PROFIBUS DP
Przyciski zewnętrzne PRINT, TARA	TAK
Interfejs ETHERNET	Gniazdo
Interfejs USB	Gniazdo
Moduł AN xxx (opcja)	Pętla prądowa 4-20mA, 0-20mA, pętla napięciowa 0-10V
Moduł 4 wejść / 4 wyjść	4WE (wejścia optoizolowane o zakresie napięcia wejściowego 5 - 24V DC) 4WY (wyjścia kontaktronowe typu NO o obciążalności styków 50V DC 0,2A)
Moduł 8 wejść / 8 wyjść	8WE (wejścia optoizolowane o zakresie napięcia wejściowego 5 - 24V DC) 8WY (wyjścia kontaktronowe typu NO o obciążalności styków 50V DC 0,2A)
Interfejs RS232	2×Gniazdo
Wejścia/wyjścia	3 WE / 3 WY - Gniazdo
Max. napięcie na 1 działkę legalizacyjną	3,25 μV
Maksymalna ilość obsługiwanych platform	4
System operacyjny	Windows CE 6.0
Pamięć	RAM 64 MB, Flash 1 GB

Processor	ARM 200 MHz
Max. przyrost sygnału	19,5 mV
Max. ilość działek przetw. tensometrycznego	838 860 ×10
Max. ilość działek legalizacyjnych	6000 e

Tabela 16 Parametry techniczne terminala PUE HY.

Funkcje specjalne oraz różne mody pracy zostały zoptymalizowane pod względem funkcjonalności, szybkości oraz jakości działania. Wprowadzono wiele algorytmów kontrolujących poprawność realizacji procesów oraz funkcje samouczące i korekcyjne. W przypadku procesu dozowania terminal sam sprawdza uzyskaną dokładność dozowania i wprowadza niezbędne poprawki, a w trybie liczenia sztuk może korygować masę odniesienia dla dokładniejszego wyliczenia poszczególnych sztuk.

Zestaw najważniejszych funkcji i trybów pracy zawiera poniższa tabela.

	Dozowanie	Funkcja umożliwiająca przeprowadzenie automatycznego procesu dozowania.
	Etykietowanie	Współpraca wagi z drukarkami etykiet. Jest to mocno rozbudowany tryb pracy, zapewniający swobodną konfigurację etykiet, drukowanie etykiet jednostkowych, zbiorczych oraz zbiorczych drugiego poziomu.
	Kontrola +/-	Tryb doważania działający na podobnej zasadzie jak funkcja doważania w terminalu PUE C41. Proces doważania obrazowany jest za pomocą tzw. bargrafu, co znacznie poprawia czytelność procesu.
	Odchyłki procentowe	Funkcja umożliwiająca porównanie ważonych detali z masą wzorca.
	Sumowanie ważeń	Proces sumowania poszczególnych wyników ważeń.
	Liczenie sztuk	Funkcja wykorzystująca pomiar masy do określania liczności ważonych elementów.
	Receptury	Złożona funkcja realizująca zdefiniowane receptury. Funkcja wspierana przez wskaźniki i bargrafy, ułatwiający realizację procesu.
	Statystyki	Moduł statystyczny zapewniający archiwizację ważeń i późniejsze generowanie raportów.



	Ważenie zwierząt	Tryb pracy ułatwiający ważenie zwierząt, które poruszają się na szalce wagowej.
	Kontrola Towarów Paczkowanych	Tryb pracy wagi umożliwiający prowadzenie kontroli towarów paczkowanych zgodnie z obowiązującą Ustawą.

Tabela 17 Funkcje specjalne terminala PUE HY.

Ponieważ terminal HY jest wykorzystywany w różnego rodzaju procesach technologicznych, których specyfika jest niepowtarzalna i uzależniona od swoistych wymagań klienta, niemożliwych do przewidzenia na etapie projektowania oprogramowania terminala, to zdecydowano się na wprowadzenie możliwości samodzielnego budowania algorytmu pracy urządzenia na wzór przemysłowych sterowników PLC. Funkcjonalność taką wprowadzono w zakresie budowania własnych systemów dozujących oraz trybów pracy: ważenie, liczenie sztuk i obliczanie odchyłek procentowych.

W procesach dozowania użytkownik ma możliwość zdefiniowania własnego algorytmu pracy, poprzez samodzielne określenie funkcji wejść i wyjść terminala oraz stworzenia własnego cyklu realizacji. Dozowanie może się odbywać na kilku platformach wagowych w sposób automatyczny lub mieszany, czyli część składników może zostać dodana ręcznie. Proces może zostać powiązany z innymi urządzeniami pracującymi w linii i od nich zależny, czyli np. realizacja poszczególnych etapów dozowania może być powiązana z pracą innych maszyn, a ich przeprowadzenie zależne od realizacji algorytmu przez inne urządzenie.



Podczas wykonywania ważeń na halach produkcyjnych często dochodzi do błędów ludzkich, związanych ze źle wykonaną procedurą ważenia. Nawet wykonanie prostego ważenia może zostać źle zrealizowane, jeżeli osoba wykonująca ważenie nie wybierze odpowiedniego asortymentu z bazy danych i do systemu komputerowego trafi pomiar zdefiniowany jako produkt A zamiast produktu B.

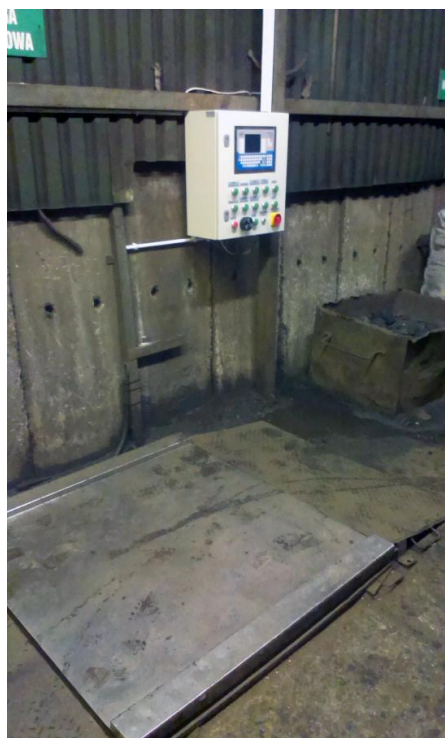
Żeby zapobiec takim pomyłkom, terminal HY oferuje funkcję tzw. procesu identyfikacji, za pomocą której możliwe jest zaprogramowanie i nadzorowanie przez miernik wszystkich kroków, które należy wykonać w etapie ważenia. Definiowanie poszczególnych składników procesu identyfikacji przypomina proces układania receptury. Administrator wagi może za pomocą dostępnych rozkazów zdefiniować cały proces ważenia, który może wyglądać następująco:



1. Logowanie operatora wagi za pomocą karty transponderowej.
2. Po zalogowaniu wyświetlony jest monit o podanie numeru zmiany, który operator musi wprowadzić.
3. Waga wykonuje zerowanie.
4. Wyświetlony zostaje kolejny komunikat i seria dodatkowych poleceń „Przygotuj towar do ważenia”.
5. „Zeskanuj etykietę produktu”.
6. „Podaj aktualną cenę towaru”.

7. „Wybierz kraj pochodzenia” (wybór z listy).
8. „Wybierz kod kontrahenta” (wybór z listy).
9. „Podaj nr serii”.
10. „Podaj nr partii”.
11. Na koniec wyświetlane jest okno „Rozpocznij proces ważenia” i terminal zezwala na zapisanie pomiaru.

Przykładowy proces może być modyfikowany, rozbudowywany o kolejne parametry, zależnie od wymagań użytkownika, może również zostać powiązany poprzez moduł I/O z innym systemem sterowania.



Wielofunkcyjność terminala oraz łatwość jego adaptacji do różnych aplikacji spowodowały znaczną jego popularyzację i powszechne stosowanie w systemach przemysłowych. Poniższe zdjęcia przedstawiają przykładowe realizacje układów sterowania z wykorzystaniem terminali HY

Widoczny na zdjęciu układ wagowy zaprojektowany został do realizacji procesów naważenia składników.

Zastosowany został terminal HY w wersji panelowej, wbudowany w pulpit sterowniczy. Na pulpicie zainstalowane zostały duże przyciski przemysłowe, podłączone do wejść terminala. Poprzez przyciski następuje wybór asortymentu oraz uruchomienie procesu naważenia. Duże przyciski umożliwiają wykonywanie operacji w grubych rękawicach, które są używane przez pracowników na linii produkcyjnej.

Rys. 56 Układ doważania.



Rys. 57 Układ dozowania.

Zdjęcie przedstawia stanowisko napełniania worków „big bag”, wykorzystujące terminal Pue7.1. Widoczne na zdjęciu dwa terminale są podłączone do systemu komputerowego, z którego uzyskują nastawy dozowania. Proces napełniania wykorzystuje wyjścia cyfrowe terminala – uruchamiany jest podajnik materiału. Po osiągnięciu zadanej masy podajniki zostają

wyłączone, sygnalizator akustyczno-optyczny oznajmia obsłudze

zakończenie procesu, a wynik pomiaru zostaje zapisany do pamięci wagi i przesyłany do systemu komputerowego.



Rys. 58 Waga WLY.

jest prowadzony przez program wagi i jego działania ograniczają się do wykonywania poleceń urządzenia.

Systemy wag przemysłowych to nie tylko urządzenia procesowe. Bardzo często terminale wagowe wykorzystywane są w procesach kontrolnych i nadzorczych. Na zdjęciu przedstawiona została waga typu WLY, wyposażona w terminal PUE 7.1, przeznaczona do prowadzenia kontroli towarów paczkowanych zgodnie z Ustawą. Oprogramowanie miernika posiada specjalny tryb pracy KTP w którym zostały zawarte kryteria obowiązującej Ustawy, co pozwala wadze na przeprowadzenie kontroli i wygenerowanie niezbędnego raportu. Operator

5.3.3. Terminal PUE HY10

Obecnie najnowszym terminalem wagowym z rodziny mierników PUE 7.1/HY jest terminal wagowy PUE HY10. Konstrukcja tego miernika jest kontynuacją przemysłowego indykatora PUE HY.



Rys. 59 Terminal wagowy HY10.

Terminal zachował pełną funkcjonalność indykatora PUE HY. Ekran 5,7" zastąpiony został panoramicznym ekranem o przekątnej 10,1" W zamian usunięta została zewnętrzna klawiatura, która w obecnym rozwiązaniu zastąpiona została klawiaturą ekranową. Nie ograniczyło to możliwości obsługi terminala w rękawiczkach, ponieważ specjalna wersja ekranu dotykowego reaguje na dotyk gołej ręki, jak i ubranej w rękawiczkę gumową lub wełnianą.

Dodatkowo zwiększona została ilość obsługiwanych platform z czterech do sześciu, a przede wszystkim znacznie wzrosła moc obliczeniowa miernika dzięki zastosowaniu mocniejszego procesora.

Szczegółowe parametry techniczne przedstawia poniższa tabela.

Temperatura pracy	-10 ÷ +40 °C
Wilgotność względna powietrza	10÷85% RH bez kondensacji
Stopień ochrony	IP 68 (1h max)/69
Zasilanie	100 ÷ 240 V AC 50 ÷ 60 Hz
Wyświetlacz	10,1" panoramiczny kolorowy 1024x600
Panel dotykowy	pojemnościowy
Klawiatura	panel dotykowy
Klasa dokładności OIML	III
Napięcie zasilania na przetw. tensometrycznym	5V DC
Obudowa	stal nierdzewna
USB	2 porty
RS 232	×1
Połączenie czujników tensometrycznych	4 lub 6 przewodów + ekran
Max. impedancja przetw. tensometrycznych	1200 Ω
Minimalna impedancja przetw. tensometrycznych	50 Ω
Minimalne napięcie na 1 działkę legalizacyjną	0,4 μV
Ethernet	×1
Moduł wyjść analogowych (opcja)	tryby pracy - 4-20mA, 0-20mA, 0-10V
Max. napięcie na 1 działkę legalizacyjną	3,25 μV
Maksymalna ilość obsługiwanych platform	6 (2 x wewnętrzny moduł wagowy + 4 x zewnętrzne moduły wagowe)
System operacyjny	Microsoft Windows Embedded Compact 7
Pamięć	RAM 256 MB DDR2, 8GB - karta microSD
Procesor	2×1 GHz
Max. przyrost sygnału	19,5 mV
Max. ilość działek legalizacyjnych	6000

Tabela 18 Parametry techniczne terminala PUE HY.

łatwą do zauważenia przez użytkowników nowością jest wyświetlacz podzielony na cztery niezależne części, które mogą być indywidualnie konfigurowane według własnych potrzeb lub łączone w celu uzyskania dużego wykresu pomiarów lub masy.

Poniższe zdjęcie przedstawia przykładową konfigurację ekranu głównego terminala z widocznymi klawiszami szybkiego wyboru asortymentu.

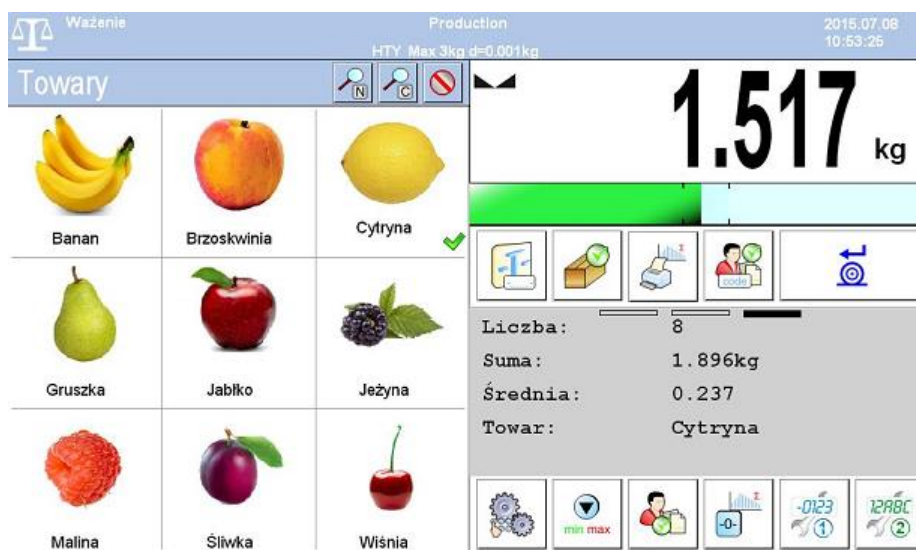


Tabela 19 Ekran terminala PUE HY10.

Oprogramowanie PUE HY10 pozwala budować na jego bazie stanowiska etykietowania, liczenia sztuk, recepturowania, kontroli towarów paczkowanych, wagi samochodowej i dozowania. Przy wszystkich tych modach pracy terminal może pracować indywidualnie jednostanowiskowo lub realizować połączenie interaktywnie z systemem komputerowym. Co więcej, przy problemach z łącznością w czasie pracy sieciowej, terminal automatycznie przestawia się na pracę jednostanowiskową i zapisuje pomiary w swojej pamięci, a po odzyskaniu połączenia z komputerową bazą danych aktualizuje dane i wraca do trybu sieciowej pracy. Nowymi funkcjami, zarezerwowanymi dla HY 10, są dodatkowe możliwości kalibracji wagi: „Wirtualna kalibracja” oraz „Kalibracja z obciążeniem”. Pierwsza z nich umożliwia skalibrowanie wagi bez konieczności użycia wzorców masy. Kalibracja realizowana jest za pomocą fabrycznych współczynników czujników tensometrycznych, które są dostarczane przez producentów tensometrów na karcie produktu, a algorytm terminala wyznaczy na ich podstawie współczynnik kalibracyjny.

„Kalibracja z obciążeniem” umożliwia ponowną kalibrację wagi w przypadku, gdy nie ma możliwości usunięcia z niej ważonego materiału np. w przypadku silosów. Dopełnieniem warstwy programowej PUE HY 10 są interfejsy komunikacyjne, pozwalające na podpięcie do terminala drukarek, skanerów, pamięci flash, zewnętrznych przycisków przemysłowych oraz komunikacja z komputerem.

O tym, że PUE HY 10 to terminal typowo przemysłowy, dedykowany do systemów automatyki świadczy zaimplementowany protokół Modbus RTU obsługa interfejsu Profibus oraz rozbudowany moduł I/O, który może obsługiwać do 12 wejść i wyjść.

5.4. Terminal wagowy PUE 5

Obecnie spośród wszystkich typów terminali wagowych, produkowanych przez różnych wytwórców, najbardziej zaawansowane technologicznie i funkcjonalnie rozwiązania zostały oparte na komputerach przemysłowych, systemach operacyjnych Windows Embedded i panelach dotykowych o przekątnej minimum 12”.

Trzeba zaznaczyć, iż tego typu rozwiązania są produkowane tylko przez nielicznych producentów systemów wagowych. Są to urządzenia przeznaczone m.in. do pracy w „warunkach mokrych”, czego w większości przypadków nie umożliwiają standardowe terminale przemysłowe, przystosowane najczęściej do montażu panelowego – czyli zabudowy w szafie sterowniczej.

Jednym z poważniejszych problemów w tego typu urządzeniach jest pogodzenie konieczności odprowadzania ciepła, generowanego przez komputer przemysłowy, z wymogiem zachowania dużej szczelności – w opisywanych terminalach udało się rozwiązać tę kwestię dzięki zastosowaniu specjalnej konstrukcji. Dlatego możliwe jest wykorzystanie ich np. w tzw. warunkach mokrych.

Zastosowanie w terminalach tak dużych wyświetlaczy oraz komputera przemysłowego ma dwójakie uzasadnienie: z jednej strony umożliwia stworzenie bardzo wygodnego i intuicyjnego interfejsu obsługi w przypadku budowania zaawansowanych systemów wagowych, a z drugiej – dostarcza gotowe narzędzie dla klientów tworzących własne systemy wizualizacyjne.

W tym drugim przypadku terminale wyposażane są w „czysty” system Windows oraz biblioteki *.dll, umożliwiające komunikację z modułem wagowym. Potencjalny odbiorca ma więc możliwość zakupu zalegalizowanej wagi, do której następnie może wgrać swoją własną aplikację.

W systemach dozowania oraz recepturowania umożliwiają one stosowanie wielu platform wagowych oraz jednocześnie dozowanie na nich z pełną kontrolą procesu, czego nie mogą zapewnić standardowe terminale operatorskie.

Obecnie na bazie terminali wagowych budowane są zarówno jednostanowiskowe, jak i rozproszone, wielozadaniowe systemy wagowe współpracujące z centralnym informatycznym systemem bazodanowym. Ze względu na olbrzymią ilość przesyłanych danych (rekordy ważeń, bazy asortymentów, operatorów itp.) podstawowym interfejsem komunikacyjnym jest sieć Ethernet. W większości przypadków oprogramowanie terminali wagowych umożliwia ustawienie podstawowych parametrów TCP/IP – dzięki temu urządzenia mogą działać w systemach przemysłowych w dowolnie skonfigurowanej sieci. Terminale wagowe pracują w standardzie 100Base-TX (czyli do 100Mb/s), dla którego maksymalna długość segmentu wynosi do 110 m z nieekranowanym przewodem.

Firma RADWAG ma w swojej ofercie dwa rodzaje terminali wagowych, różniących się od siebie przekątnymi ekranu. Terminal PUE 5.15 jest wyposażony w ekran 4:3, o przekątnej 15,6” a drugi w panoramiczny ekran 16:9 o przekątnej 19”.



Rys. 60 Terminal wagowy PUE 5.15; PUE 5.17.

Poniższa tabela przedstawia specyfikację techniczną obu urządzeń.

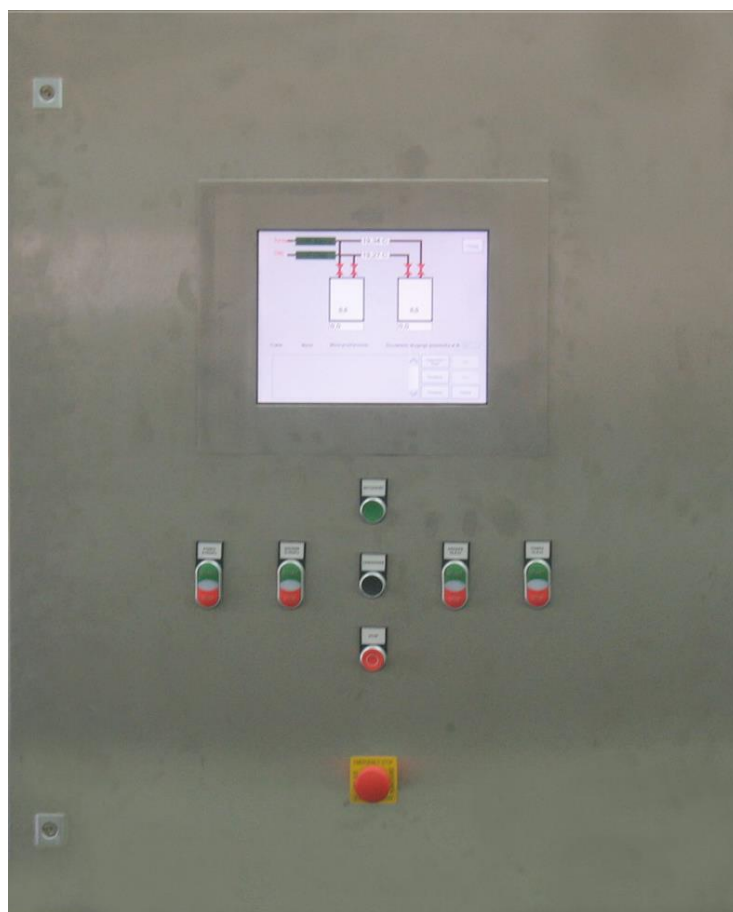
Temperatura pracy	0 ÷ 40 °C
Wilgotność względna powietrza	10÷85% RH bez kondensacji
Stopień ochrony	IP 67 - wersja z panelem na podczerwień / IP 68 - wersja z panelem rezystancyjnym
Zasilanie	100 ÷ 240 V AC 50 ÷ 60 Hz
Wyświetlacz	LCD 15,6" (panel dotykowy) / LCD 19" (panel dotykowy
Panel dotykowy	na podczerwień (standard) lub rezystancyjny (opcjonalnie)
Masa netto/brutto	10,5/11,5 kg; 14/15 kg
Wymiary opakowania	560×360×240 mm; 590×430×240 mm
Klasa dokładności OIML	III
Napięcie zasilania na przetw. tensometrycznym	5V DC
Obudowa	stal nierdzewna
Połączenie czujników tensometrycznych	4 lub 6 przewodów + ekran
Max. impedancja przetw. tensometrycznych	1200 Ω
Minimalna impedancja przetw. tensometrycznych	80 Ω
Minimalne napięcie na 1 działkę legalizacyjną	0,4 μV
Interfejs USB	4 x USB 2.0 (2 x USB A, 2 x M12 4P)
Interfejsy szeregowo	2 x RS 232 (*), 1 x RS 485 (2 x M12 8P)
Interfejs Profibus DP	praca w trybie slave
Zewnętrzne przyciski PRINT, TARA, START (opcja)	wymagana wersja terminala z zainstalowanymi 4WE/4WY (gniazda M12 8P)
Ethernet	2 x 10/100/1000 Mbit
Wejścia/wyjścia (opcja)	4WE/4WY (2 x gniazda M12 8P lub 2x przewody przez dławice)
Max. napięcie na 1 działkę legalizacyjną	3,25 μV
Moduł dodatkowej platformy wagowej (opcja)	dodatkowo max. 3 szt (parametry metrologiczne jak w platformie głównej)
Pamięć danych	SSD 60 GB
Chipset	Intel® HD Graphics Gen 7
Pobór prądu	50 W
System operacyjny	Microsoft Windows 7 Embedded
Pamięć	4GB DDR3L 1333MHz max 8GB
Procesor	Intel® Celeron® 2GHz Quad-core 2MB cache
Max. przyrost sygnału	19,5 mV
Max. ilość działek przetw. tensometrycznego	838 860 ×10
Max. ilość działek legalizacyjnych	6000 e

Tabela 20 Parametry techniczne terminali PUE 5.

Terminale serii PUE 5 mają możliwość podłączenia czterech platform tensometrycznych jednocześnie, dzięki zastosowanemu w nich modułowi pomiarowemu MW-04. Możliwe jest także dodatkowe podłączenie, przy użyciu interfejsów komunikacyjnych, wagi laboratoryjnej wysokiej rozdzielczości, modułów wagowych produkcji RADWAG. Dzięki tak dużej

elastyczności w konfigurowaniu sprzętowym i programowym, terminal może zostać zastosowany zarówno na linii produkcyjnej, jak i stanowisku laboratoryjnym. W terminalu PUE 5 dostępnych jest szereg interfejsów komunikacyjnych, które mogą być wykorzystywane równolegle, zapewniając jednoczesną komunikację np. z systemem komputerowym oraz modułem wagowym.

Poniższy przykład przedstawia terminal PUE 5.15 z zaimplementowanym systemem wizualizacyjnym układu dozowania syropu, połączonego z dodatkowym układem kontroli temperatury surowca.



Rys. 61 Terminal PUE 5.15 z oprogramowaniem wizualizacyjnym.

Kolejny przykład przedstawia terminal PUE 5.15 zainstalowany w zakładzie mięsny i sprzęgnięty z systemem komputerowym. Polecenia dla pracownika są wysyłane bezpośrednio z systemu komputerowego i wyświetlane na terminalu. Wszystkie operacje wykonywane przez wagowego są bezpośrednio przesyłane do jednostki nadrzędnej i tam rejestrowane. Oprogramowanie zarządzające terminalem zostało dostarczone przez zewnętrzną firmę na zlecenie zakładu mięsnego. Firma RADWAG dostarczyła platformę wagową wraz z terminalem, umożliwiającym uruchomienie aplikacji klienta.



Rys. 62 Terminal PUE 5.15 w zakładzie mięsnym.

Podsumowując zagadnienie przemysłowych terminali wagowych można te urządzenia scharakteryzować jako wielofunkcyjne indykatory wagowe, zapewniające łatwą i przyjazną interakcję z operatorem. Ich funkcjonalność często wykracza poza zagadnienia związane z pomiarem masy i umożliwia ich zastosowanie w zupełnie innych dziedzinach automatyki przemysłowej – terminale PUE 5 nie muszą być podłączone do platformy wagowej, ich funkcjonalność zależy głównie od rodzaju aplikacji, jaka zostanie na nich utworzona.

Terminale wagowe to urządzenia przystosowane do pracy w ciężkich warunkach przemysłowych, mogące realizować założone procesy autonomicznie lub w połączeniu z komputerowym systemem nadzoru, będąc jego peryferyjnymi terminalami komunikacyjnymi. Poprzez szereg dostępnych interfejsów, do systemu komputerowego mogą trafiać dodatkowe dane procesowe, które terminal może odbierać od innych urządzeń; takich jak czytniki, skanery czujniki i wiele innych.

6. Systemy wagowe oparte o wagi nieautomatyczne

Powszechna, wkraczająca we wszystkie dziedziny naszego życia cyfryzacja z oczywistych względów nie omija również sfery wag laboratoryjnych i przemysłowych. Obecnie właściwie każdy producent posiada w swoim zakładzie mniej lub bardziej zaawansowany technologicznie system wagowy. Te podstawowe – to proste wagi, połączone np. z zewnętrznym skanerem kodów kreskowych czy sygnalizatorem lub wagi wyposażone w prosty interfejs komunikacyjny, umożliwiając intuicyjny sposób komunikacji z urządzeniem. Mimo iż dobrze spełniają one swoją pierwotną funkcję, to ich możliwości nie nadążają za rosnącymi oczekiwaniami użytkowników.

Wymaganie ciągłej optymalizacji i weryfikacji produkcji wymusza konieczność gromadzenia ogromnych ilości danych z wszelkiego rodzaju czujników, sond, skanerów, mierników i przede wszystkim – wag. Te ostatnie dla większości producentów stanowią podstawowe źródło informacji o dokładności pakowania lub same są elementem sterującym tymże procesem. Z tego względu proste urządzenia wagowe, wyposażone w małe wyświetlacze masy, zmieniają się i stają się zaawansowanymi technologicznie terminalami operatorskimi, prowadzącymi interaktywną komunikację z operatorem. Obecne systemy wagowe, oparte o komputery przemysłowe, swoimi możliwościami daleko wykraczają poza „zwykłe ważenie” i wkraczają w sferę zarezerwowaną dotychczas dla przemysłowych terminali operatorskich, współpracujących z systemami wizualizacyjnymi.

Z drugiej strony, ciągle zwiększanie produktywności i dążenie do ograniczania strat własnych zakładów przemysłowych zmusza producentów urządzeń wagowych do dalszego podnoszenia jakości swoich urządzeń, zwiększania ich dokładności, niezawodności, a przede wszystkim szybkości działania.

6.1. Systemy liczące

Układy wagowe przeliczające masę na ilość sztuk na podstawie masy wzorca są powszechnie znane i stosowane wszędzie tam, gdzie występują duże ilości powtarzalnych elementów wymagających konfekcjonowania. Są to głównie wytwórnie, fabryki, składy, hurtownie oraz sklepy działające w branży metalurgicznej. Układy liczące znajdują również swoje zastosowanie w przemyśle



meblarskim, farmaceutycznym, spożywczym, a nawet w konfekcjonowaniu układów elektronicznych i elektrycznych. Jedynym niezbędnym warunkiem, koniecznym do wprowadzenia systemu liczącego, jest zachowanie powtarzalności masy ważonych detali.

Początkowo funkcja liczenia sztuk została wprowadzona do wag jako dodatkowy moduł funkcyjny, który zwiększał podstawową funkcjonalność wagi przemysłowej lub laboratoryjnej.

Uruchomienie tej funkcji wymagało przeprowadzenia procedury wyznaczenia masy wzorca na podstawie próbki wzorcowej. Zasada kalibracji pozostaje do dzisiaj niezmienna. Operator deklaruje licznosc próbki wzorcowej, a waga na podstawie tych danych wyznacza masę

jednostkową detalu.

$$\frac{\text{Masa położonych detali}}{\text{zadeklarowana ilość}} = \text{masa pojedynczego detalu}$$

Oczywiście, taka operacja jest w całości automatyczna, a wynik jej jest przechowywany w pamięci wagi. Znając określoną masę pojedynczego detalu, można rozpocząć proces liczenia. Jak widać, ten pierwszy etap procesu wyliczania masy pojedynczego detalu jest bardzo ważny, ponieważ jego poprawność w dużej mierze decyduje o poprawności działania funkcji, podobnie jak powtarzalność masy poszczególnych sztuk produkowanego detalu.

W przypadku przemysłu metalowego, w którym różnorodność asortymentu sięga często poziomu 10 000 sztuk różnych detali, każdorazowe przeprowadzenie wzorcowania było żmudne i uciążliwe, ponadto powodowało częste błędy liczenia poprzez wadliwe wybranie próbki wzorcowej. Ponadto brakowało bardzo ważnej funkcji – możliwości wydrukowania paragonu lub etykiety.

Obecne stosowanie rozwiązania, oparte na terminalach wagowych, niwelują wszystkie problemy poprzednich rozwiązań. Układ liczący nie jest już traktowany jako samodzielne stanowisko wagowe, ale jako zespół urządzeń współpracujących ze sobą.



Rys. 63 Przykład zestawu liczącego.

W skład zaprezentowanego zespołu wchodzi:

- waga na bazie terminala wagowego PUE 7,
- waga precyzyjna serii PS, pełniąca rolę dodatkowej platformy do precyzyjnego wyliczania masy wzorca,
- drukarka etykiet,
- czytnik kodów kreskowych (niewidoczny na zdjęciu).

Przedstawione rozwiązanie jest autonomicznym zestawem liczącym. Terminal wagowy PUE 7, widoczny na zdjęciu, został wyposażony w system bazodanowy zawierający:

- pojemną bazę danych asortymentów,
- bazę kontrahentów,
- bazę operatorów,

- bazę raportów,
- bazę etykiet.

oraz

bazę składników, opakowań, magazynów, ważeń i zmiennych uniwersalnych.

Podstawowa funkcjonalność urządzenia pozwala m. in. na:

- identyfikację operatora przeprowadzającego ważenie,
- wybór za pomocą czytnika kodów kreskowych liczonego asortymentu,
- możliwość swobodnego projektowania i edytowania etykiet,
- wydruki etykiet jednostkowych, zbiorczych i zbiorczych etykiet zbiorczych,
- wyznaczenie masy pojedynczego detalu na wadze precyzyjnej PS.

Jeżeli masa wzorca jest stała i znana operatorowi, to proces wyznaczania masy wzorca może zostać pominięty, ponieważ terminale umożliwiają wprowadzenie takiej wartości bezpośrednio z klawiatury. Oprogramowanie Pue7.1 pozwala ponadto wyznaczoną masę wzorca przypisać do towaru z bazy danych. Przy kolejnym wybraniu tego asortymentu z bazy można przystąpić do liczenia bez konieczności wyznaczenia masy wzorca.

Masę wzorca można zatem wprowadzić poprzez:

- wyznaczenie masy wzorca na wadze liczącej,
- wyznaczenie masy wzorca na wadze precyzyjnej o większej dokładności,
- ręczne wprowadzenie masy wzorca,
- wybranie z bazy danych asortymentu z uprzednio przypisaną masą wzorca.

Podstawową funkcjonalność jednostanowiskowego systemu etykietującego można rozszerzyć poprzez podłączenie go do centralnego komputera bazodanowego. Przy takim połączeniu następuje automatyczne sprzężenie baz danych wszystkich wag pracujących w systemie. Jeżeli na jednej z nich nastąpi jakakolwiek zmiana nastaw lub baz danych, to system automatycznie aktualizuje informacje w pozostałych wagach. Ponadto wszelkie operacje wykonywane na wagach są natychmiast rejestrowane w systemie komputerowym, dzięki czemu działy nadzoru i zarządzania mają pełny podgląd przebiegu procesu.

Masa pojedynczego wzorca w procesie liczenia detali jest wyznaczana matematycznie i nie jest powiązana z działką elementarną wagi. Dzięki temu można dokładniej zliczać elementy niż to wynika z wartości działki elementarnej wagi. Aby w procesie liczenia uzyskiwać żądane dokładności, należy odpowiednio dobrać rozdzielczość i zakres wagi do liczonych partii i masy pojedynczych elementów, przy czym masa pojedynczego detalu nie może być mniejsza niż 0,1 działki elementarnej wagi. Jest to podstawowy warunek. Tu należy zauważyć, że wartość masy wzorca nie musi być wyznaczona poprzez ważenie. Może to być wartość cyfrowa, pobrana z zupełnie innego źródła (np. certyfikat, system jakości, waga o innej rozdzielczości). Takie podejście jest często stosowane w tzw. systemach dwuplatformowych. W tych przypadkach pierwsza platforma posiada dość dużą rozdzielczość, a druga – znaczne obciążenie. Pozwala to na poprawne zliczanie detali zarówno tych o małych masach jednostkowych, jak i o znacznej masie całkowitej.

Ponieważ produkowane czy powtarzalne detale zawsze różnią między sobą pod względem

masy (pomimo złudzenia identyczności, jakie odczuwamy, patrząc np. na monety o tych samych nominałach czy też na dwie takie same śruby). Dopiero szczegółowe sprawdzenie masy, z wykorzystaniem wagi o odpowiedniej dokładności, wykazuje występujące różnice. Nasuwa się zatem pytanie:

Co zrobić, żeby wyznaczyć masę pojedynczego detalu dokładnie?

Rozwiązaniem jest wyznaczenie masy pojedynczego detalu z próbki o znacznej liczności np. z 50 lub 100 sztuk. Ponieważ wyznaczona masa jest wartością średnią z dużej partii, więc prawdopodobieństwo poprawnego zliczenia wszystkich detali jest dość duże. Niestety, takie rozwiązanie wymaga w pierwszym etapie ręcznego przeliczenia dużej ilości detali, co wymaga skrupulatności i znacznej uwagi. Przy założeniu, że należy wyznaczyć masę wzorca dla kilkunastu asortymentów, stanowi to poważny problem.

Mając na uwadze powyższe zależności, wagi liczące firmy RADWAG zostały wyposażone w funkcję automatycznej korekty dokładności. Zadaniem tej funkcji jest modyfikacja masy jednostkowej detalu podczas automatycznego liczenia. Można zatem wyznaczyć masę jednostkową detalu z 10 sztuk, a następnie korygować ją stopniowo – jest wyliczana z większej próbki, którą uzyskuje się poprzez dokładanie kolejnych elementów. Każde niewielkie zwiększenie ilości detali na szalce wagi powoduje automatyczne przyjęcie do obliczeń nowej masy jednostkowej, obliczonej z większej próby.

Takie rozwiązanie zwiększa skuteczność i dokładność zestawu liczącego.

6.2. Systemy etykietujące

Systemy etykietujące w ciągu ostatnich lat przeszły podobne przeobrażenie, jak wspomniane wyżej systemy liczące.

Pierwsze układy znakujące były budowane na postawie standardowych wag przemysłowych, wyposażonych w interfejs RS 232 i współpracujących z drukarkami paragonowymi. Duże koszty jednostkowe etykiet oraz urządzeń drukujących początkowo blokowały rozwój tej grupy wag przemysłowych. Wraz z powstaniem pierwszych supermarketów oraz rozwojem transportu i systemów logistycznych nastąpił nagły wzrost zainteresowania producentów i dystrybutorów tego rodzaju rozwiązaniami.

Producenci wag przemysłowych zaczęli dostosowywać swoje oprogramowanie dedykowane dla drukarek paragonowych do współpracy z urządzeniami etykietującymi. Początkowo wzór etykiety był projektowany w zewnętrznym programie komputerowym i następnie ręcznie wgrywany do etykietarki, przynoszonej w tym celu z hali produkcyjnej do biura. Rola wagi sprowadzała się tylko do przesłania wartości masy do etykiety, przy czym pojawiało się wiele problemów, związanych z błędami programowania etykiety lub wydruku w wadze. Osoby programujące etykietarki często rezerwowały zbyt mało miejsca dla zmiennej przesyłanej z wagi (wartości masy), co skutkowało brakiem wydruku lub wydrukowaniem pustej etykiety. W takich przypadkach procedura programowania etykiety musiała rozpocząć się od nowa –

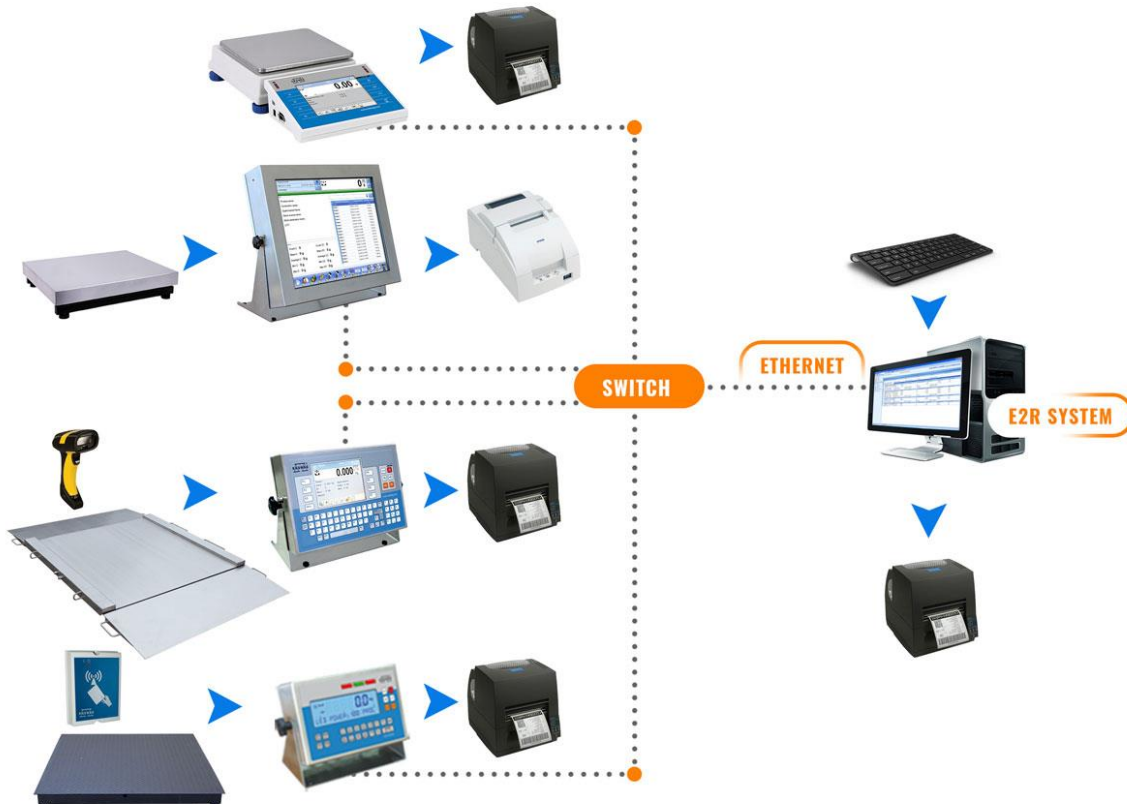


czyli projekt, przyniesienie etykieciarki z hali, wgranie etykiety, zanieśenie etykieciarki na halę i sprawdzenie działania.

Kolejnym etapem rozwoju systemów etykietujących było wprowadzenie w wagach zmiennych tekstowych, możliwych do umieszczania na etykiecie. Częściowo uprościło to obsługę układu, ponieważ drobne zmiany typu: skład produktu, data przydatności, nazwa itp., były możliwe do edycji z poziomu głowicy wagowej.

Obecnie wraz z pojawieniem się terminali wagowych posiadających duże zasoby pamięci oraz jednostki obliczeniowe o dużych możliwościach, zasada programowania i obsługi systemów etykietujących została zmieniona. Użytkownik przed przystąpieniem do uruchomienia jest zobowiązany do zaprojektowania wzoru(ów) etykiet, które następnie zostają wgrane do terminala poprzez interfejs RS 232, Ethernet lub za pomocą przenośnej pamięci masowej Flash. Następnie z poziomu terminala wagowego przypisuje zaprojektowane etykiety do asortymentów zapisanych w bazie danych wagi. W dowolnym momencie może zmienić wzór etykiety przypisany do asortymentu lub poprzez przeprojektowanie danego wzoru zmienić etykietę dla wszystkich przypisanych do niego asortymentów. Sama etykieciarka przechowuje w swojej pamięci tylko odpowiednie czcionki i ewentualnie zestaw grafik, który jest wykorzystywany na etykietach, tak więc ingerowanie w jej pamięć nie jest konieczne, co znacznie upraszcza obsługę systemu.

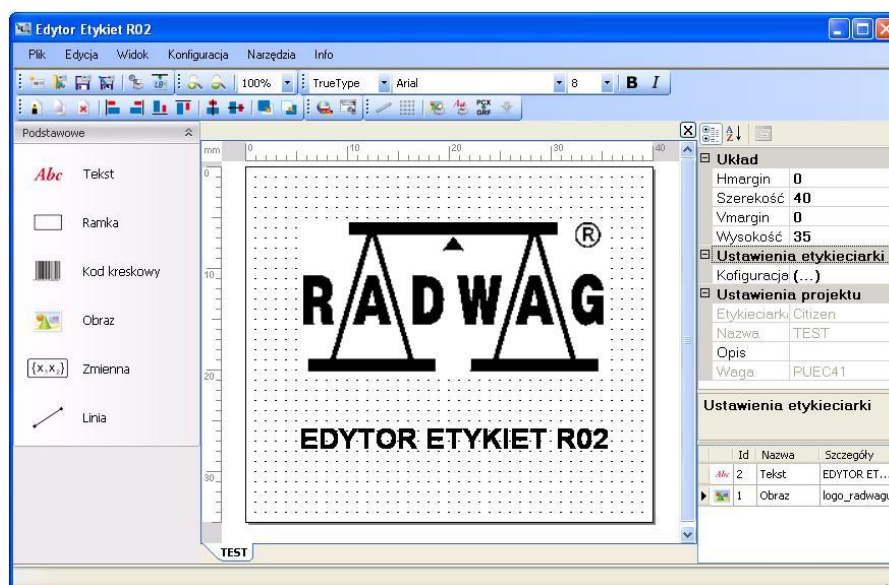
W przypadku podłączenia wagi do sieci komputerowej obsługa staje się jeszcze prostsza, ponieważ zmian wzorów etykiet można dokonywać właściwie online. Ponadto, w sieciach komputerowych spinających rozproszone stanowiska etykietujące aktualizacja wzorów etykiet czy baz danych jest natychmiastowa i jednoczesna dla każdego z nich.



Rys. 64 Przykładowy system etykietujący.

Standardowe możliwości funkcjonalne systemu etykietującego:

- tworzenie wzorów etykiet za pomocą programu komputerowego lub z poziomu terminala wagowego (rozwiązanie zależy od wielkości wyświetlacza). Narzędzia do projektowania etykiet to obecnie oprogramowania graficzne, które w sposób intuicyjny umożliwiają stworzenie nowej lub edycję istniejącej etykiety. Programy tego typu, powiązane z terminalami wagowymi, posiadają wbudowane zmienne umożliwiające w prosty sposób określanie i umiejscawianie zmiennych generowanych przez wagę,
- definiowanie liczby etykiet, które będą drukowane na podłączonej do terminala drukarce,
- wyzwalanie druku etykiety zbiorczej oraz etykiety zbiorczej ze zbiorczych na trzy sposoby:
 - ręcznie;
 - stanem liczników etykiet;
 - zadaną wartością masy asortymentu;
- funkcja wagi kontrolnej (kontrola wyniku ważenia + / -),
- identyfikacja towarów przy wykorzystaniu kodu kreskowego,
- bieżąca aktualizacja danych statystycznych po wpisaniu kolejnego pomiaru do pamięci terminala,
- podgląd ważeń przeprowadzonych na terminalu wagowym w postaci tabeli ważeń,
- szybkie wyszukiwanie asortymentu za pomocą skanera kodów kreskowych lub czytników RFID,
- dostępność baz danych: operatorów, kontrahentów, asortymentów, składników, opakowań, etykiet, magazynów, ważeń, zmiennych uniwersalnych,
- dostępność raportów z ważeń oraz generowanie uproszczonych raportów dzięki zaimplementowanym modułom uproszczonego raportowania,
- zarządzanie bazami danych z poziomu komputera PC.



Rys. 65 Okno programu do tworzenia etykiet.

Ze względu na to, iż konieczność etykietowania pojawia się właściwie w każdym systemie wagowym; począwszy od liczenia sztuk, poprzez recepturowanie, dozowania, a skończywszy

na systemach wag samochodowych, to obecnie funkcje systemu etykietującego są dostępne w każdym trybie pracy terminala.

Poniższe zdjęcie przedstawia fragment systemu wagowego wyposażonego w układ etykietujący. Na wadze zainstalowanej w układzie transportera rolkowego operator ma za zadanie wykonać ważenie. Uzyskany pomiar jest następnie przesyłany do systemu komputerowego i tam archiwizowany. Następnie komputer zwrótnie przesyła do wagi, w postaci elektronicznej, etykietę, którą terminal wagowy przesyła do drukarki. Etykieta jest drukowana i naklejana ręcznie przez operatora.



Rys. 66 Zestaw etykietujący na linii rozbiorowej.

6.3. Systemy dozujące

Układy i systemy dozujące to obecnie jedne z najczęstszych zastosowań wag przemysłowych w procesach technologicznych. Podobnie, jak inne rozwiązania systemowe, przebyły długą drogę od prostych wag, w których funkcja dozowania była niejako dodatkiem do standardowych terminali wagowych. Obecnie możliwości układów dozowania są bardzo szerokie i ich wykorzystanie zależy tylko od potencjału i wymagań odbiorcy.

Możliwości układu dozowania bardzo dobrze obrazuje zrealizowany przez firmę RADWAG system dozowania grawimetrycznego koncentratów spożywczych do beczek.



Założenia systemu:

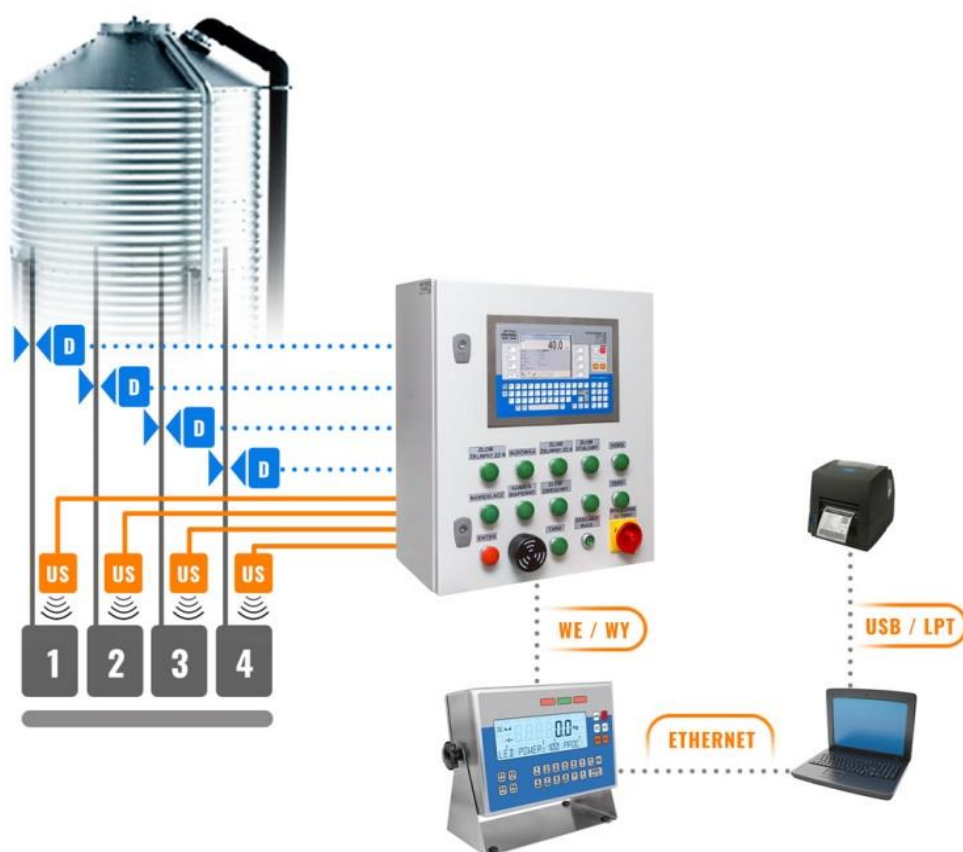
- system powinien być w pełni z informatyzowany; zarówno pod względem wystawiania zleceń, dozowania, jak i systemu raportowania,
- zlecenia wystawiane w mieście A,
- realizacja zleceń w mieście B,
- możliwość równoczesnego dozowania do 1 - 4 beczek (zależnie od zlecenia),
- możliwość dozowania produktów płynnych o różnym stopniu gęstości,

- możliwość dozowania produktów płynnych przy zmiennych prędkościach przepływu,
- dozowanie grawitacyjne z silosu o zmiennym poziomie napełnienia.

System został zaprojektowany i zrealizowany w następujący sposób:

W punkcie wystawiania zleceń zainstalowano oprogramowanie komputerowe umożliwiające:

- definiowanie bazy danych użytkowników, towarów, kontrahentów, magazynów oraz operatorów,
- wystawianie zleceń produkcyjnych,
- przekazywanie zleceń online do systemu dozującego, a także:
- zaimplementowano rozbudowany system analizy danych, otrzymywanych z terminali wagowych,
- wprowadzono możliwość kontroli nad wykonywanymi zleceniami z dowolnego komputera podłączonego do firmowej sieci Ethernet,
- wprowadzono możliwość definiowania zadanej masy do zadozowania oraz progów dozowania dla wybranego towaru.



Rys. 67 Schemat układu dozowania.

W zakładzie produkcyjnym zainstalowano układ wykonawczy, realizujący wystawione zlecenia.

W skład systemu weszły:

- terminal wagowy PUE C41H,
- zawory sterujące,
- czujniki poziomu cieczy w beczkach,
- zbiornik na koncentrat,
- platforma wagowa o udźwigu 600/1500 kg i dokładności 0,2/0,5 kg,
- układ automatyki wyposażony w pulpit sterowniczy,
- połączenie poprzez sieć LAN z systemem komputerowym.



Rys. 68 Widok układu dozującego.

Tryby pracy

Na potrzeby tego konkretnego systemu opracowano cztery niezależne tryby dozowania. W funkcji terminala odpowiedzialnej za proces dozowania zastosowano metodę mieszaną wyznaczania ilości zadozowanego koncentratu, tzn. pomiar masy został uzupełniony pomiarem przepływu dozowanego produktu w celu wyeliminowania czynników związanych z wysokością słupa cieczy w zbiorniku oraz jej lepkości. Podczas realizacji zleceń operator decyduje, w jakim trybie będzie pracował układ.

➤ **Dozowanie sekwencyjne**

Tryb pracy wybierany ręcznie. Polega na dozowaniu kolejno do wybranych zbiorników. Dozowanie do danego zbiornika odbywa się w dwóch etapach. Najpierw następuje szybkie dozowanie zgrubne do zadanego progu masy, a następnie dozowanie dokładne. Proces trwa do momentu uzyskania masy mieszczącej się w zadanej tolerancji. Nastawa dozowania do kolejnej beczki jest korygowana o błąd dozowania poprzedniej. Dla zwiększenia dokładności naważki terminal dozuje, uwzględniając prędkość przepływu cieczy tak, aby zamknąć zawory w odpowiednim momencie, nie doprowadzając do wystąpienia przelewów.

➤ **Dozowanie równoległe**

Tryb pracy wybierany ręcznie. Polega na dozowaniu do wielu zbiorników jednocześnie. Najpierw odbywa się szybkie dozowanie zgrubne do zadanego progu

masy, a następnie dozowanie dokładne. Dozowanie trwa do momentu osiągnięcia zadanej tolerancji.

W tym trybie, w przypadku gęstych koncentratów, nalewanie jest na tyle nierównomierne, że niektóre czujniki poziomu mogą zamknąć kontrolowany zawór dozujący przed zakończeniem dozowania. Oznacza to, iż w pojedynczych beczkach może wystąpić przekroczenie progu tolerancji, jednak suma mas z czterech beczek zawsze jest poprawna.

➤ **Dozowanie resztek**

Tryb pracy włączany automatycznie przez terminal wagowy. Przy bardzo małych przepływach (próg przepływu deklarowany w parametrze), kiedy wycieka ze zbiornika resztką koncentratu, algorytm dozowania automatycznie przechodzi w tryb dozowania resztek. W tym przypadku działa tylko część algorytmu sterującego dozowaniem, ponieważ osiąga się w ten sposób wystarczającą dokładność. Wyłącza się funkcja kontroli przepływu i dozowanie jest realizowane tylko na podstawie danych o przyrostach masy.

➤ **Tryb ręczny dozowania**

System dozujący umożliwia również uruchomienie ręcznego trybu pracy, który jest niezbędny w określonych przypadkach:

- cały cykl sterowany ręcznie,
- praca po zatrzymaniu cyklu automatycznego przyciskiem STOP + ZAPIS,
- stan awaryjny,
- konserwacja urządzenia.

Zastosowanie specjalnych algorytmów dozujących umożliwiło osiągnięcie dokładności dozy na poziomie jednej działki odczytowej wagi.

Działanie oprogramowania

Baza asortymentu do dozowania znajduje się na poziomie komputera PC. Terminal PUE C41H służy do przeglądania tej bazy i wykonania zlecenia zewnętrznego. Oprócz wyboru dozowanego produktu, operator z poziomu terminala decyduje, czy chce dozować produkt sekwencyjnie (beczka po beczce), czy do wszystkich beczek jednocześnie.

Komputer wysyła zawsze jedno zlecenie dozowania tzn. zadozowanie całości lub jednej beczki z sekwencji przy dozowaniu sekwencyjnym. Po zakończeniu zlecenia komputer odczytuje masę i zapisuje dane do dalszej obróbki.

Powyższy przykład systemu dozującego uwydatnia możliwości terminali dozujących współpracujących z systemami komputerowymi. Uświadamia on, że z jednej strony odległość pomiędzy punktem wystawiania zleceń a punktem realizacji nie ma znaczenia, a z drugiej – pokazuje, że nowoczesny terminal wagowy może sobie poradzić z tak trudnym zadaniem, jak zmienna w czasie wartość przepływu. Za realizacją tych, z pozoru prostych, zadań stoją złożone algorytmy logiczne i matematyczne.

6.3.1. Dokładność w procesach dozowania

Projektując układ dozujący, należy przyjąć założenia wymaganej dokładności, jaką system musi osiągnąć, tzn. określić dopuszczalny błąd dozowania, jaki będzie akceptowalny. Pierwszym warunkiem uzyskania satysfakcjonujących wyników jest właściwa budowa układu wykonawczego. W przypadku dozowania cieczy będzie to wykorzystanie odpowiednio szybkiego zaworu odcinającego jej dopływ w momencie zakończenia przez terminal procesu. Najlepiej w roli tej sprawdzają się zawory kulowe z napędem pneumatycznym. Następnie ważna jest możliwość dwuprogowego sterowania zaworami tak, żeby surowiec mógł być podawany z dwoma prędkościami. Można to zrealizować, sterując poprzez terminal wagowy przekształtnikiem częstotliwości, sterującym pompą podającą dozowaną ciecz. Pierwsza faza dozowania odbywa się w takim przypadku przy pełnym otwarciu zaworu, z pełną prędkością podawania, a po przekroczeniu ustalonego progu następuje przełączenie na mniejszą prędkość w celu uzyskania dokładnego naważenia. Istotnym czynnikiem jest także odległość między elementem podającym surowiec a wagą. W omawianym przypadku dozowania cieczy będzie to wysokość zaworu nad platformą wagową. Ważne jest, żeby była możliwa mała. Zmniejszy to ilość cieczy, która po zamknięciu zaworu spadnie jeszcze na wagę. Spełnienie tych warunków powinno dać wymierne rezultaty. Po poprawnym zrealizowaniu układu wykonawczego należy się przyjrzeć kolejnemu elementowi procesu – odpowiedniemu doborowi urządzenia pomiarowego, czyli platformie pomiarowej oraz terminalowi sterującemu. Indykatory dozujące RADWAG posiadają rozbudowane tryby dozowania, opisane w poprzednich rozdziałach. Ich podstawowe zalety wykorzystywane podczas procesów dozowania:

- szybki przetwornik wagowy,
- rozbudowane systemy filtracji sygnału,
- ręczne wprowadzanie korekt dozowania,
- algorytmy automatycznego wyliczenia poprawki dozowania na podstawie uprzednio dokonanych naważek,
- duża liczba wyjść cyfrowych, umożliwiających sterowanie zewnętrznymi urządzeniami wykonawczymi.

W przypadku wagi przemysłowej z rozdzielczością od kilku do kilkunastu tysięcy działek i odpowiednio zbudowanego systemu dozującego możliwe jest uzyskanie bardzo nieznaczących błędów procesowych – bliskich zeru.

6.3.2. Metrologia przemysłowa w procesach dozowania

Przy dobieraniu przemysłowej wagi dozującej istotna jest, dla dokładności procesu, konieczność stosowania wagi legalizowanej. W przypadku konstrukcji opartej na czujnikach tensometrycznych ograniczeniem są wymagania metrologii prawnej, czyli rozdzielczość nieprzekraczająca 3000d lub, w rzadszych przypadkach, 6000d. Narzuca to poważne ograniczenia w kwestii możliwych dokładności uzyskanych w procesie dozowania. W przypadku, gdy waga jest urządzeniem tylko technologicznym, nie służy do rozliczeń handlowych i nie jest wymagana jej legalizacja, można znacząco zwiększyć jej rozdzielczość i tym samym zmniejszyć błędy dozowania. Możliwośći współczesnych terminali wagowych oraz platform pozwalają z powodzeniem stosować kilkakrotnie większe rozdzielczości. Firma

RADWAG wdrożyła wiele rozwiązań, w których stosowane były urządzenia pomiarowe o rozdzielczości 15 000d, a w wyjątkowych przypadkach nawet 30 000d. Jednak należy pamiętać, że w przypadku wadliwego układu wykonawczego nawet waga o tak dużej rozdzielczości nie zagwarantuje poprawności działania procesu.

6.4. Systemy recepturujące

System recepturujący można nazwać w skrócie systemem dozującym wieloskładnikowym. Rozwój tego typu systemów został podyktowany wymaganiami współczesnego przemysłu, w którym powszechnie dokonuje się mieszania składników. Począwszy od zakładów betoniarskich, poprzez przemysł spożywczy, przemysł chemiczny, aż do przemysłu farmaceutycznego – w każdej z dziedzin produkcji przemysłowej dokonuje się mieszania produktów, ale zarazem każdy taki proces ma swoją specyfikę, która wymaga indywidualnego podejścia do problemu recepturowania.



Z tego też względu obecne systemy recepturujące, oparte o terminale wagowe, posiadają bardzo rozbudowane moduły receptur, dające dużą swobodę w dobraniu metody recepturowania przez klienta.



Rys. 69 Schemat układu recepturowania.

Każdy proces recepturowania można zakwalifikować do jednej z trzech grup:

- recepturowanie ręczne,
- recepturowanie automatyczne lub półautomatyczne,
- recepturowanie łączone.

Pierwszą grupę stanowią układy wagowe, na których proces realizacji wykonywany jest ręcznie, tzn. produkt na szalkę wagową jest nakładany manualnie.

Kolejna grupa to typowe systemy przemysłowe, w których proces realizacji receptury jest wykonywany w sposób samoczynny poprzez urządzenia automatyki, sterowane za pomocą terminala wagowego.

Tutaj możemy dodatkowo wyróżnić tryb w pełni automatyczny – system wagowy wykonuje pełną recepturę bez udziału operatora lub tryb półautomatyczny, w którym naważenie każdego kolejnego składnika jest potwierdzane przez operatora.

Trzecią grupę stanowią układy łączone, w których część składników jest dozowana automatycznie, a część np. dodatki i tzw. ulepszacze, jest dokładana ręcznie.

Proces recepturowania rozpoczyna się od zaplanowania receptury i jej wprowadzenia do terminala wagowego. Właśnie tu pojawia się pierwszy problem, który obrazuje poniższy przykład. Jeżeli zostanie ułożona receptura np. na ciasto do wypieku 10 bochenków chleba, to co zrobić, jeżeli potrzeba ciasta na 20 bochenków? Można oczywiście zrealizować dwa razy tę samą recepturę, ale jeżeli konieczny jest wypiek 25 albo 73 bochenków chleba? W takim przypadku nowoczesne terminale automatyczne przeliczają wartości wagowe każdego składnika. Przeliczenie następuje poprzez wprowadzenie mnożnika receptury, według którego cała receptura zostaje zmodyfikowana. Jeżeli poszczególne składniki różnią się swoimi naważkami w znaczący sposób, to terminale umożliwiają realizację zlecenia na kilku platformach o różnych udźwigach i dokładnościach.

Podczas procesu ręcznej realizacji receptury może zdarzyć się, że jeden ze składników zostanie przesypany w ilości, która ma negatywny wpływ na całą mieszaninę. W takim przypadku należałoby przerwać proces, zutilizować składniki rozpoczętej receptury i powtórzyć cały cykl od początku. Terminal jednak czuwa nad poprawnością receptury i w takich sytuacjach automatycznie zwiększa naważki kolejnych składników, a po zakończeniu doważania ostatniego składnika wraca do składników naważonych przed przesypanym składnikiem, tak aby zachować proporcje ułożonej receptury. Warunkiem poprawnego zakończenia receptury jest nieprzekroczenie przez składnik lub (zależnie od trybu recepturowania) całą recepturę udźwigu maksymalnego wagi.

Przez tryb recepturowania w tym wypadku należy rozumieć sposób postępowania terminala lub operatora po wykonaniu naważenia pojedynczego składnika. Waga może automatycznie tarować się po zważeniu – w tym wypadku kolejne składniki są do siebie dosypywane lub po wykonaniu naważenia operator usuwa składnik i rozpoczyna naważanie kolejnego.

Ten drugi tryb naważenia umożliwia również ważenie na wadze o małym udźwigu składnika, którego masa jest wielokrotnie większa w tzw. szarżach. W takim wypadku podczas układania receptury należy ustawić, w jakich częściach masowych lub procentowych składnik ma być odważany.

Inną ciekawą opcją systemów recepturujących jest możliwość kontroli operatora przez terminal wagowy. Ponieważ może się zdarzyć, że operator pomyli składniki i zamiast naważyć produkt A, rozpocznie dosypywanie produktu B, to istnieje opcja kontroli składnika poprzez np. zewnętrzny czytnik kodów kreskowych. Przy uruchomionej tej opcji weryfikacyjnej terminal najpierw sprawdza, czy wybrany przez operatora składnik jest

poprawny (poprzez odczytanie kodu kreskowego), a dopiero później rozpoczyna proces naważania.

Jak wynika z powyższego opisu, obecne systemy recepturujące to bardzo zaawansowane układy wagowe, które na dzień dzisiejszy spełniają wszystkie wymogi potencjalnych klientów.

Jeżeli układ recepturujący zostanie sprzężony z systemem komputerowym, to jego możliwości zostają dodatkowo rozszerzone o funkcje operacji bazodanowych. Istnieje możliwość powiązania układów recepturujących z gospodarką magazynową – czyli automatyczna kontrola stanów magazynowych, prowadzenie przesunięć, automatyczne zdejmowanie towarów z magazynów, zgodnie z prowadzoną recepturą oraz wprowadzanie na magazyn gotowych wykonanych mieszanek.

6.5. Systemy kontroli towarów paczkowanych

Obowiązującymi obecnie aktami prawnymi dotyczącymi kontroli towarów paczkowanych są: *Ustawa z dnia 7 maja 2009 r. o towarach paczkowanych* oraz *Ustawa z dnia 22 października 2010 r. o zmianie ustawy o towarach paczkowanych*. Ustawy te określają zasady paczkowania produktów przeznaczonych do wprowadzenia do obrotu w opakowaniach jednostkowych oraz oznaczania towarów paczkowanych znakiem „e”. Przepisy określają również zasady produkcji butelek miarowych.



Ustawa ta określa szereg wymagań dla wszystkich producentów wyrobów paczkowanych, oznaczających swoje wyroby znakiem e.

Podstawowe z nich to:

- paczkujący w terminie co najmniej 60 dni przed rozpoczęciem paczkowania produktów jest zobowiązany przekazać dyrektorowi właściwego terytorialnie okręgowego urzędu miar opis przyjętego przez siebie systemu kontroli wewnętrznej ilości towaru paczkowanego, gwarantującego właściwą kontrolę ilości (Art. 16),
- paczkujący jest zobowiązany do dokumentowania w formie pisemnej przeprowadzonych kontroli wewnętrznych ilości towaru paczkowanego, w sposób zapewniający możliwość sprawdzenia poprzez organy administracji miar czasu i miejsca przeprowadzenia kontroli, wielkości partii i pobranej próbki, wyników badania próbki wraz z określeniem, czy stwierdzony błąd nie przekracza dopuszczalnej wartości i czy dana partia spełnia kryteria dopuszczalności wprowadzenia do obrotu (Art. 18 ust. 1),
- na żądanie organu administracji miar paczkujący jest zobowiązany udostępnić dokumentację odnośnie przeprowadzonych kontroli (Art. 18 ust. 4).

W świetle powyższych wymagań wszyscy producenci wyrobów w opakowaniach jednostkowych, znakujący towary znakiem e, muszą wdrożyć własny, wewnętrzny system do kontroli towarów paczkowanych. W skład tego systemu, poza procedurami

organizacyjnymi opisującymi zasady jego działania, wchodzi urządzenia do kontroli towarów paczkowanych, czyli wagi. Pozostali producenci wyrobów paczkowanych są jedynie zobowiązani do prowadzenia kontroli, bez konieczności ich archiwizowania.

Obecnie wielu producentów, także firma RADWAG, oferuje w tym zakresie kompleksowe rozwiązania, poczynając od doboru właściwej wagi (o odpowiedniej dokładności), a kończąc na zainstalowaniu i uruchomieniu całego systemu.

Stosowane obecnie rozwiązania wagowych systemów przeznaczonych do kontroli towarów paczkowanych można podzielić na dwa rodzaje.

- autonomiczne, jednostanowiskowe systemy kontrolne,
- zintegrowane systemy sieciowe.

System jednostanowiskowy jest konstruowany w oparciu o wagę wyposażoną w odpowiednie oprogramowanie oraz drukarkę umożliwiającą wydruk raportów.

System sieciowy to minimum jedna waga połączona siecią LAN z systemem komputerowym, który zarządza i nadzoruje proces kontroli.

Wraz z zastosowaniem terminali wagowych wyposażonych w graficzny interfejs oraz wbudowany system bazodanowy różnice między tymi rozwiązaniami zacierają się. Dzisiejsze systemy sieciowe są budowane w taki sposób, że w przypadku uszkodzenia komputera głównego lub awarii sieci, każda z wag w systemie może sama rozpoczynać, przeprowadzać i kończyć kontrolę. Jest to możliwe, ponieważ każda waga ma w swojej pamięci pełną bazę asortymentów i operatorów. Przeprowadzone kontrole są zapamiętywane przez wagę i po przywróceniu połączenia z serwerem bazodanowym natychmiast przesyłane.

Obecnie klient może zatem zakupić system jednostanowiskowy, który następnie zostanie rozbudowany do systemu sieciowego.



Rys. 70 Schemat systemu sieciowego KTP.

Zgodnie z wymogami Ustawy, systemy wagowe oferują możliwość przeprowadzania kontroli towarów paczkowanych na dwa sposoby:

- kontrola 100% - przewidziana głównie dla wag automatycznych,
- kontrola statystyczna – losowo wybierane próbki do kontroli z partii.

Kontrola 100% polega na przeważeniu wszystkich produktów wytwarzanych w danej partii i sprawdzeniu ich mas z uwzględnieniem określonych przez ustawodawcę kryteriów (szerzej o tej metodzie w rozdziale dotyczącym wag automatycznych).

Systemy wag nieautomatycznych oferują dwie metody kontroli:

- kontrola przeprowadzana metodą referencyjną – zalecana przez ustawodawcę,
- kontrola metodą wewnętrzną – modyfikacja metody referencyjnej, w której użytkownik sam określa kryteria kontrolne, zmieniając ich nastawy w zakresie:
 - liczności partii,
 - czasu trwania kontroli,
 - wartości ujemnych błędów T,
 - wartości dodatnich błędów T,
 - współczynnika wykorzystywanego do wyliczania dopuszczalnej granicy średniej,
 - sposobu zakończenia kontroli; w tym gdy:
 - osiągnięta zostanie wymagana licznosc,
 - osiągnięty zostanie dopuszczalny czas trwania kontroli,
 - osiągnięty zostanie dopuszczalny czas trwania kontroli lub wymagana licznosc,
 - osiągnięty zostanie dopuszczalny czas trwania kontroli i wymagana licznosc.

6.6. Systemy statycznego pomiaru wag samochodowych

W wielu fabrykach przemysłowych rejestracja wagowa przepływu towarów zaczyna się zaraz po wprowadzeniu surowca za bramy zakładu, jeszcze przed jego rozładunkiem, przy wykorzystaniu do tego celu wagi samochodowej. Ważenie takie jest wykonywane dwukrotnie: raz przy wjeździe załadowanego samochodu i powtórnie, przy jego wyjeździe. Dzięki temu można dość łatwo obliczyć masę samego ładunku, nie uwzględniając masy samochodu. Ponieważ tego typu pomiary najczęściej są podstawą późniejszych ewentualnych roszczeń lub rozliczeń handlowych, to ważne jest zalegalizowanie takiego urządzenia. Pomiary wykonywane na wadze bez ważnego świadectwa legalizacji nie mają mocy prawnej i mogą zostać podważone.



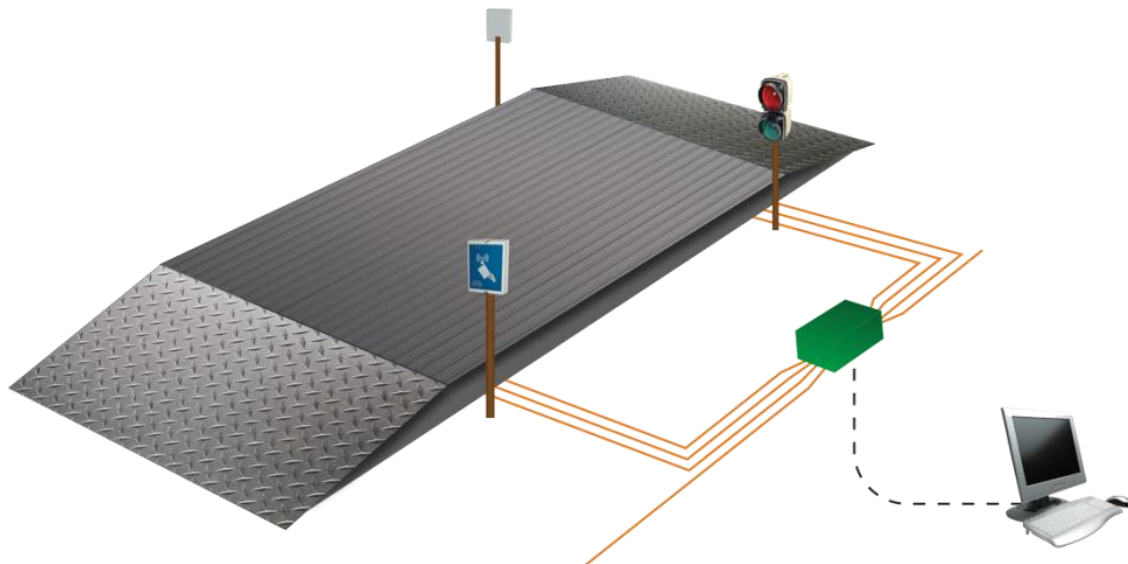
Rys. 71 Waga samochodowa WMT.

Przykładem takiej wagi jest widoczna na zdjęciu tensometryczna waga samochodowa serii WMT firmy RADWAG. Zależnie od wymagań odbiorcy, jest wykonywana w wersji wyniesionej (widocznej na zdjęciu) oraz zagłębionej, której pomost wagowy jest zrównany z poziomem drogi. Jest to waga posiadająca Certyfikat Zatwierdzenia Typu WE, o udźwigu maksymalnym 60 000 kg, działce $e=20$ kg i rozmiarach pomostu wagowego 18x3m, pozwalających na ważenie praktycznie każdego pojazdu ciężarowego. Skład typowego zestawu wagi samochodowej to: betonowa konstrukcja wagi, sześć czujników tensometrycznych, moduł wagowy oraz terminal komunikacyjny.

O ile sam pomiar jest bardzo prosty i nie różni się niczym od pomiarów wykonywanych na dowolnej innej wadze osobowej, przemysłowej czy medycznej, o tyle interpretacja uzyskanego pomiaru może być kłopotliwa. Ponieważ w celu uzyskania pomiaru netto ładunku samochodu konieczne jest dwukrotne ważenie, to wychwycenie różnicy pomiędzy masą ładunku zważoną a zadeklarowaną następuje dopiero podczas drugiego ważenia. Wtedy pojawia się pytanie, czy pierwszy pomiar został wykonany prawidłowo, czy nikt nie stał na pomoście wagowym, czy kierowca był w kabinie, a wreszcie czy nie pomyłono pomiarów i nie skorelowano ważeń z dwóch różnych samochodów.

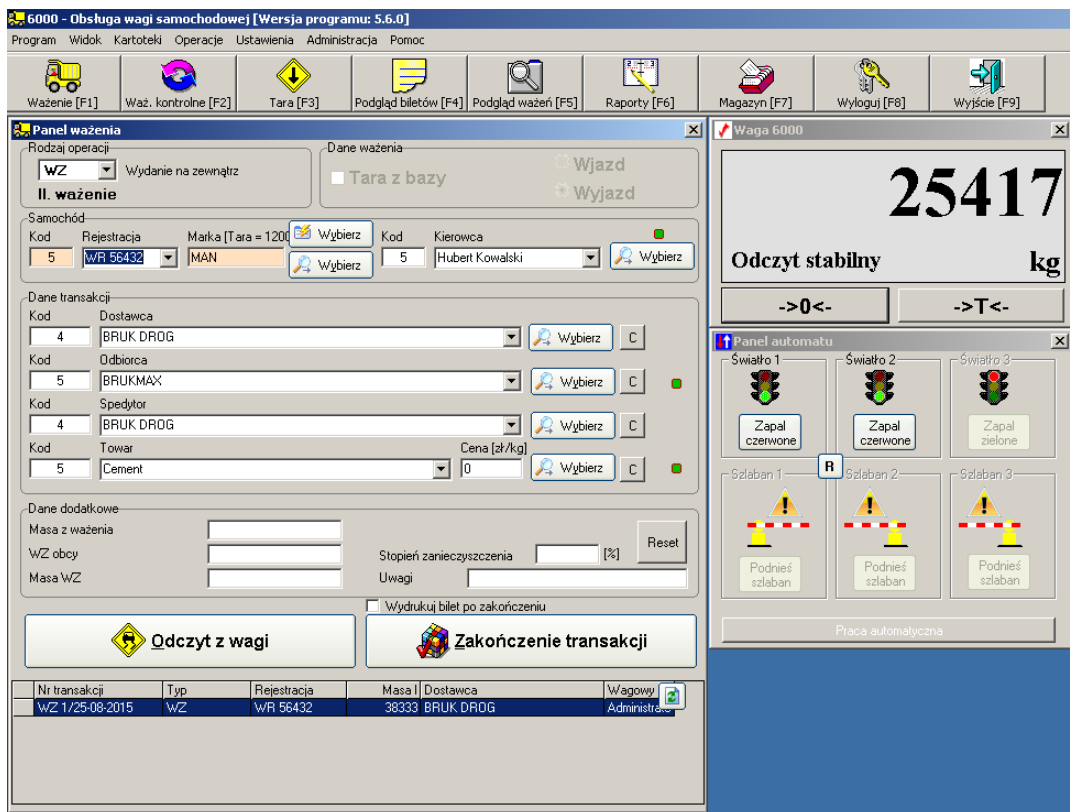
Dla zapewnienia przejrzystości, transparentności i wykluczenia błędów ludzkich stosowane są zautomatyzowane systemy pomiarowe.

Wagi samochodowe najczęściej sprzęgane są z systemami komputerowymi, których zadaniem jest wspomaganie osoby wykonującej pomiary oraz zapewnienie pełnej archiwizacji procesu pomiarowego.



Rys. 72 System pomiaru masy w wagach samochodowych.

Podstawowym systemem montowanym najczęściej wraz z wagami samochodowymi jest układ kamer, ustawiony w taki sposób, iż obejmuje swym zasięgiem każdą stronę samochodu oraz umożliwia odczytanie rejestracji pojazdu. Dzięki temu operator wagi może przed wykonaniem pomiaru w szybki sposób ocenić ustawienie samochodu na platformie wagowej, sprawdzić, czy nic nie zostało położone na niej dodatkowo oraz upewnić się, ile osób znajduje się w szoferce. Ponadto system kamer pozwala na odczytanie rejestracji samochodu. W momencie wykonywania pomiaru możliwe jest przechwycenie zdjęć z kamer i zapisanie ich w bazie danych systemu komputerowego w celu ewentualnej późniejszej weryfikacji. Dzięki temu ważenie jest jednoznacznie identyfikowalne i w przypadku wystąpienia niejasności możliwe do sprawdzenia. System wizyjny znacznie usprawnia proces ważenia, niemniej jednak nie zabezpiecza przed wystąpieniem błędu ludzkiego, czyli nieprawidłowego przypisania pomiarów samochodu pustego i pełnego. Dlatego równolegle stosuje się drugi system identyfikacyjny, polegający na automatycznym wykrywaniu samochodu za pomocą karty transponderowej, w którą wyposażony jest kierowca – po wjechaniu na wagę loguje się on do systemu komputerowego poprzez czytnik lub w pełni automatycznego systemu RFID, który za pomocą chipa zainstalowanego w samochodzie wykrywa ważony pojazd.



Rys. 73 Przykładowe okno programu *Obsługa wagi samochodowej*.

Jeżeli waga samochodowa zostanie wyposażona w opisane systemy, to rola wagowego sprowadza się tylko do obsługi świateł kierunkowych i ewentualnych szlabanów, zezwalających na wjazd i zjazd z wagi (o ile również ta funkcja nie zostanie zautomatyzowana).

Ponieważ pomiary dokonywane na wagach samochodowych są bardzo ważnym elementem systemu przepływu towaru przez zakład to bardzo wielu odbiorców decyduje się na wprowadzanie w swoich fabrykach w pełni zautomatyzowanych systemów pomiaru samochodów dostawczych (brak pomiaru jednego samochodu to błąd rzędu kilkudziesięciu ton produktu nie rozliczonych w systemie ewidencyjnym).

7. Systemy wagowe oparte o wagi automatyczne dla pojedynczych ładunków

Obecny rozwój wag i systemów wagowych spowodował częściowe zatarcie różnic między systemami nieautomatycznymi i automatycznymi. Często trudne jest jednoznaczne sklasyfikowanie danego układu i przydzielenie go do konkretnej grupy urządzeń. Dzieje się tak w przypadku stosowania wag nieautomatycznych, będących częścią większego układu automatyki.

Definicja zawarta w dyrektywie MID, charakteryzująca wagę automatyczną jako wagę wyznaczającą masę produktu bez udziału operatora i działającą według założonego automatycznego cyklu, określonego dla danej wagi, nie jest jednoznaczna. Brakuje bowiem precyzyjnego

określenia pojęcia operatora oraz definicji automatycznego cyklu ważenia. Teoretycznie, każda waga działa zgodnie z jakimś algorytmem uwzględniającym cykl ważenia, natomiast operator (człowiek) często jest zastępowany przez zewnętrzne układy sterujące. Czy w takim przypadku mamy do czynienia z procesem automatycznym? Na dzień dzisiejszy nie ma jednoznacznej odpowiedzi na to pytanie – interpretacja pozostaje w gestii urzędu certyfikującego i urzędników przeprowadzających legalizację urządzenia. Obecnie trwają prace nad nowelizacją dyrektywy MID, które prawdopodobnie doprowadzą do jednoznacznego sprecyzowania definicji wag automatycznych.

Problem klasyfikacji znika w przypadku wag automatycznych posiadających własne zatwierdzenie typu, stanowiących samodzielny automat wagowy, wyposażony we własny układ automatyki.

Wagi automatyczne dla pojedynczych ładunków dzielą się ze względu na wykonania oraz sposób transportowania ładunku następująco:

- Pierwszą grupę tworzą wagi nieautomatyczne, sztucznie zmodyfikowane na potrzeby realizacji procesu automatycznego ważenia. Są to najczęściej standardowe wagi szalkowe, na które towar jest wpychany za pomocą układu siłowników, a po wykonanym pomiarze, również automatycznie przepychany dalej. Wagi tego typu najczęściej nie posiadają Zatwierdzenia Typu dla wag automatycznych.
- Kolejną grupę tworzą wagi nieautomatyczne, podobnie jak w poprzednim wypadku, wyposażane przez użytkowników w transportery umożliwiające transport produktów. Te wagi również nie posiadają Zatwierdzenia Typu dla wag automatycznych. Przykładem takiego rozwiązania, a właściwie połączenia obu opisanych rozwiązań, jest widoczny na zdjęciu układ wagi nieautomatycznej, wyposażonej w roltok oraz



Rys. 74 Waga automatyczna dla pojedynczych ładunków.

hydrauliczny układ podnoszenia. Zasada działania jest następująca: produkt zostaje wprowadzony na stanowisko wagowe, następnie układ hydrauliczny podnosi wagę do góry, powodując iż ciężar spoczywający początkowo na przenośniku zostaje podniesiony przez wagę i następuje proces ważenie. Następnie waga jest opuszczana i produkt opuszcza stanowisko wagowe.



Rys. 75 Zastosowanie wagi nieautomatycznej w ciągu transportowym.

- Następną grupę stanowią typowe wagi automatyczne dla pojedynczych ładunków, wyposażane fabrycznie w transportery ważące. Są opracowywane i produkowane z założeniem pełnej automatyzacji procesu ważenia. Wagi tego typu, produkowane przez firmę RADWAG, posiadają Zatwierdzenie Typu i mogą być legalizowane.



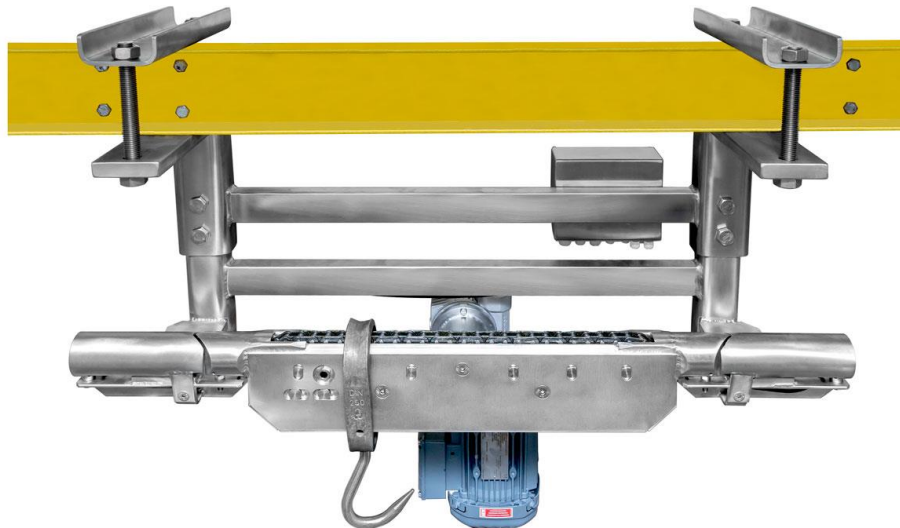
Rys. 76 Waga automatyczna serii DWT/RC.

- Wagi automatyczne rotacyjne, które zostały opracowane głównie z przeznaczeniem ważenia produktów okrągłych, o wysoko umiejscowionym środku ciężkości, np. butelki, dezodoranty, spraye. Produkty tego typu bardzo trudno przetransportować pomiędzy dwoma przenośnikami, najczęściej przewracają się podczas przejazdu pomiędzy przenośnikiem linii a przenośnikiem wagi. Dlatego wagi rotacyjne nie są wyposażane w transportery, a produkt do ważenia pobierają bezpośrednio z transportera linii i po zważeniu na niego odprowadzają. Wagi tego typu, produkowane przez firmę RADWAG, posiadają Zatwierdzenie Typu i mogą być legalizowane.



Rys. 77 Waga rotacyjna.

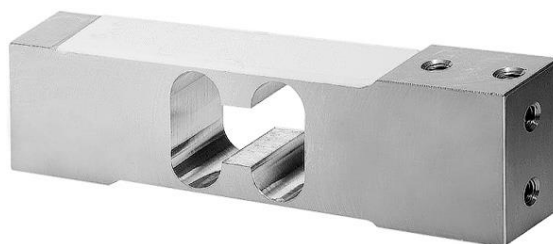
- Ostatnią grupę stanowią wagi automatyczne kolejkowe. Zostały opracowane z myślą o montażu w torach kolejkowych zakładów mięsnych lub drobiarskich. Są przeznaczone do automatycznego ważenia półtuszy, zawieszonych na hakach transportowych. Ich zasada uzyskiwania pomiaru jest identyczna, jak w wagach przenośnikowych. Zawieszona półtusza na haku podczas przesuwania przez tor wagi jest automatycznie ważona. Wagi tego typu, produkowane przez firmę RADWAG, posiadają Zatwierdzenie Typu i mogą być legalizowane.



Rys. 78 Waga automatyczna kolejkowa.

7.1. Typy przetworników stosowanych w wagach automatycznych

Podstawowym i najszerszej stosowanym układem pomiarowym wag przemysłowych, zarówno automatycznych jak i nieautomatycznych, są **przetworniki tensometryczne**, czyli czujniki przeznaczone do pomiarów siły (masy).



Rys. 79 Tensometryczny czujnik pomiaru siły.

Ich szczegółowa charakterystyka oraz zasada działania została przedstawiona w rozdziale trzecim.

Popularność tych rozwiązań w pomiarach automatycznych związana jest z powszechnym dostępem zarówno do samych czujników, jak i do modułów wagowych wykorzystujących do pomiaru element tensometryczny. Drugim czynnikiem decydującym o częstym stosowaniu takich rozwiązań jest budowanie wag automatycznych w oparciu o wagi nieautomatyczne – poprzez dołożenie do istniejącego układu transportera lub innego układu automatycznego przemieszczania ładunku.

Drugim typem stosowanego przetwornika jest **przetwornik magnetoelektryczny** również omówiony w rozdziale trzecim.

W wagach wykorzystujących ten typ przetwornika siła nie powoduje ugięcia zespołu mechanicznego prostowodu, ale działa na zasadzie zachowania równowagi, co umożliwia uzyskanie dużych rozdzielczości przy małych błędach wskazań. Ponadto, przetwornik magnetoelektryczny poprzez swoją konstrukcję umożliwia kompensację masy szalki, co w przypadku dokładnych wag automatycznych dla pojedynczych ładunków ma bardzo duże

znaczenie. W takich wagach szalka stanowi cały przenośnik wagowy, którego masa, sięgająca kilku kilogramów, jest wielokrotnie większa od masy ważonego produktu.

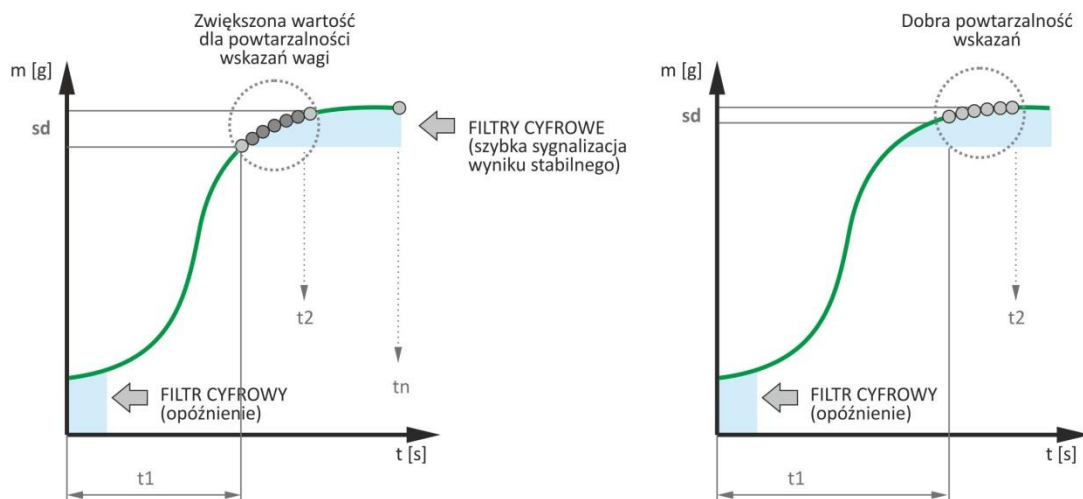


Rys. 80 Przykład przemysłowego modułu magnetoelektrycznego serii MWMH.

7.2. Zasada działania automatycznych układów wagowych

Zanim zostaną omówione sposoby ważenia wag automatycznych, warto przyjrzeć się zasadzie ważenia realizowanej w wagach nieautomatycznych, która stanowi zarazem podstawę dla większości wag automatycznych.

Poniższe wykresy przedstawiają proces narastania masy od momentu położenia obciążenia na szalce do momentu uzyskania wyniku. Pierwszy wykres obrazuje ustawienia wagi z dużym zakresem stabilności, a drugi przy małym. Dla obu wykresów przyjęto taki sam filtr cyfrowy, definiujący krzywą narastania masy.



Rys. 81 Zasada pomiaru wag statycznych.

gdzie: t_1 – czas narastania sygnału masy
 t_2 – koniec pomiaru, uzyskanie wyniku stabilnego
 sd – zakres sprawdzania wyniku stabilnego

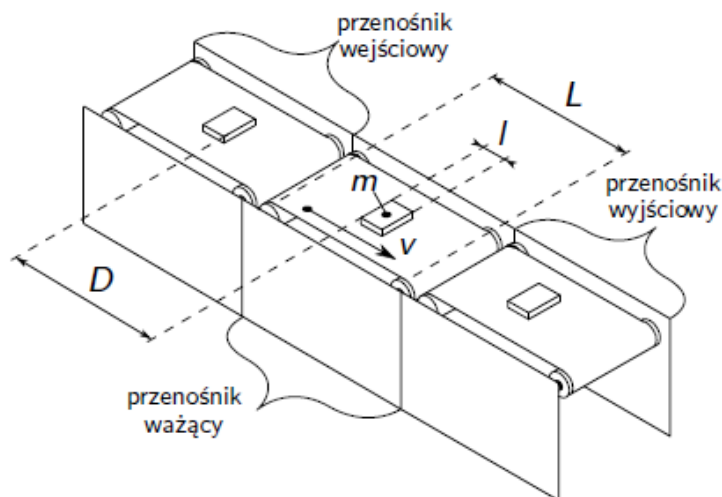
W obu przypadkach czas $t_2 - t_1$ jest taki sam; z tym, że na pierwszym wykresie funkcja sd jest uruchamiana wcześniej, przez co szybciej uzyskiwany jest wynik stabilny, ale przyśpieszenie

włączenia funkcji sd może powodować większy błąd pomiaru. W drugim przypadku wynik pomiaru ma większą pewność, ale czas jego uzyskania jest długi. W wagach automatycznych, w których bardzo ważna jest szybkość ważenia, ustawienie zakresu sd stanowi kompromis między szybkością a dokładnością, ponadto bardzo ważne jest dobranie odpowiedniej filtracji sygnału, zapewniającej szybką reakcję na położoną masę.

Wagi automatyczne, sklasyfikowane w podrozdziale 2.5, pod względem sposobu ważenia i uzyskania końcowego wyniku, można podzielić na trzy grupy:

- Wagi porcjujące, odważające, wagonowe.
Wynik ważenia jest uzyskiwany podobnie jak w wagach nieautomatycznych, poprzez uzyskanie wyniku stabilnego, który jest końcowym wynikiem pomiaru lub składnikiem końcowej sumy w przypadku wag kombinacyjnych.
- Wagi przenośnikowe.
W tym wypadku z wagi uzyskiwany jest pomiar chwilowy, który następnie jest przeliczany przez funkcję matematyczną, uwzględniającą dodatkowo pole powierzchni ważonej oraz prędkość przenośnika i dodawany do ogólnej sumy.
- Wagi dla pojedynczych ładunków.
Tutaj zasada ważenia jest zupełnie inna niż w przypadku pozostałych typów wag ze względu na ogromne szybkości i wydajności, jakie uzyskują tego typu wagi.

Typowa waga automatyczna dla pojedynczych ładunków osiąga wydajność wielokrotnie większą od wydajności najszybszej wagi statycznej. W przypadku tych drugich wydajności pełnego cyklu ważenia wahają się w zakresach 15 – 25 szt./min, co dla wagi dynamicznej jest prędkością bardzo małą. Wagi dla pojedynczych ładunków osiągają wydajności 100, 200 a nawet 600 szt./min, z tego też względu układy w nich zastosowane działają w zupełnie inny sposób.



Rys. 82 Schemat ważenia towaru na wadze dynamicznej.

Typowa waga dla pojedynczych ładunków składa się z trzech przenośników:

- Przenośnika wejściowego, którego zadaniem jest nadanie produktowi prędkości równej prędkości przenośnika wagowego w celu późniejszego uniknięcia błędów związanych z poślizgami oraz ustabilizowania i łagodnego wprowadzenia produktu na przenośnik wagowy.

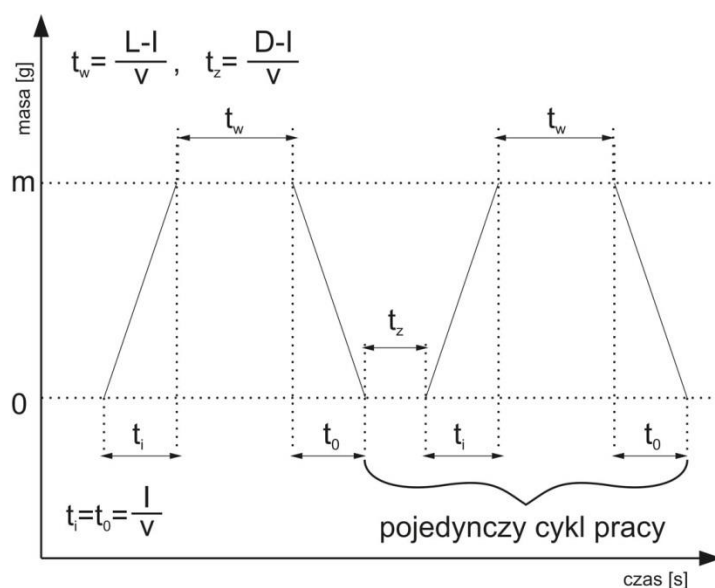
- Przenośnika wagowego, na którym odbywa się proces ważenia; przy czym proces ważenia odbywa się w czasie t , przy czym

$$t = \frac{L - l}{v}$$

gdzie: t – czas przebywania produktu na przenośniku wagowym
 L – długość przenośnika wagowego
 l – długość produktu
 v – prędkość przenośnika

Wynika z tego, że czas ważenia jest uzależniony od prędkości przenośników oraz różnicy długości przenośnika wagowego i produktu. Trzeba zaznaczyć, iż każdy producent ma swój minimalny czas, w którym jest w stanie uzyskać wynik pomiaru.

- Przenośnika wyjściowego, którego zadaniem jest odebranie produktu z wagi.



Rys. 83 Wykres masy obrazujący przejazd towaru przez przenośnik wagowy.

gdzie: t_w – czas ważenia
 t_z – czas, w którym przenośnik pozostaje pusty
 t_i – czas wjazdu produktu na przenośnik wagowy
 t_o – czas zjazdu produktu z przenośnika wagowego
 v – prędkość
 L – długość przenośnika wagowego
 l – długość produktu
 D – odstęp między kolejnymi produktami

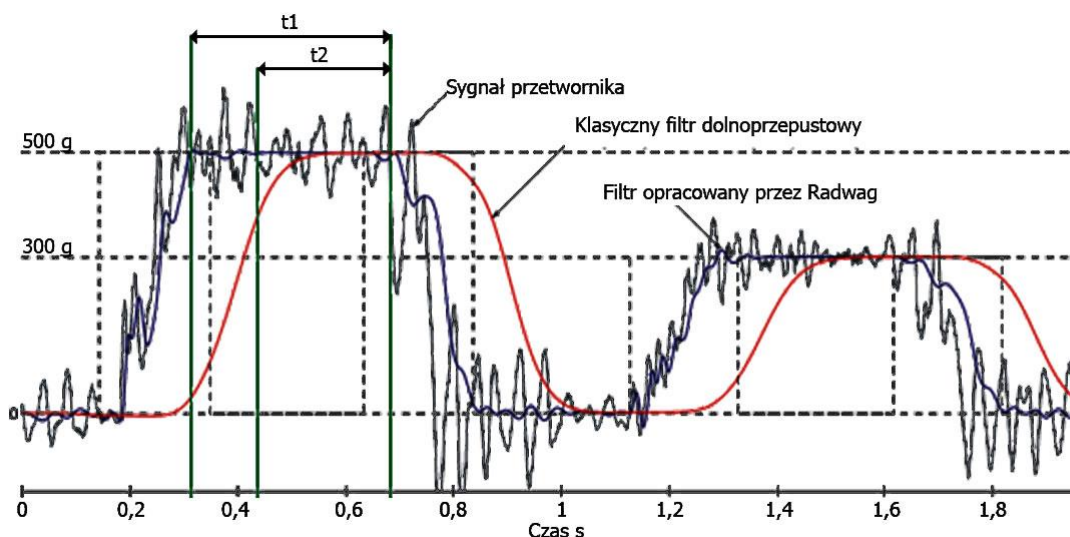
Powyższy wykres obrazuje dwa cykle przejazdu produktu przez przenośnik wagowy. Wstępnie waga jest pusta, w tym okresie kontroluje i koryguje swoje wskazanie zerowe.

Następnie podczas wjazdu produktu na przenośnik wagowy wartość masy narasta. Po wjechaniu następuje okres przejazdu przez przenośnik, podczas którego wyliczana jest wartość masy. Kolejny krok to zjazd towaru z przenośnika wagowego i zakończenie cyklu.

Z powyższego wykresu wynikają następujące wnioski:

- Przenośnik wagowy musi być dłuższy od ważonego produktu. Najczęściej przyjmuje się że przenośnik wagowy musi być dłuższy od produktu o minimum 15 – 20 cm.
- Podczas przejazdu produktu przez wagę nie wolno go dotykać, zatrzymywać itp.
- Produkt musi przejechać przez całą wagę, nie może zostać na nią wrzucony lub zabrany przed zakończeniem cyklu.
- Nie wolno zmieniać prędkość transportera podczas ważenia.
- Nie wolno dotykać produktu ani przenośnika wagowego podczas ważenia.

Ponieważ rzeczywisty przebieg masy jest bardzo mocno zakłócony przez czynniki zewnętrzne, głównie pracujący przenośnik wagowy, to uzyskanie przebiegu masy nadającej się do obliczenia wyniku ważenia jest bardzo trudne. Poniższy wykres obrazuje rzeczywisty, ciągły odczyt masy przemieszczającej się przez przenośnik wagowy.



Rys. 84 Rzeczywisty przebieg masy wagi dynamicznej.

gdzie: t_1 – czas przejazdu produktu przez przenośnik wagowy
 t_2 – część przebiegu, z którego wyliczana jest masa

Sygnał z przetwornika (rzeczywisty przebieg masy) musi być najpierw wstępnie przefiltrowany, co przy zastosowaniu standardowych modułów filtracyjnych, prowadzi do dużych opóźnień i mocnego zaokrąglenia przebiegu. Przy zastosowaniu zbyt słabych filtrów nie udaje się usunąć zakłóceń, natomiast przy mocnych filtrach sygnał zaczyna przypominać sinusoidę, z której nie da się następnie wyliczyć masy. Dlatego producenci wag dynamicznych stosują często własne rozwiązania algorytmów filtrujących, które bardzo szybko reagują na przyrosty masy (wjazd towaru), a następnie mocno filtrują zakłócenia podczas przejazdu produktu przez przenośnik, dając stabilny, prosty i długi przebieg masy. Po uzyskaniu takiego przebiegu obliczenie wartości masy staje się możliwe. Z zakresu

czasowego t_1 wybierana jest część najbardziej stabilna t_2 , a następnie z tej części, poprzez uśrednianie lub inny algorytm matematyczny, wyliczana jest końcowa wartość masy.

7.3. Kontrola towarów paczkowanych

Ustawa z dn. 6 września 2001 o towarach paczkowanych z późniejszymi nowelizacjami wprowadziła nakaz kontroli wszystkich towarów paczkowanych wprowadzanych do obrotu handlowego, a co za tym idzie, producenci wyrobów paczkowanych zobligowani zostali do kontroli wagowej swoich produktów.



W większości zakładów linie produkcyjne wyposażone zostały w systemy wag nieautomatycznych, współpracujących z oprogramowaniem komputerowym, umożliwiającym przeprowadzanie kontroli towarów zgodnie z Ustawą, za pomocą metody referencyjnej (kontrola partii towaru na podstawie losowo wybranej próbki).

Takie rozwiązanie, mimo iż gwarantuje zachowanie wymagań wagowych narzuconych przez ustawodawcę, nie spełnia wymagań producentów dążących do obniżenia kosztów produkcji. System kontroli oparty na metodzie referencyjnej zwiększa bowiem koszty produkcji poprzez konieczność częstego przeważania próbek produkowanych wyrobów, koszty zakupu i utrzymania systemu, a przede wszystkim - nie daje gwarancji pozytywnego przeprowadzenia kontroli wyprodukowanej partii. Jeżeli badana próbka uzyska wynik negatywny, cała partia musi zostać zniszczona lub przepakowana, co generuje dodatkowe znaczne koszty.

Producent, mimo zastosowania drogiego systemu kontroli wykorzystującego metodę referencyjną, nie może wykorzystać go do optymalizacji nastaw swoich maszyn pakujących. Z tego względu, systemy kontroli towarów paczkowanych oparte na wagach nieautomatycznych są zastępowane albo uzupełniane o wagi automatyczne, przeprowadzające kontrolę metodą stuprocentową.

Zgodnie z Ustawą, kontrola metodą stuprocentową polega na sprawdzaniu wartości średniej partii, której wartość nie może spaść poniżej wartości nominalnej produktu. Stosowanie tylko tego jednego warunku jest nieefektywne, ponieważ w przypadku, gdy liczność partii jest duża, średnia przekracza wartość nominalną, a wystąpienie wadliwego produktu, nawet pustego, nie spowoduje obniżenia średniej i jego odrzucenia. Dlatego większość producentów wag automatycznych wprowadziła dodatkowe warunki kontrolujące poprawność produkowanej partii; tzn. kontrolę wartości $2T_1$, poniżej której wszystkie produkty są odrzucane oraz liczności wystąpienia błędu T_1 , poniżej którego produkty są odrzucane warunkowo, zależnie od aktualnej liczności partii oraz ilości błędnych produktów o masie poniżej wartości błędu T_1 .

Obecnie na rynku wagarskim są dostępne dwa główne rozwiązania oprogramowania wag automatycznych, dedykowane do kontroli towarów paczkowanych.

Pierwsze polega na zastosowaniu wagi wyposażonej w zrzutnik, którego zadaniem jest odrzucanie produktów zgodnie z nastawami, wprowadzonymi przez operatora, względnie odrzucanie produktów o masie poniżej $Q_n - 2T_1$ i obliczanie statystyki z pozostałych, przepuszczonych do magazynu towarów. To rozwiązanie ma jedną zasadniczą wadę: mimo iż część ewidentnie wadliwych produktów jest odrzucana, to i tak nie ma pewności, iż kontrola

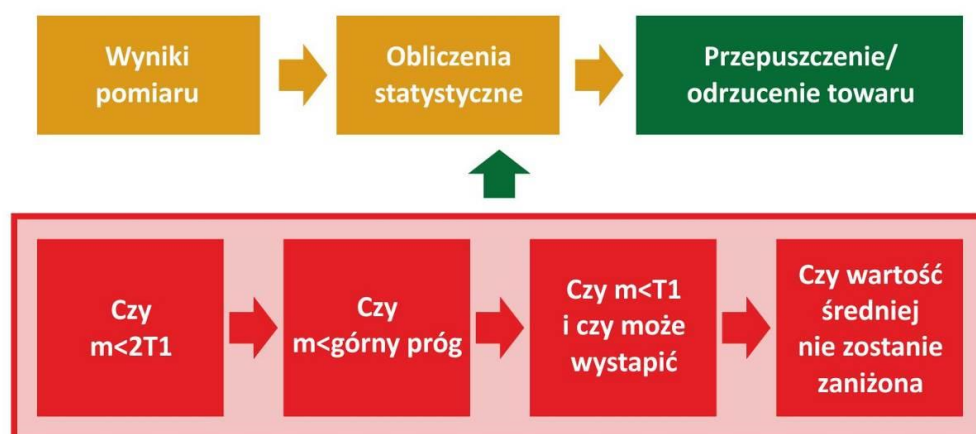
zakończy się pozytywnie. Może się zdarzyć, że wartość średnia partii mimo wszystko znajdzie się poniżej nominalu.

Drugim, dużo bardziej zaawansowanym układem logicznym stosowanym w wagach automatycznych, jest monitorowanie online wszystkich kryteriów kontroli. W takim wypadku oprogramowanie wagowe zawiera wszystkie dane graniczne dotyczące kontroli. Działa ono wtedy w następujący sposób: po rozpoczęciu nowej partii waga przyjmuje za podstawowy warunek to, iż w każdym momencie pracy aktualnie produkowana partia musi spełniać wymogi Ustawy. Aby to osiągnąć, algorytm logiczny działa następująco:

Waga dla danego asortymentu sama określa wartości błędów T1 i T2.

Po zważeniu produktu sprawdza:

- czy uzyskana wartość nie przekracza błędu 2T1,
- czy uzyskana wartość nie przekracza błędu T1, a jeżeli tak, to czy przy danej aktualnej liczności partii, zgodnie z Ustawą, taki błąd może wystąpić (zgodnie z Ustawą ilość produktów o masie z przedziału 2T1 – T1 nie może przekroczyć 2%),
- czy w przypadku przepuszczenia towaru za wagę wartość średnia nie spadnie poniżej nominalu.



Rys. 85 Algorytm kontroli KTP wagi automatycznej RADWAG.

Wielu producentów, ze względu na ciągłe prace związane z optymalizacją i ograniczaniem kosztów produkcji, wprowadza kontrole towarów paczkowanych według kryteriów własnych, ograniczając wartości dopuszczalnych błędów w celu minimalizacji strat i zwiększenia powtarzalności produkcji.

W takim przypadku ustawienia wagi RADWAG pozwalają na np. wyłączenie dopuszczalnych błędów przekraczających wartość T1 oraz dowolnego ustawienia wartości błędu T1 w przedziale od zera do wartości określonej przez ustawodawcę.

Dodatkowym atutem wag automatycznych stosowanych w kontroli towarów paczkowanych są systemy komputerowe rejestrujące poszczególne ważenia i umożliwiające ich obróbkę. Połączenie wagi kontrolującej 100% produkcji z systemem zbierania i obróbki ważeń daje ogromne możliwości kontroli jakości produkcji.

7.4. Procedury kontroli i weryfikacji poprawności działania wag automatycznych

Podstawową procedurą kontrolną dla wag automatycznych jest procedura określona przez Główny Urząd Miar i opisana w publikacji *Poradnik dla paczkujących*.

Procedura ta zaleca badanie wagi minimum raz w tygodniu poprzez następujące sprawdzenie: należy zważyć 30 towarów paczkowanych na wadze automatycznej i zarejestrować wyniki indywidualnych ważeń, następnie wyznaczyć masę tych 30 towarów paczkowanych na wadze nieautomatycznej z działką legalizacyjną dobraną odpowiednio do ilości rzeczywistej i nieprzekraczającą 1/5 działki legalizacyjnej wagi automatycznej. Następnie należy wyznaczyć różnicę mas wskazanych na obu wagach.

Wagę automatyczną uznaje się za wadliwą, jeżeli:

- co najmniej jedna lub więcej różnic wyników ważenia jest większa niż $0,2 T1$,
- wartość średnia różnic wyników ważenia na obu wagach przekracza połowę działki legalizacyjnej.

Procedura ta, mimo iż bardzo dokładna, jest trudna do wykonania i wyjątkowo pracochłonna. W praktyce często stosuje się procedury uproszczone, polegające na sprawdzeniu jednej próbki towaru poprzez jej kilkunastokrotne przepuszczenie przez wagę automatyczną. Jeżeli badany produkt jest reprezentatywny dla serii produkcyjnej (nie odbiega gabarytami ani masą od pozostałych produktów), to takie sprawdzenie jest jakościowo porównywalne ze sprawdzeniem zalecanym przez urząd.

W przypadku, gdy proces produkcyjny wymaga stałej obecności operatora przy maszynie pakującej, zwykle umiejscowionej w pobliżu wagi kontrolnej, kontrolę przeprowadza się w sposób ciągły, tzn. operator co określony czas pobiera próbkę przeważoną przez wagę automatyczną, następnie waży ją na wadze nieautomatycznej i porównuje uzyskane wyniki.

Ostatecznie, każdy producent sam określa, w jaki sposób i jak często przeprowadza kontrole wagi automatycznej.

7.5. Detektory metali

Rozwój automatycznych systemów kontroli towarów paczkowanych, a zarazem konieczność sprawdzania produktów przeznaczonych do spożycia pod względem występowania zanieczyszczeń, doprowadziły do integracji tych dwóch stanowisk kontrolnych.



Rys. 86 Waga z detektorem metali.

Takie rozwiązanie jest korzystne pod każdym względem. Waga dynamiczna wymaga transportera podającego towar. Z drugiej strony – detektor musi być wyposażony w specjalny przenośnik umożliwiający mu pracę w warunkach niezakłócających jego działania. Połączenie tych dwóch transporterów w jeden daje oszczędność miejsca i zmniejsza koszty. Waga standardowo obsługuje układ odrzutu towarów wadliwych wagowo, więc dołożenie jeszcze jednego układu dyskryminacji towarów zanieczyszczonych nie jest dużym problemem. Z kolei powiązanie układu elektronicznego detektora i wagi umożliwia wspólne raportowanie i obsługę dwóch urządzeń z jednego panelu operatorskiego. Należy zaznaczyć, że o ile waga jest urządzeniem certyfikowanym pod względem metrologicznym, o tyle detektory metali nie podlegają tego typu normom związanym z wymaganiami czułości i poziomu wykrywania zanieczyszczeń. Spowodowane jest to występowaniem szeregu czynników mających wpływ na poziom wykrywania zanieczyszczeń, takich jak:

- rodzaj opakowania produktu, właściwości magnetyczne i elektryczne,
- temperatura produktu,
- gęstość produktu,
- zawartość wody, lodu,
- wielkość otworu kontrolnego detektora.

Ponieważ brak w/w norm, poziomy wymaganych czułości są określane przez odbiorców produkowanych wyrobów; zwykle audytorów kontrolujących zakład.

7.6. Wagi automatyczne etykietujące

Systemy automatycznego ważenia i etykietowania, podobnie jak automatyczne systemy kontroli towarów paczkowanych, zostały opracowane z myślą o mało wydolnych stanowiskach nieautomatycznych. Stanowią połączenie wagi automatycznej dla pojedynczych ładunków z urządzeniem etykietującym oraz aplikatorem etykiet. Zależnie od wymagań procesu, układ etykietujący może aplikować etykiety z góry z dołu, z przodu lub jak na przedstawionym zdjęciu – z boku. Istnieje również możliwość jednoczesnego nanoszenia kilku etykiet na jeden produkt, co jest często spotykane w przypadku produktów dostarczanych do sklepów wielkopowierzchniowych. Wymagają one naniesienia etykiety ozdobnej na górę produktu oraz etykiety technologicznej na spód towaru.



Rys. 87 Waga etykietująca do skrzynek.

Na poniższym zdjęciu zaprezentowany został zestaw etykietujący – kontrolny, spełniający jednocześnie kilka funkcji:

- kontrola towaru pod względem jego masy,
- odrzucanie towaru o masie przekraczającej ustalone progi,
- nanoszenie etykiety generowanej przez wagę od góry,
- nanoszenie etykiety generowanej przez wagę od dołu produktu,
- generowanie etykiety zbiorczej z serii pomiarowej na dodatkowej etykietarce ręcznej niewidocznej na zdjęciu.

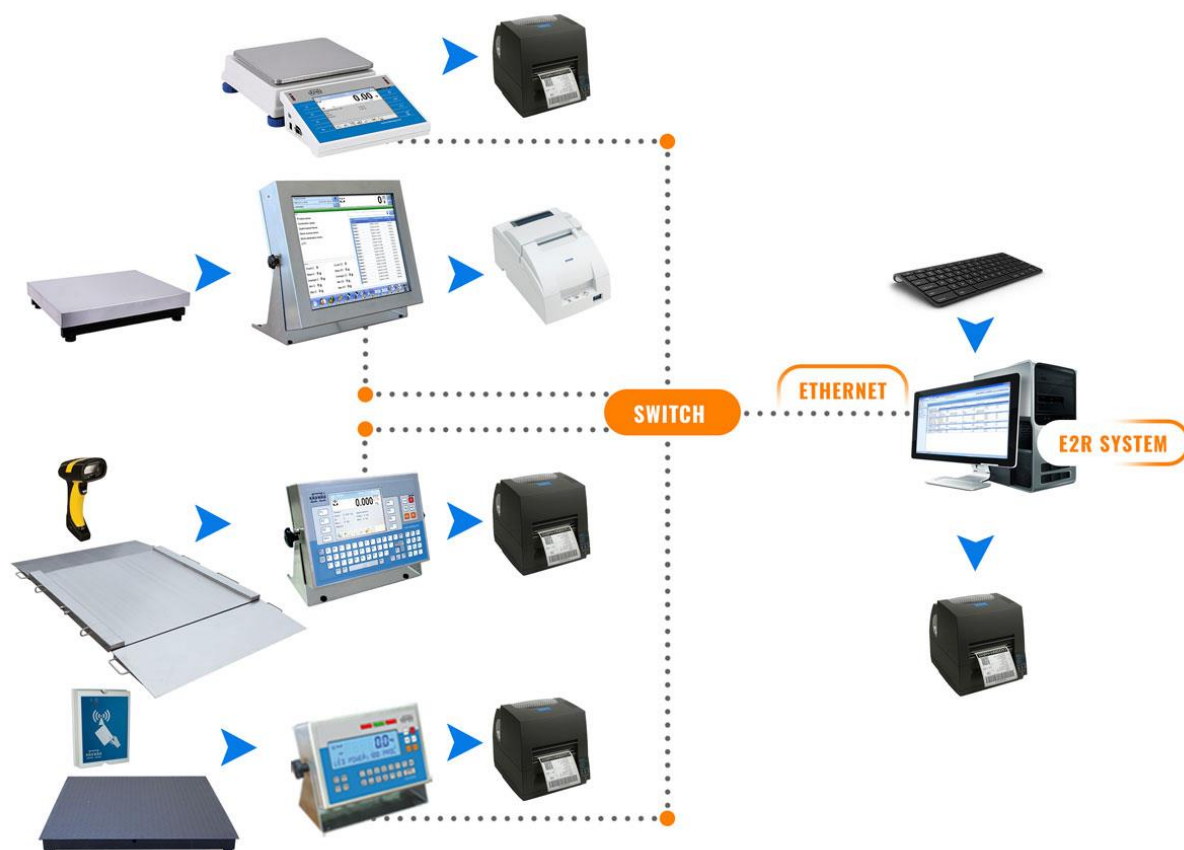


Rys. 88 System etykietujący góra - dół.

Systemy etykietujące firmy RADWAG serii DWM xxx E umożliwiają jednoczesną obsługę do trzech urządzeń drukujących i jednocześnie aplikowanie trzech różnych wzorów etykiet. Mogą pracować w mieszanym systemie wag automatycznych i nieautomatycznych.

Podobnie jak w przypadku wag nieautomatycznych, wzór etykiety jest projektowany za pomocą oprogramowania komputerowego **Edytor Etykiet**, co umożliwia stosowanie jednego wzoru etykiety na wszystkich wagach RADWAG. Na poziomie systemu komputerowego lub bezpośrednio w wadze wzór etykiety jest przypisywany do produktu oraz określone jest, na której etykietarce ma być aplikowany. Po wybraniu z bazy produktów asortymentu przewidzianego do ważenia waga automatycznie ustala, które etykietarki będą pracowały, oraz jakie dane należy przesyłać. Następnie po wykonaniu ważenia automatycznie wysyła etykiety do drukarek. Po przeważeniu zadeklarowanej ilości sztuk lub osiągnięciu zadanej masy drukowana jest etykieta zbiorcza.

W przypadku zaktualizowania wzoru etykiety z poziomu systemu komputerowego następuje automatyczna aktualizacja etykiety w wadze.



Rys. 89 System etykietujący mieszany.

Systemy etykietujące stosowane są głównie w przemyśle spożywczym wytwarzającym produkty zmiennowagowe typu mięso, drób, ryby, wędliny – więc wszystkie produkty, które trafiają na półki sklepowe w postaci zapakowanej, ale o zmiennej masie.

Drugim zastosowaniem systemów etykietujących jest rejestracja wagowa produktów dystrybuowanych luzem, transportowanych w pojemnikach lub skrzynkach. Na przykład dostawy surowego mięsa do sklepów lub magazynów realizuje się za pomocą pojemników transportowych np. skrzynek. W takim przypadku na etykiecie podawana jest masa skrzynki oraz m.in. termin przydatności do spożycia.

Sprawność wag automatycznych etykietujących w bardzo dużym stopniu zależy od przyjęcia poprawnych założeń na etapie zamówienia maszyny. Oprócz poprawnego dobrania urządzenia wagowego, zapewniającego wymaganą wydajność oraz dokładność pomiaru, konieczne jest dokładne zdefiniowanie założeń, jakie musi spełnić automat etykietujący. Należy określić rozmiar aplikowanej etykiety oraz uzgodnić powierzchnię, na której będzie aplikowana. Niedopełnienie tych wymogów skutkuje w późniejszym czasie problemami z działaniem urządzenia, związanymi z jego małą wydajnością albo problemami z nanoszeniem etykiety na produkt.

Dlatego dla uniknięcia wspomnianych problemów bardzo ważna jest wiedza odbiorcy o przyszłym zastosowaniu urządzenia.

7.7. Wagi automatyczne sortujące

Wagi automatyczne sortujące stanowią szczególny przypadek wag automatycznych kontrolujących, których zadaniem jest rozdzielanie produktu na dwie lub więcej grup, według wartości różnicy ich mas i wartości nastawy.

Są to wagi w większości procesowe, służące do rozdzielania ważonych produktów na odpowiednie klasy wagowe. Najczęściej są wykorzystywane w liniach przetwórstwa drobiarskiego oraz zakładach rybnych.



Rys. 90 Waga automatyczna sortująca typu DWM xxx S.

Firma RADWAG oferuje tego typu rozwiązania wagowe w dwóch podstawowych wersjach:

- waga wyposażona w 6 stanowisk sortujących,
- waga wyposażona w 12 stanowisk sortujących.

Sortowanie może się odbywać poprzez zadeklarowanie odpowiednich progów i sortowanie ciągłe – w takim przypadku waga nie sprawdza ilości produktów zakwalifikowanych do danego sortu.

Możliwe jest również dodatkowe zadeklarowanie ilości lub masy surowca, który może być jednorazowo zaliczony do jednego sortu. W tym przypadku waga odlicza lub sumuje sortowany towar i po osiągnięciu zadeklarowanej wartości blokuje dany sorter i zgłasza informację operatorowi. Operator ma za zadanie opróżnić stanowisko (najczęściej podmienić skrzynkę) i zarejestrować tę informację w wadze. Takie rozwiązanie wymaga jednak zastosowania co najmniej dwóch stanowisk sortowniczych dla takiego samego produktu, ponieważ po zablokowaniu pierwszego stanowiska, kolejne towary muszą zacząć trafiać na drugie, niezablokowane. Dlatego w takich przypadkach stosuje się najczęściej pośrednie bufory, które po wypełnieniu skrzynki blokują się i kolejny produkt trafia do bufora, gdzie czeka na podmianę pojemnika.

Wagi sortujące, dzięki dużej wydajności sortowania, są w stanie zautomatyzować pracę kilku albo kilkunastu osób sortujących ręcznie na wagach nieautomatycznych.

7.8. Systemy odrzutu wag automatycznych

Wybór odpowiedniej wagi automatycznej, dostosowanej do kontroli wagowej i opcjonalnie do detekcji zanieczyszczeń, to jeden z problemów koniecznych do rozwiązania podczas doboru urządzenia. Drugim, nie mniej ważnym, zagadnieniem jest odpowiedni system odrzutu niezgodnego produktu, gwarantujący, iż wadliwy towar nie trafi do magazynu.

Ważny jest nie tylko odpowiedni mechanizm odrzutu, ale również zapewnienie poprawnej pracy układu we wszystkich stanach awaryjnych, jakie mogą wystąpić w warunkach produkcyjnych, np. obniżenie ciśnienia w instalacji sprężonego powietrza, awaria układu odrzutu czy przepełniony kosz.

Na dobór odpowiedniego systemu mają wpływ:

- masa towaru,
- gabaryty,
- konstrukcja, rodzaj opakowania,
- typ produktu (kruchy, twardy, delikatny itp.).

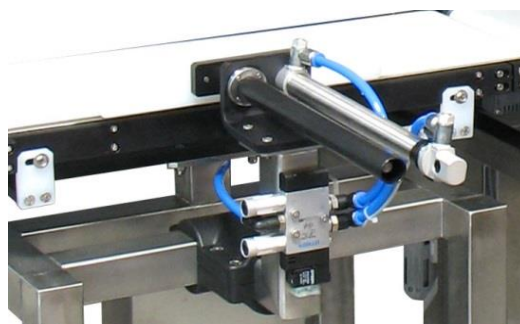
Ze względu na rodzaj działania układy odrzutu możemy podzielić na cztery grupy:

- Odrzut sprężonym powietrzem. Jest to odpowiednio skonstruowana dysza zdmuchująca produkt. Może być wykonywana w zestawie pojedynczej dyszy lub układach dwóch i więcej odrzutników pracujących jednocześnie. Stosowany jest głównie do odrzutu produktów lekkich oraz o bardzo małej wysokości, których odrzut za pomocą łąpy siłownika może być niemożliwy; np. przyprawy w opakowaniach o bardzo małej grubości lub bakalie w opakowaniach typu doypack.



Rys. 91 Układ odrzutu sprężonym powietrzem.

- Odrzut poprzez łapę wypychającą produkt równoległe do kierunku jazdy. Tego typu układ może być stosowany przy wagach o bardzo dużej wydajności, jednak wadą tego typu rozwiązania jest możliwość uszkodzenia produktu podczas odrzutu.



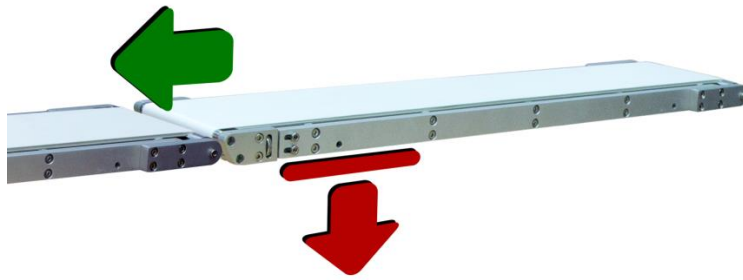
Rys. 92 Układ odrzutu poprzez siłownik wypychający.

- Odrzut poprzez wysuwającą się łapę zabierającą produkt. Jest to stosunkowo delikatny sposób odrzutu wadliwych produktów, stosowany np. w przemyśle mięsnym. Wadą tego typu rozwiązania jest mała wydajność. Ze względu na długi czas ruchu towaru stosowany do wydajności ok. 100 szt./min.



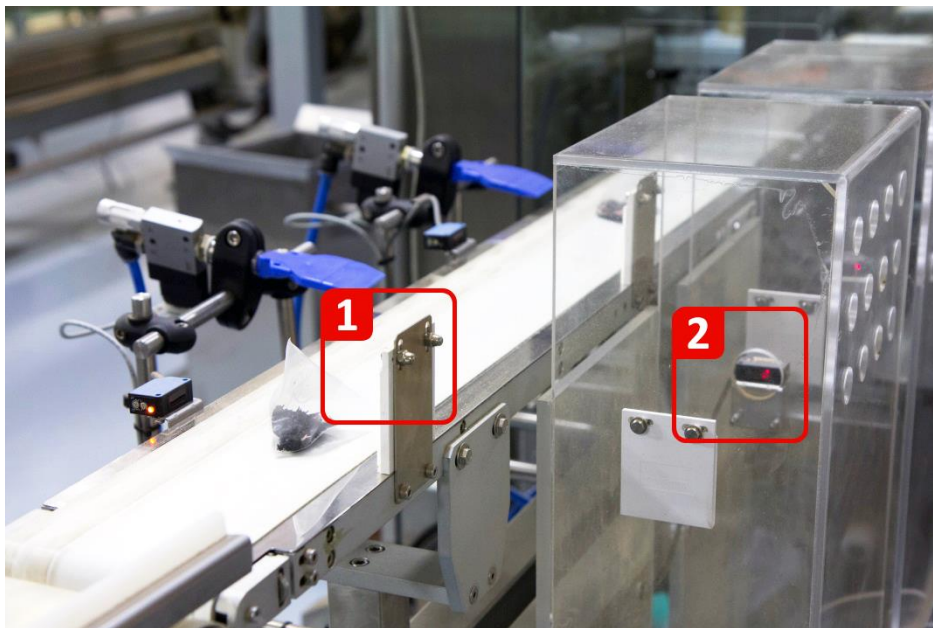
Rys. 93 Układ odrzutu łapą zabierającą.

- Odrzut poprzez opuszczenie przenośnika i wprowadzenie wadliwego towaru pod linię transportową. Układ stosowany w przypadku produktów niezapakowanych lub w liniach wielotorowych.



Rys. 94 Odrzut produktu poprzez opuszczenie transportera.

Do układów odrzutu często dołączane są kosze lub blaty magazynujące wadliwe produkty. Opcjonalnie stosuje się transportery odprowadzające wadliwy produkt. W przypadku stosowania koszy istnieje niebezpieczeństwo ich przepełnienia, co może być kontrolowane przez czujnik przepełnienia kosza. Jeżeli taka sytuacja nastąpi, waga zgłasza awarię i zatrzymuje się, wyświetlając odpowiedni komunikat. Podobna sytuacja ma miejsce, gdy zainstalowany zostanie czujnik spadku ciśnienia lub czujnik poprawności zrzutu. Ten pierwszy kontroluje cały czas ciśnienie dostarczane do wagi i jeżeli wykryje spadek poniżej minimalnej granicy, to natychmiast zgłasza to do systemu sterowania wagi. Czujnik poprawności zrzutu ma za zadanie kontrolować, czy produkt przeznaczony do odrzutu faktycznie został odrzucony.



Rys. 95 czujniki kontroli pracy zrzutnika.

gdzie:

- 1 – czujnik poprawności zrzutu
- 2 – czujnik zapelnienia kosza

Wszystkie te systemy mają za zadanie zagwarantować poprawne zachowanie wagi i nie dopuścić do niekontrolowanego przekazania wadliwego produktu do magazynu.

Jedynym elementem niepodlegającym kontroli jest obsługa linii, która przypadkowo może popełnić błąd. Dlatego kosze magazynujące wadliwe towary są często zamykane na klucz i

komisyjnie opróżniane. Jest to ważne, szczególnie w przypadku produktów odrzuconych z powodu zanieczyszczeń metalicznych, dlatego system bezpieczeństwa żywności HACCP bezwzględnie zaleca stosowanie zamknięć pojemników magazynujących metaliczny odrzut.

7.9. Funkcje specjalne wag automatycznych

Ponieważ wagi automatyczne dla pojedynczych ładunków przeprowadzają stuprocentową kontrolę całości produkcji, to stanowią bardzo cenne źródło informacji dla działów technologicznych i zarządzających. Dzięki zbieraniu ogromnej ilości danych umożliwiają tworzenie dowolnych zestawień i raportów. Można ustalić, jaki procent

produkcji jest wadliwy, ile wynoszą przesypy dozy i jaka jest strata z tego wynikająca. Łatwo ustalić też, kiedy wystąpiły przestoje i na jakiej zmianie. Dzięki raportom statystycznym można również ocenić pracę poszczególnych załóg i zmian produkcyjnych.



Rys. 96 Automatyczny czytnik kodów kreskowych.

Inną bardzo ważną zaletą wagi automatycznej jest możliwość współpracy wagi z urządzeniem pakującym w funkcji sprzężenia zwrotnego.

Waga, kontrolując średnią dżę nasypywaną przez dozownik, może wprowadzić do niego korektę, optymalizując dzięki temu proces zasypu i ograniczając straty. Zasada działania takiego układu jest następująca: waga, wykonując ważenia, sprawdza, czy seria następujących po sobie paczek nie jest zbyt ciężka lub zbyt lekka. Jeżeli taka sytuacja ma miejsce, to waga określa, o jaką masę paczki są przesypywane lub niedosypywane i wysyła informację do dozownika o wartości korekty. Kontrola i wprowadzanie poprawek trwa w sposób nieprzerwany do końca produkcji.

Waga może również kontrolować stany awaryjne urządzeń pakujących poprzez zatrzymanie linii w przypadku wykrycia serii produktów o masie przekraczającej progi tolerancji. Umożliwia to szybką reakcję obsługi i niedopuszczenie do powstania znaczących strat pakowania. W przypadku linii o dużych wydajnościach, awaria układu pakującego może w ciągu kilku minut doprowadzić do powstania ogromnej ilości wadliwych paczek, które następnie trzeba ręcznie otworzyć i jeszcze raz przepakować.

W układach kontroli opakowań zbiorczych wagi automatyczne często współpracują z układami drukującymi lub etykietującymi, oznaczając masowo poszczególne kartony. Stanowi to zabezpieczenie przed wystąpieniem braków lub nieuczciwymi hurtownikami, którzy opróżniają częściowo kartony i zgłaszają braki do fabryki. W takich wypadkach łatwo można sprawdzić, czy masa niepełnego kartonu jest zgodna z masą nadrukowaną na nim przez drukarkę. Jeżeli masy są różne, oznacza to, że karton został opróżniony już po zapakowaniu, a z linii produkcyjnej karton zjechał pełny, bez braków.

Ciekawą funkcjonalność wag automatycznych uzyskano poprzez połączenie urządzeń wagowych z urządzeniami skanującymi oraz mierzącymi objętość towaru.

Tego typu zestawy są stosowane na liniach sortowniczych w sortowniach spedycyjnych.

Ustawienie takiego zestawu w linii umożliwia jednoczesną identyfikację jadącego kartonu, określenie jego masy oraz zmierzenie jego objętości. Możliwe jest również określenie, czy dany produkt ma kształt równoległoboku, czy jest nieregularny, a więc trudny do zapakowania. Taka kompleksowa informacja jest przesyłana do centralnej bazy danych, gdzie podejmowana jest decyzja dotycząca sposobu naliczenia opłat. Mimo, że są to bardzo drogie układy, to dzięki pełnej weryfikacji produktu, ich amortyzacja jest stosunkowo szybka.

Przedstawione powyżej przykłady stanowią tylko część dodatkowych funkcji, jakie wagi mogą realizować. Wprowadzenie do wag systemów operacyjnych oraz komputerów przemysłowych umożliwia obecnie dowolne skonfigurowanie i skomunikowanie wagi z innymi urządzeniami pracującymi w linii.

7.10. Zastosowania wag automatycznych dla pojedynczych ładunków

Wagi dla pojedynczych ładunków to obecnie najbardziej rozpowszechnione systemy wag automatycznych. Ich głównym przeznaczeniem jest przemysł spożywczy i kontrola towarów paczkowanych realizowana zgodnie z obowiązującą Ustawą. Występują we wszystkich liniach automatycznych i półautomatycznych i często przy ręcznym paczkowaniu produktu.

Równie często wagi automatyczne występują w przemyśle farmaceutycznym; z tym, że ich zastosowanie ma tu często trochę inny charakter. Tutaj służą głównie do kontroli poprawności blistrów (obecności wszystkich tabletek) albo do kontroli poprawności konfekcjonowania opakowania z lekami – obecności ulotki informacyjnej w pudełku.

Powyższe zastosowania są znane i stosowane od wielu lat. Natomiast obecnie coraz częściej stosuje się wagi automatycznie także w innych dziedzinach przemysłu. Jest to związane z ciągłym podnoszeniem jakości produkowanych wyrobów i koniecznością dążenia do eliminacji wszystkich wybrakowanych produktów. Na przykład w przemyśle meblarskim dość powszechna jest kontrola wagowa poprawności zapakowania torebek z akcesoriami do mebli (śrubki, zawiasy, uchwyty). Zestawy te zawierają duże ilości drobnych elementów o różnych masach, a więc niemożliwych do kontroli przy użyciu wagi liczącej. Natomiast ich kontrola manualna jest zbyt pracochłonna i obarczona błędem ludzkim. W przemyśle samochodowym wagi kontrolują jakość elementów odlewanych z tworzyw sztucznych, poprawność wykonania wiązek elektrycznych, odpowiednie wykonanie przegubów samochodowych itp. Przemysł metalurgiczny to z kolei głównie kontrola poprawnego wykonania odlewów.

Mocno rozwijająca się sfera transportu i logistyki również wykorzystuje wagi automatyczne do określania masy transportowanych przesyłek. W tym wypadku wagi nie kontrolują poprawności masy, ale określają jej wartość i przesyłają do systemu komputerowego w celu naliczenia odpowiednich opłat.

Przykłady nietypowych zastosowań można mnożyć, ponieważ zastosowanie wag dla pojedynczych ładunków nie ma praktycznie ograniczeń. Każdy pojedynczy produkt może być kontrolowany lub ważony wagowo na tego typu wagach. Możliwość wykorzystania zależy tylko od opracowania odpowiedniej technologii.

8. E2R System – komputerowy system nadzoru

Obecny postęp technologiczny, przestawienie zakładów produkcyjnych na produkcję wielkoseryjną oraz duża konkurencja doprowadziły do zmiany organizacji pracy zakładów przemysłowych, które obecnie są w coraz większym stopniu automatyzowane, a ich procesy produkcyjne bardzo dokładnie monitorowane. Wynika stąd coraz większa potrzeba stosowania urządzeń kontrolnych, jakimi są wagi, a zarazem konieczność zbierania danych przez nie generowanych. Dlatego nawet najlepsze systemy wagowe nie są w stanie zaistnieć na rynku, jeżeli nie mogą być sprzężone z wielofunkcyjnym systemem komputerowym, umożliwiającym komunikację z terminalami wagowymi oraz przetwarzanie danych uzyskiwanych za ich pomocą.



Wieloletnie doświadczenie firmy RADWAG w uruchamianiu i wdrażaniu systemów wagowych, przyniosło unikatowe w swojej funkcjonalności, wielomodułowe rozwiązanie, w postaci programu **E2R SYSTEM**.

System wagowy zbudowany w oparciu o **E2R SYSTEM** oraz zaawansowane funkcje wag statycznych i dynamicznych posiadają ogromne możliwości, które są przykładem integracji różnych typów oprogramowania dla uzyskania kompleksowego rozwiązania w produkcji i przemyśle.

E2R SYSTEM to modułowy, w pełni zintegrowany system wagowy, dedykowany dla firm z branży spożywczej, mięsnej, rybnej, cukrowniczej, chemicznej, metalurgicznej itp. Dzięki rozbudowanej funkcjonalności swoich modułów zapewnia pełne wsparcie i automatyzację procesów przemysłowych w zakładzie.

Głównym elementem systemu jest baza danych MS SQL oraz oprogramowanie komputerowe, które, współpracując z oprogramowaniem wagowym, pracuje w sieci komputerowej. System wagowy nie ma ograniczeń w kwestii ilości obsługiwanych wag, jak i komputerów, na których jest uruchomione oprogramowanie. Wagi w systemie mogą pracować czasowo bez serwera co oznacza, że awaria głównego komputera lub infrastruktury sieciowej nie spowoduje całkowitego zatrzymania produkcji. Po wznowieniu działania systemu wszystkie zapisane lokalnie informacje są synchronizowane automatycznie.

Należy podkreślić, iż **E2R SYSTEM**, podobnie jak wszystkie wyroby **RADWAG**, to produkt całkowicie polski, dostosowany do krajowych i międzynarodowych realiów gospodarczych.

Dzięki zastosowaniu **E2R SYSTEM** wykorzystanie wag w liniach produkcyjnych staje się wygodniejsze, praktyczniejsze, łatwiejsze, a także bardziej przyjazne dla użytkowników.

8.1. Przeznaczenie i funkcje

Głównym zadaniem oprogramowania **E2R SYSTEM** jest kompleksowa obsługa w czasie rzeczywistym zarówno zintegrowanych, jak i indywidualnych, rozproszonych systemów wających.

System wagowy zbudowany na podstawie programu **E2R SYSTEM** może działać zarówno w biurze, jak i bezpośrednio na terenie hal produkcyjnych, również w warunkach

niedostępnych dla zwykłych komputerów PC, gdyż pracuje na specjalistycznych terminalach wagowych.

W ramach swoich zadań system prowadzi:

- zbieranie informacji o ważeniach oraz ich zapis w bazie danych w trybie online,
- lokalne buforowanie zbieranych ważeń, w trybie offline i przesyłanie ich do bazy danych w trybie online,
- pełną obsługę procesów wagowych według ustalonych schematów,
- synchronizację zbieranych danych ze wszystkimi modułami składowymi systemu,
- pełną integrację z otoczeniem produkcyjnym i administracyjnym firmy (współpraca z programami magazynowymi, księgowymi, systemami ERP, CRM),
- pełną współpracę z programami wagowymi RADWAG,
- aktualny podgląd stanu wag podłączonych do systemu wagowego,
- generowanie zaawansowanych raportów z zapisanych w bazie danych informacji.

8.2. Architektura systemu

Program **E2R SYSTEM** składa się z modułów oprogramowania komputerowego, pełniących rolę zarządzającą oraz modułów instalowanych na terminalach wagowych, pełniących rolę oprogramowania wykonawczego.

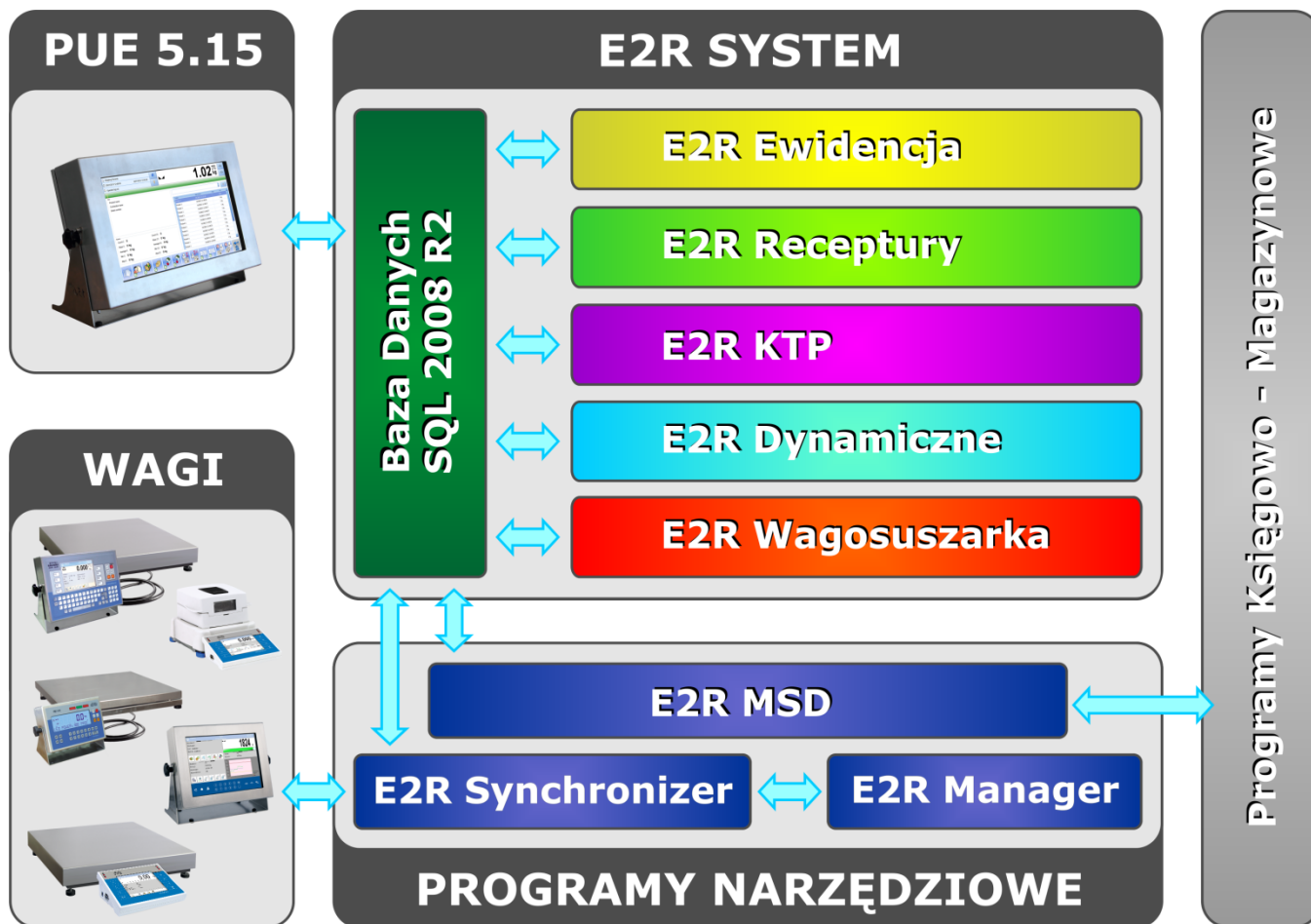
Dane rejestrowane przez system pobierane są bezpośrednio z bazy danych terminali wagowych lub pośrednio, poprzez moduł synchronizacji **E2R SYNCHRONIZER**, z prostych terminali lub innych urządzeń wagowych.

System pozwala również na monitoring online stanu pracy wszystkich podłączonych wag w systemie dzięki aplikacji do wizualizacji **E2R MANAGER**.

Do komunikacji systemu wagowego z innymi systemami komputerowymi służy moduł synchronizacji danych **E2R MSD**, zapewniający bieżący przepływ informacji pomiędzy systemami.

W skład programu **E2R SYSTEM** wchodzi poniższe moduły oprogramowania PC:

- E2R Ewidencja,
- E2R Receptury,
- E2R KTP
- E2R Dynamiczne,
- E2R Wagosuszarka.



Rys. 97 Architektura systemu E2R.

Moduły mogą być instalowane pojedynczo lub w dowolnych konfiguracjach, jednocześnie lub stopniowo, w miarę potrzeb zakładu. Poszczególne funkcje systemu wagowego uzależnione są od zastosowanych modułów.

8.3. Moduły programów E2R

8.3.1. Moduł E2R EWIDENCJA

Moduł E2R Ewidencja odpowiada za rejestrowanie pomiarów przeprowadzonych na terminalach wagowych. Naważenia towarów mogą nie być ze sobą bezpośrednio powiązane żadnymi wspólnymi danymi (ewidencja), ale również mogą stanowić część procesu ważenia, w którym można określić początek i koniec (transakcja) lub w których określona jest konkretna lista towarów do naważenia (zlecenie produkcyjne).

Moduł umożliwia ewidencjonowanie pomiarów przeprowadzonych na terminalach wagowych, przeznaczonych do szybkiej kontroli "+/-", dzięki czemu rola operatora zostaje ograniczona do minimum. Znajduje szerokie zastosowanie w zakładach z wielostanowiskowymi liniami produkcyjnymi, gdzie wymagane jest zbieranie dużej ilości ważeń z wielu wag w krótkim czasie oraz do zakładów, w których zachodzi konieczność śledzenia przepływu towarów, obustronnej wymiany danych z programami księgowymi oraz rozliczania produkcji.



Do podstawowych funkcji modułu *E2R EWIDENCJA* należą:

- obsługa kartotek systemu: Towary, Kontrahenci, Magazyny, Tary – Opakowania, Etykiety, Operatorzy, Samochody, Zmienne uniwersalne, Procesy identyfikacji,
- zbieranie ważeń do bazy danych MS SQL z podłączonych wag,
- obsługa transakcji,
- obsługa zleceń produkcyjnych,
- obsługa gospodarki magazynowej,
- zbieranie ważeń z szybkiej kontroli +/-,
- podgląd stanu wag pracujących w systemie,
- dowolne filtrowanie danych,
- raportowanie uproszczone lub szczegółowe,
- generowanie raportów z ustalonego przedziału czasowego,
- eksport zebranych ważeń do pliku: PDF, HTML, MHT, RTF, XLS, XLSX, CSV, TXT,
- obsługa Archiwum Ważeń,
- współpraca z innymi modułami E2R System,
- wymiana danych z programami zewnętrznymi poprzez Moduł Synchronizacji Danych (MSD),
- definiowanie poziomów dostępu dla poszczególnych użytkowników,
- współpraca z drukarkami i etykieciarkami,
- możliwość zmiany wyglądu aplikacji.

Moduł *E2R EWIDENCJA* zawiera również oprogramowanie E2R Synchronizer, E2R Manager oraz E2R MSD.

8.3.2. Moduł E2R RECEPTURY

Moduł E2R Receptury umożliwia planowanie, wystawianie oraz realizowanie recepturowych zleceń produkcyjnych na podstawie stworzonych i zapisanych w bazie danych receptur.

Każda receptura określa listę składników do naważenia, zakres tolerancji dla danego składnika oraz parametry (podział na fazy, podział na szarże, wybór wagi realizującej recepturę, wskazanie operatora do realizacji receptury), według których zlecenie będzie realizowane.

Moduł umożliwia ponadto obsługę gospodarki magazynowej, związanej z procesami recepturowania, obsługę kartotek E2R System oraz raportowanie wykonywanych zleceń produkcyjnych.

Uzupełnieniem modułu jest program wykonawczy Terminal E2R Receptury, umożliwiający naważanie składników wybranej receptury na jednej lub kilku platformach wagowych (w ramach jednego terminala wagowego), według zdefiniowanych parametrów zlecenia produkcyjnego.

E2R Receptury może być stosowany w przemyśle: budowlanym, spożywczym, cukierniczym, chemicznym, farmaceutycznym, metalurgicznym, jak również wszędzie tam, gdzie wymagane jest odmierzanie składników lub towarów według określonego przepisu.



Do podstawowych funkcji modułu *E2R RECEPTY* należą:

- obsługa kartotek systemu: Towary, Magazyny, Tary – Opakowania, Etykiety, Operatorzy,
- zbieranie ważeń do bazy danych MS SQL z podłączonych wag,
- tworzenie receptur,
- zarządzanie recepturami i zleceniami,
- recepturowanie ręczne i automatyczne,
- naważanie receptury do określonej masy,
- wielokrotna realizacja receptury,
- obsługa zleceń produkcyjnych,
- podgląd zrealizowanych zleceń produkcyjnych,
- obsługa gospodarki magazynowej,
- podgląd stanu wag pracujących w systemie,
- dowolne filtrowanie danych,
- raportowanie uproszczone lub szczegółowe,
- generowanie raportów z ustalonego przedziału czasowego,
- eksport zebranych ważeń do pliku: PDF, HTML, MHT, RTF, XLS, XLSX, CSV, TXT,
- współpraca z innymi modułami E2R System,
- wymiana danych z programami zewnętrznymi poprzez Moduł Synchronizacji Danych (MSD),
- definiowanie poziomów dostępu dla poszczególnych użytkowników,
- współpraca z drukarkami i etykieciarkami,
- możliwość zmiany wyglądu aplikacji.

8.3.3. Moduł E2R KTP

Moduł E2R KTP przeznaczony jest do realizacji oraz nadzorowania przeprowadzanych na wagach kontroli towarów paczkowanych. Jego główną rolą jest synchronizacja baz danych operatorów, towarów i przeprowadzonych kontroli oraz ewidencjonowanie pomiarów przeprowadzanych na wagach połączonych w sieć.

System umożliwia podgląd w czasie rzeczywistym stanu poszczególnych wag, ze szczególnym uwzględnieniem przebiegu kontroli. Wyniki mogą być prezentowane w formie tekstowej lub w formie graficznej – jako wykres. Zarządzać kontrolą można również z poziomu komputera, poprzez spersonalizowany pod względem poziomów dostępu interfejs umożliwiający, np. uruchomienie lub zatrzymanie przeprowadzanej na wadze kontroli.

Wszystkie dane, zbierane podczas przeprowadzanych pomiarów, są zapisywane w pierwszej kolejności lokalnie na poziomie stanowiska wagowego, a następnie automatycznie przekazywane do komputerowej bazy danych systemu wagowego.

E2R KTP znajduje zastosowanie w zakładach produkcyjnych, gdzie konieczna jest kontrola produkowanych towarów pod względem zgodności z Ustawą o kontroli towarów paczkowanych.



Moduł E2R KTP, podobnie jak inne moduły E2R SYSTEM, jest oprogramowaniem wielostanowiskowym i może współpracować z wieloma wagami oraz pracować na wielu stanowiskach komputerowych.

Do podstawowych funkcji modułu *E2R KTP* należą:

- obsługa kartotek systemu: Towary, Operatorzy, Kontrole,
- zbieranie ważeń i kontroli z wag podłączonych do systemu wagowego,
- realizacja kontroli towarów paczkowanych według kryteriów ustawowych,
- realizacja kontroli towarów paczkowanych według kryteriów wewnętrznych,
- możliwość prowadzenia kilku rodzajów kontroli: ze średnią tarą, puste - pełne, pełne – puste,
- możliwość przypisania parametrów i rodzaju kontroli do towaru,
- definiowanie poziomów dostępu dla użytkowników aplikacji komputerowej/wagowej,
- podgląd ważeń i kontroli zapisanych w bazie danych,
- podgląd stanu wag pracujących w systemie,
- dowolne filtrowanie danych,
- raportowanie uproszczone lub szczegółowe,
- generowanie wykresów z zapisanych danych.

8.3.4. Moduł E2R DYNAMICZNE

Moduł E2R Dynamiczne przeznaczony jest do współpracy programu E2R SYSTEM z serią wag dynamicznych produkcji RADWAG. Umożliwia zapisywanie pomiarów przeprowadzanych na wagach do komputerowej bazy danych oraz realizację kontroli KTP.

Moduł znajduje zastosowanie w zakładach produkcyjnych, gdzie wymagana jest rejestracja szybkich ważeń lub kontroli KTP, przy wykorzystaniu wag dynamicznych, np. w przemyśle spożywczym, mięsny, rybnym, cukrowniczym lub chemicznym.

Moduł E2R Dynamiczne, podobnie jak pozostałe moduły E2R System, jest oprogramowaniem wielostanowiskowym i może współpracować z wieloma wagami.



Do podstawowych funkcji modułu *E2R Dynamiczne* należą:

- obsługa kartotek systemu: Towary, Operatorzy, Kontrole,
- zbieranie ważeń zarejestrowanych przez wagi dynamiczne,
- podgląd ważeń przeprowadzonych na wagach z poziomu komputera,
- możliwość sortowania zebranych ważeń według zadanych filtrów,
- możliwość obsługi dużej ilości ważeń w czasie rzeczywistym,
- definiowanie poziomów dostępu dla poszczególnych użytkowników,
- możliwość generowania raportów ogólnych i szczegółowych z zebranych ważeń,
- możliwość generowania wykresów z ważeń przeprowadzonych w wybranym okresie czasowym,

- możliwość generowania raportu: "ktp", "standardowego" i "ze zmiennego asortymentu" przesłanego z wagi dynamicznej,
- możliwość podglądu stanu wag dynamicznych podłączonych do systemu wagowego,
- możliwość generowania wykresu ważeń dla danej wagi w czasie rzeczywistym z uwzględnieniem parametrów kontrolowanego asortymentu,
- możliwość włączenia i wyłączenia zbierania pojedynczych ważeń i ich raportowania w zależności od konfiguracji sprzętowej komputera, na której jest zainstalowana aplikacja E2R Dynamiczne.

Moduł *E2R Dynamiczne* zawiera oprogramowanie *E2R Synchronizer* i *E2R Manager*, niezbędne do zbierania danych z wag dynamicznych podłączonych do E2R System.

8.3.5. Moduł E2R WAGOSUSZARKA

Moduł ten umożliwia ewidencjonowanie pomiarów przeprowadzonych na wagosuszarkach produkcji RADWAG, które połączone w sieć tworzą system wagowy do kontroli wilgotności produkowanych towarów.

Zapisane dane umożliwiają wygenerowanie raportów oraz wykresów z przeprowadzonych suszeń, według zdefiniowanych szablonów.

Moduł *E2R Wagosuszarka* szczególne zastosowanie znajduje w laboratoriach oraz zakładach produkcyjnych, przy bieżącym monitoringu końcowego procesu produkcji. Wszędzie tam, gdzie niezbędny jest podgląd, analiza oraz archiwizacja wykonanych suszeń na wagosuszarkach firmy RADWAG niezbędny również jest moduł *E2R Wagosuszarka*.



Do podstawowych funkcji modułu *E2R Wagosuszarka* należą:

- obsługa kartotek systemu: Towary, Operatorzy, Suszenia,
- odczyt danych z wagosuszarek oraz ich zapis do bazy danych,
- praca online, umożliwiająca bieżący podgląd parametrów prowadzonych suszeń,
- bieżące wyświetlanie informacji z poziomu komputera o stanie procesu suszenia,
- generowanie wykresów online w odniesieniu do czasu suszenia,
- wyświetlanie informacji końcowych o wyniku suszenia,
- dostęp do raportów wygenerowanych przez wagosuszarki,
- automatyczne uruchamianie połączenia wagosuszarek z systemem wagowym, po włączeniu komputera,
- możliwość połączenia wagosuszarek do systemu wagowego poprzez RS 232 lub Ethernet,
- możliwość raportowania wykonanych suszeń według zadanych filtrów,
- możliwość prezentowania zapisanych w bazie danych wyników archiwalnych,
- definiowanie poziomów dostępu dla poszczególnych użytkowników programu,
- możliwość dostosowania interfejsu graficznego programu do indywidualnych potrzeb.

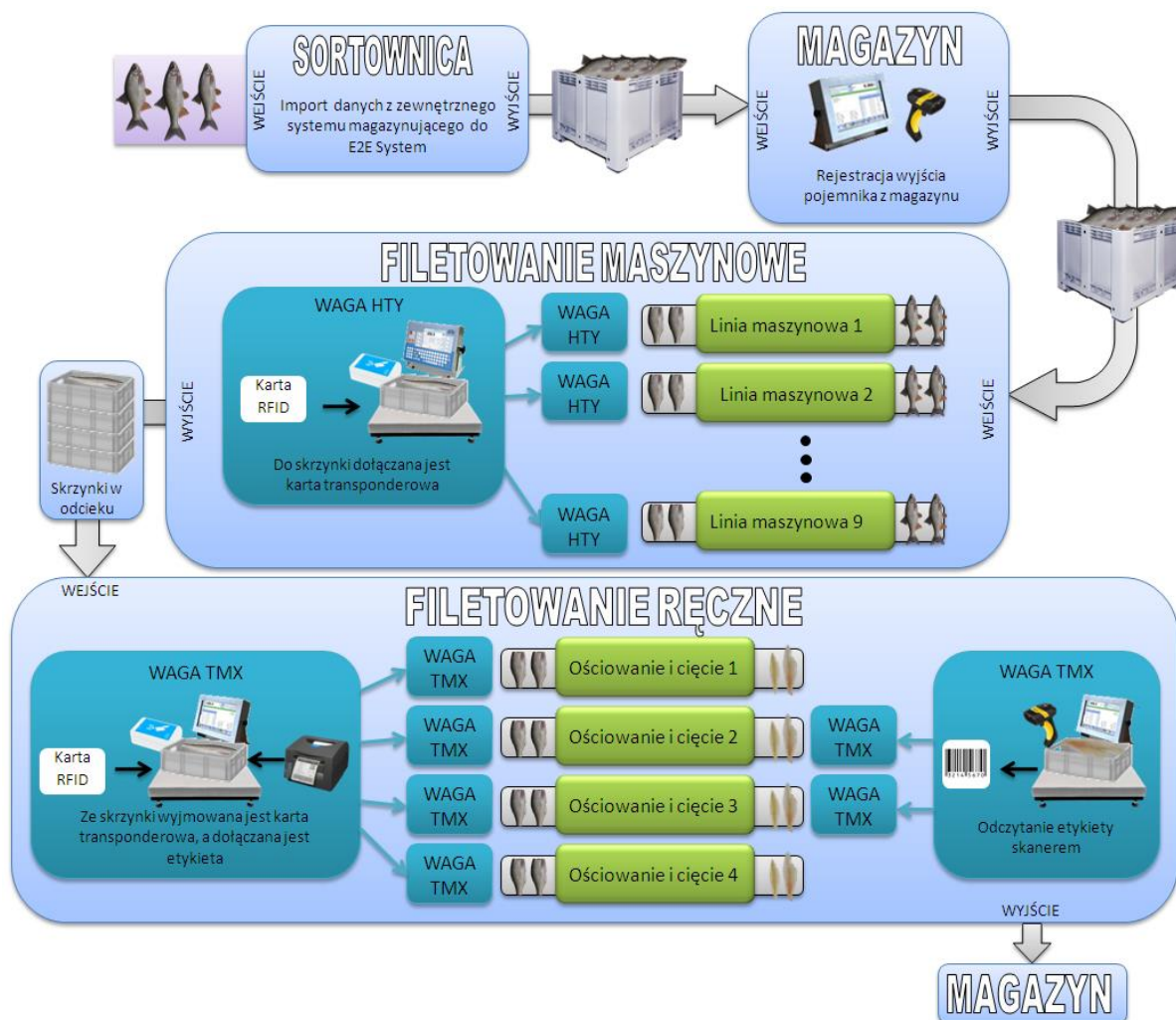
8.4. Przykładowe instalacje i wdrożenia

8.4.1. Moduł E2R EWIDENCJA

Jedną z bardziej rozbudowanych instalacji, opartych na programie *E2R EWIDENCJA*, jest wdrożenie systemu wagowego u światowego lidera w przetwórstwie mrożonych bloków rybnych, mrożonych filetów oraz panierowanych produktów rybnych - firmie Espersen.

Espersen Polska Sp. z o.o. w Koszalinie zatrudnia około 1000 osób i jest jedną z największych fabryk przetwórstwa rybnego w Polsce. Jednym z jej celów jest osiągnięcie pozycji najlepszego producenta wyrobów rybnych z rodziny dorsza, a to oznacza wysokie wymagania dotyczące zarówno własnej produkcji, jak i kontrahentów dostarczających rozwiązania do osiągnięcia założonych celów.

Głównym motorem wdrożenia systemu wagowego było monitorowanie wydajności produkcji, redukcja kosztów oraz wprowadzenie systemu rozliczania pracowników produkcji. Na poniższym schemacie przedstawiony został proces produkcyjny obsługiwany przez system wagowy w jego finalnej wersji.



Rys. 98 Schemat systemu wagowego firmy Espersen.

Cały proces instalacji i wdrożenia został podzielony na etapy, żeby przejście z ręcznej rejestracji produkcji do rejestracji za pomocą terminali wagowych przebiegło w sposób uporządkowany i bezpieczny.

W pierwszym etapie zainstalowano i uruchomiono system wagowy w najbardziej newralgicznym punkcie procesu produkcyjnego: hali filetowania ręcznego, gdzie potrzebne było jak najszybsze przejście z rejestracji ważeń "na kartkach" do rejestracji w systemie wagowym. Dzięki temu uzyskano natychmiastowy efekt w postaci:

- obniżenia kosztów produkcji, dzięki odpowiedniej kontroli procesu i lepszemu wykorzystaniu zasobów ludzkich,
- zwiększenia wydajności produkcji, dzięki wprowadzeniu akordu pracowników,
- szybkiego i dokładnego raportowania,
- uproszczenia podejmowania decyzji, dzięki dokładnej i terminowej analizie danych,
- możliwości planowania i ewidencji czasu pracy operatorów.

Kolejnym etapem procesu wdrożenia było uruchomienie systemu wagowego na działach sortowania, magazynowania oraz filetowania maszynowego, poprzedzających proces ręcznego filetowania ryby. Dzięki instalacji systemu na tych działach firma odniosła korzyści wynikające z:

- monitorowania strat surowca w procesie produkcyjnym (odciek wody, usunięcie ości),
- redukcji przestojów i oczekiwań w procesie produkcji,
- podniesienia terminowości produkcji,
- skrócenia czasu magazynowania surowców (podniesienia szybkości rotacji zapasów),
- uporządkowania gospodarki materiałowej,
- zmniejszenia strat wynikających z utrzymywania nadmiernych zapasów (zamrożenie kapitału, koszty składowania, obniżenie jakości),
- koordynowania wszystkich środków produkcji; w tym maszyn, narzędzi i materiałów.

System wagowy został zainstalowany na terenie hal produkcyjnych, w warunkach niedostępnych dla zwykłych komputerów PC, dzięki zastosowaniu specjalistycznych terminali wagowych produkcji RADWAG. Dane rejestrowane przez system, pobierane bezpośrednio lub pośrednio ze stanowisk wagowych, są zapisywane na zwirtualizowanym serwerze SQL, umieszczonym w serwerowni.

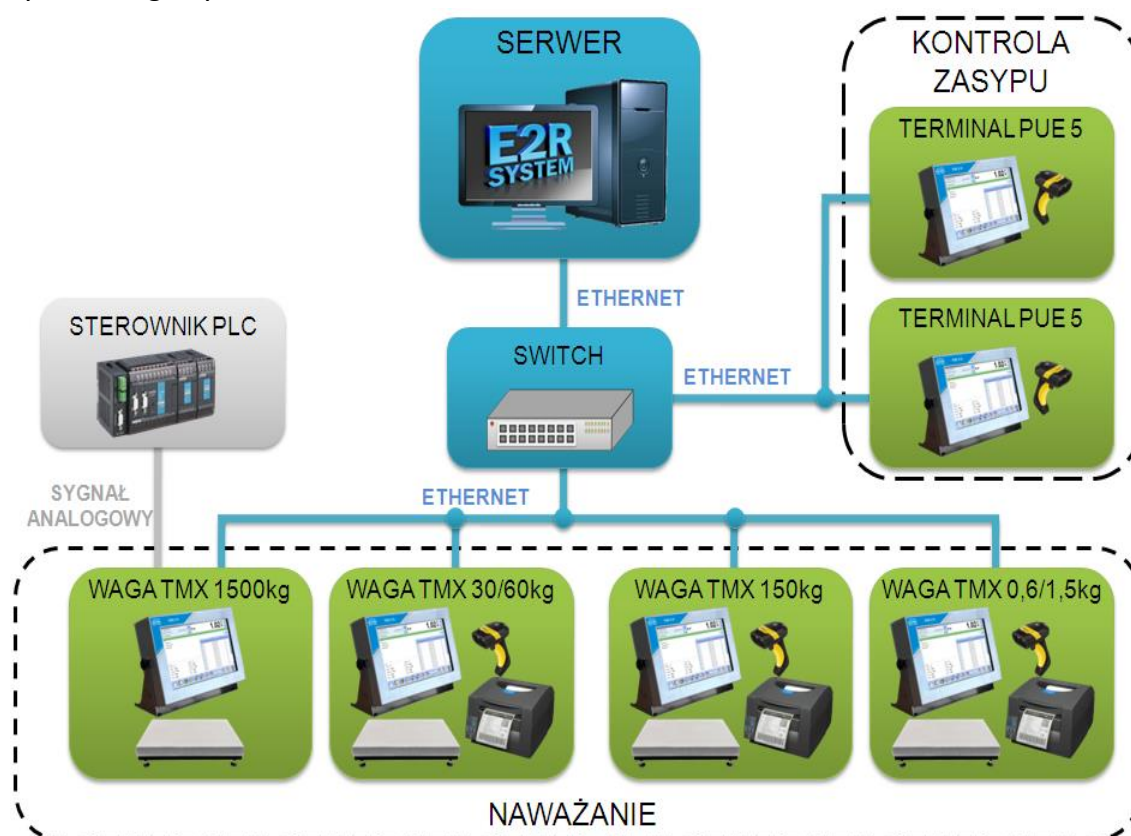
System ponadto składa się z dowolnej liczby stanowisk komputerowych, pełniących rolę oprogramowania zarządzającego – raportującego. Każde stanowisko pozwala również na monitoring online stanu pracy wszystkich wag będących częścią składową systemu wagowego.

8.4.2. Moduł E2R RECEPTY

Przykładem wdrożenia systemu wagowego, opartego na programie *E2R RECEPTY*, jest instalacja uruchomiona w Zakładzie Mleczarskim NUTRICIA w Krotoszynie. NUTRICIA w Krotoszynie, będąca częścią NUTRICIA Polska, a przez to członkiem Grupy DANONE, jest producentem surowców i półproduktów do produkcji mleek modyfikowanych i kaszek dla niemowląt oraz wysokiej jakości produktów mleczarskich. W zakładzie funkcjonuje System Kontroli Jakości HACCP, który został zatwierdzony także dzięki wdrożonemu systemowi wagowemu produkcji RADWAG.

Głównym celem wdrożenia programu *E2R RECEPTY* była potrzeba wprowadzenia szczegółowej kontroli procesu recepturowania, poprzez wyeliminowanie możliwości popełnienia pomyłki przez operatora wykonującego naważanie składników receptury. Uzyskana pełna kontrola procesu wprowadziła możliwość rozwinięcia systemu wagowego o nową funkcjonalność, integrującą zakładowe systemy informatyczne w jedną całość. W finalnej wersji system wagowy obsługuje dane z laboratorium, działu naważania oraz działu kontroli zasypu, podzielonego na dwa, pracujące niezależnie od siebie systemy.

Na poniższym schemacie przedstawiony został proces produkcyjny obsługiwany przez system wagowy.



Rys. 99 System wagowy firmy Nutricia.

System wagowy składa się ze stanowisk wagowych TMX, wyposażonych w platformę wagową lub skaner kodów kreskowych oraz układ automatyki sterujący zaworami zasypu. Przykład takiego połączenia przedstawia poniższe zdjęcie, na którym po lewej stronie znajduje się stanowisko wagowe do naważania oraz po prawej stronie stanowisko do kontroli zasypu.



Rys. 100 Widok systemu wagowego w firmie Nutricia.

System wagowy działa bezpośrednio na terenie hali produkcyjnej, gdzie terminale, połączone poprzez sieć Ethernet z serwerem baz danych, na bieżąco zasilane są danymi z pozostałych systemów informatycznych. System składa się z modułów PC pełniących rolę oprogramowania zarządzającego oraz modułów na terminale wagowe, pełniących rolę oprogramowania wykonawczego.

Program E2R Receptury ponadto obsługuje w czasie rzeczywistym system ważący w zakresie:

- tworzenia i edytowania receptur,
- importu zleceń produkcyjnych z systemu zewnętrznego oraz ich integracji z recepturami zapisanymi w wewnętrznej bazie danych,
- eksportu informacji ze zrealizowanych naważań do systemu zewnętrznego,
- podglądu zrealizowanych naważań oraz zleceń produkcyjnych,
- raportowania zapisanych w bazie danych informacji.

Dzięki uruchomieniu systemu wagowego odniesiono korzyści w postaci:

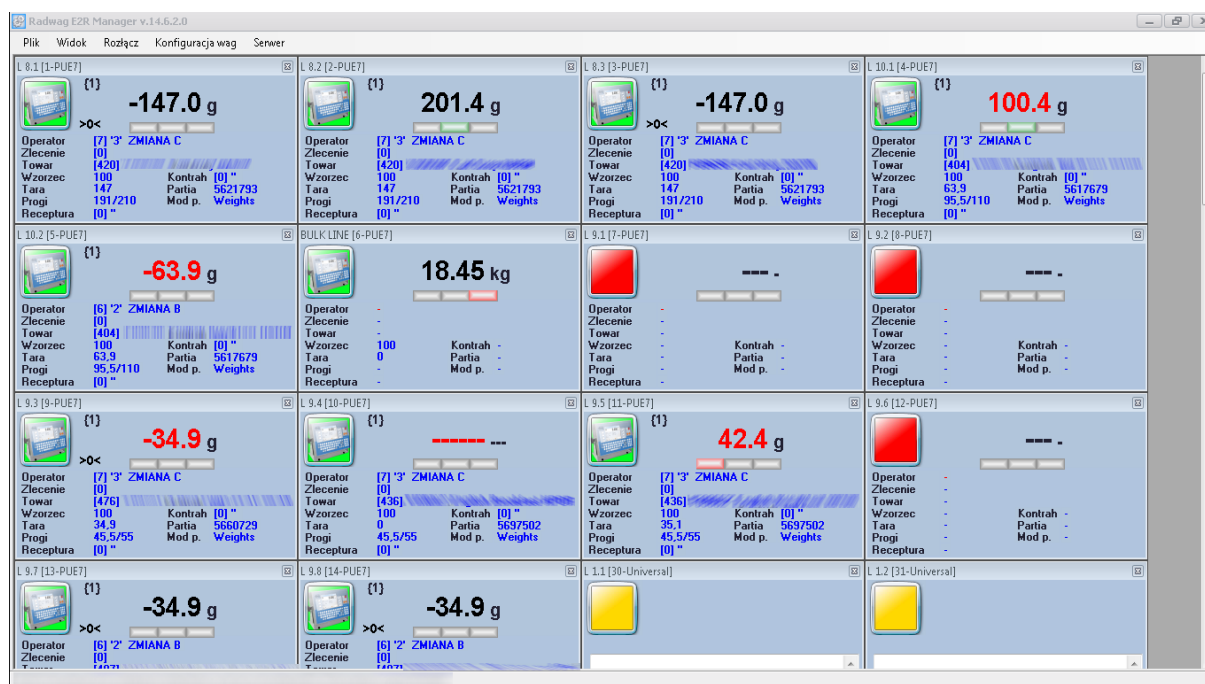
- wprowadzenia Systemu Kontroli Jakości HACCP,
- wprowadzenia monitorowania przepływu surowca w procesie produkcyjnym,
- uporządkowania gospodarki materiałowej,
- redukcji kosztów związanych z ewentualnymi stratami, spowodowanymi błędami operatorów.

8.4.3. Moduł E2R DYNAMICZNE

Kolejnym przykładem rozwiązania, jakie w ostatnim czasie zostało uruchomione przy wykorzystaniu modułu *E2R DYNAMICZNE*, jest instalacja wdrożona w firmie R. TWINNING AND COMPANY Sp. z o.o.

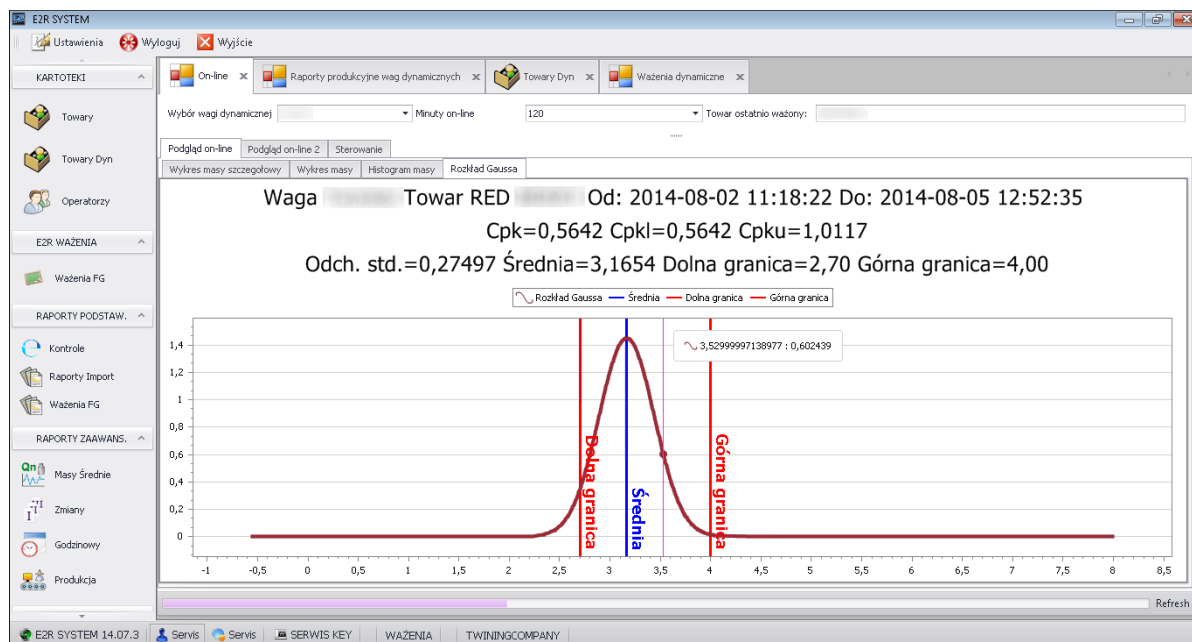
Ten nowatorski projekt w postaci złożonego, wielomodułowego systemu wagowego, zapewnia integrację statycznych i dynamicznych stanowisk wagowych oraz wspiera i automatyzuje produkcję, zapewniając jednocześnie niezbędną kontrolę w przedsiębiorstwie. Istotne jest to, że w przypadku tej implementacji systemu, zastosowano wagi statyczne HTY, które pracują niemal jak wagi dynamiczne bez potrzeby ciągłej ingerencji operatora. Wagi ustawia na terminalu jedynie aktualnie produkowany produkt, w którym zawarte są wszystkie niezbędne ustawienia.

Podstawowym zadaniem, które realizuje system to kontrola towarów paczkowanych zgodnie z Ustawą. Na życzenie Klienta wykonano zapis informacji przesyłanych z wag, które Klient zakupił u innych dostawców m.in. ze względu na potrzebę zachowania spójności systemów wagowych. System kompleksowo obsługuje w czasie rzeczywistym wszystkie systemy ważące i prezentuje w czasie rzeczywistym uproszczony status wszystkich stanowisk wagowych.



Rys. 101 Okno podglądu pracy wag w programie E2R Dynamiczne.

W systemie prezentowane są również szczegółowe informacje o statusie wag dynamicznych z wybranego przedziału czasowego oraz statystyka, która zawiera np. rozkład masy oraz rozkład Gaussa.



Rys. 102 Okno podglądu statystyk w programie E2R Dynamiczne.

System nie ma ograniczeń w kwestii ilości obsługiwanych wag w systemie, jak i komputerów, na których jest uruchomione oprogramowanie. Wagi produkcji RADWAG mogą pracować czasowo bez połączenia z serwerem, co oznacza, że awaria serwera lub infrastruktury sieciowej nie spowoduje całkowitego zatrzymania produkcji. Po wznowieniu działania serwera wszystkie informacje są synchronizowane automatycznie.

Zaawansowane funkcje systemu pozwalają identyfikować przepływ produkcji oraz monitorować aktualny stan urządzeń, dając równocześnie wgląd w kompleksową analizę i ocenę archiwalnej produkcji.

Wszystkie informacje otrzymane w czasie rzeczywistym pozwalają bezzwłocznie zidentyfikować problemy i tym samym wykluczać lub ograniczać trudności występujące na stanowiskach wagowych. Jeżeli informacje prezentowane w systemie nie zostaną wykorzystane podczas trwania produkcji, mogą zostać przeanalizowane po tym fakcie, system rejestruje wszystkie niezbędne dane.

Dużą zaletą systemu jest również rozbudowany moduł raportowania, który umożliwia przygotowanie różnego rodzaju raportów z wybranymi indywidualnie przez użytkownika informacjami.

Przekazanie tak przyjaznego i intuicyjnego środowiska użytkownikom sprawia, że system może zostać udostępniony pracownikom na różnych poziomach zaawansowania, oczywiście dostęp do większości opcji jest parametryzowany i wymaga odpowiednich uprawnień.

W zależności od rodzaju wag oraz wykorzystywanego modułu, wyniki produkcji mogą być prezentowane na różne sposoby, przy czym wszystkie zestawione informacje dają jeden spójny obraz przebiegu produkcji.

9. Bibliografia

1. S. Janas, *Nowe spojrzenie na jakość wag laboratoryjnych*, pod red. S. Janasa, RADWAG Wagi Elektroniczne, Radom 2011.
2. A. Hantz, *Kurs metrologii laboratoryjnej. Cz. 1: Podstawy, metrologia prawna, naukowa i przemysłowa*, [w:] *Laboratorium*, nr 2/2008.
3. A. Hantz, *Rola akredytacji laboratorium w procesie badania i wzorcowania wag oraz wzorców masy*, RADWAG Wagi Elektroniczne, *Materiały konferencyjne 2005*.
4. A. Hantz, *Kwalifikacja wyposażenia pomiarowego w laboratorium jako element walidacji procesu badawczego*, RADWAG Wagi Elektroniczne, *Materiały Sympozjum POLLAB 2011*.
5. *Zagadnienia metrologiczne wag nieautomatycznych* - PN-EN 45501:1999.
6. *Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane (VIM)*, PKN-ISO/IEC Guide 99:2010.
7. *Systemy zarządzania jakością – Wymagania*, PN-EN ISO 9001:2008.
8. *System zarządzania pomiarami. Wymagania dotyczące procesów pomiarowych i wyposażenia pomiarowego*, PN-EN ISO 10012:2004.
9. *Ustawy, Dyrektywy UE, Rozporządzenia*, www.sejm.gov.pl, [dostęp 18.07.2015].
10. *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/22/WE z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie przyrządów pomiarowych*.
11. *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych*.
12. *Ustawa z dnia 7 maja 2009 r. o towarach paczkowanych*.
13. *Zaawansowane rozwiązania przemysłowe*, praca zbiorowa, RADWAG Wagi Elektroniczne, Radom 2011.
14. *Waga serii Y nowe technologie, nowe możliwości*, praca zbiorowa, pod red. S. Janasa, RADWAG Wagi Elektroniczne, Radom 2011.
15. *Poradnik dotyczący organizacji systemu kontroli wewnętrznej ilości towaru paczkowanego*, Główny Urząd Miar, Warszawa 2013.
16. P. Burnos, *Autokalibracja systemów ważących pojazdy samochodowe w ruchu oraz analiza i korekcja wpływu temperatury na wynik ważenia, rozprawa doktorska*, Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Metrologii, Kraków 2009, <http://www.bg.agh.edu.pl/>, [dostęp 10.07.2015].
17. *Vibra, Waga z czujnikiem kamertonowym*, http://www.vibra.net.pl/Pl/waga_z_czujnikiem_kamertonowym/, [dostęp 18.07.2015].



RADWAG Wagi Elektroniczne

ul. Bracka 28, 26-600 Radom

tel. (48) 384 88 00

fax: (48) 385 00 10

e-mail: radom@radwag.pl

www.radwag.pl