

**Tomasz BAKOŃ**SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO, WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI,  
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 164**artykuł dydaktyczny****Metrologia dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji****Dr inż. Tomasz BAKOŃ**

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (1999). Doktorat na Wydziale Elektrotechniki i Technik Informatycznych Uniwersytetu Ruhry w Bochum (2008). Od 2010 adiunkt na Wydziale Inżynierii Produkcji SGGW. 2009-2011 – adiunkt, 2000-2003 – inżynier w Instytucie Energetyki. 2003-2008 asystent na Uniwersytecie Ruhry. Zainteresowania: metrologia, odnawialne źródła energii, jakość energii elektrycznej, układy przekształtnikowe.



e-mail: tomasz\_bakon@sggw.pl

**Streszczenie**

Rosnąca konkurencja i wymagania rynku powodują, że coraz więcej firm wprowadza systemy zarządzania zgodne z międzynarodowymi normami. Systemy te obejmują również zagadnienia metrologiczne. W artykule został przedstawiony program nauczania metrologii na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, którego istotną częścią jest przygotowanie studentów do nadzoru nad zagadnieniami metrologicznymi w przedsiębiorstwie.

**Słowa kluczowe:** metrologia, zarządzanie, inżynieria produkcji.

**Metrology Course for Management and Production Engineering Field of Study****Abstract**

Growing competition and market requirements cause that increasing number of companies are implementing management systems consistent with international standards. These systems include also measurement issues. This paper presents metrology agenda for Management and Production Engineering field of study, whose important part is get students ready for the supervision of metrological issues in the enterprise. Table 1 shows number of hours and ECTS credits assigned to the metrology course broken down into lectures and exercises (calculate and laboratory) for full-time and extramural weekend study. Table 2 presents number of point assigned for each topic. Total number of points is determined as 100. 70 points is assigned to exercises and 30 to lectures. Points from exercises can be achieved for general metrology procedure, calibration procedure, reports and final test. The important part of the laboratory is preparation of calibration procedure (e.g. for analog voltmeter) and use this self-made procedure to reporting of compliance with specification and preparation of calibration certificate. Fig. 1. to 3. present evaluation of full-study and extramural students in the metrology course. The note 5.0 is very good, 4.0 good, 3.0 positive and 2.0 negative. All figures show that the full-time students get better results. Issues that need to apply theoretical knowledge in practice make students the most problems.

**Keywords:** metrology, management, production engineering.

**1. Wprowadzenie**

Wydział Inżynierii Produkcji Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie prowadzi studia na kierunkach: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Technologie Energii Odnawialnej oraz Technika Rolna i Leśna. Studia na tych kierunkach są prowadzone dla kursów inżynierskich (I stopnia) oraz magisterskich (II stopnia) w trybie dziennym – stacjonarnym oraz zaocznym – niestacjonarnym. Dodatkowo prowadzone są również doktoranckie oraz podyplomowe.

Absolwenci studiów pierwszego stopnia powinni posiadać wiedzę w wybranym zakresie inżynierii produkcji oraz nauk ekonomicznych i nauk o zarządzaniu. Powinni posiadać umiejętności menadżerskie oraz rozwiązywania zagadnień z wybranego zakresu inżynierii produkcji, w tym: projektowania nowych i nadzorowania istniejących procesów produkcyjnych i eksploatacyjnych,

nadzorowania obiektów i systemów zarządzania, doboru i szkolenia personelu, zarządzania kosztami, finansami, kapitałem, przedsiębiorstwem i inwestycjami rzeczowymi, marketingu, logistyki, formowania zadań z zakresu technologii zarządzania i finansów, transferu technologii i innowacyjności. Absolwenci są przygotowani do zarządzania procesami produkcji w wybranym zakresie inżynierii produkcji, organizowania i zarządzania personelem oraz koordynowania prac zespołów pracowniczych, udziału w realizacji i wdrażaniu prac badawczych i rozwojowych, zwłaszcza dotyczących innowacji technologicznych i organizacyjnych, udziału w pracach dotyczących doradztwa technicznego i organizacyjnego w wybranym zakresie inżynierii wytwarzania [1, 3].

**2. Zagadnienia metrologiczne w programie studiów ZiIP**

Inżynieria produkcji w formie nauczanej na Wydziale Inżynierii Produkcji SGGW stanowi połączenie nauk technicznych z naukami rolniczymi, dodatkowo zawarte w programie studiów zarządzanie wnosi aspekty ekonomiczne i nauk o zarządzaniu. W tak ustalonym programie studiów swoje miejsce muszą znaleźć również zagadnienia dotyczące metrologii w powiązaniu do tych nauk.

Studenci stykają się podczas wielu zajęć z pomiarami – w większości na ćwiczeniach laboratoryjnych, gdzie sama metrologia nie leży wprawdzie w centrum zainteresowania; jej podstawy są jednak potrzebne do poprawnego przeprowadzenia pomiarów. Przedmioty te dotyczą głównie zagadnień chemicznych, termodynamicznych, kinematycznych, przetwórstwa rolno-spożywczego, ale również elektrotechniki czy elektroniki. W programie studiów przewidziano także dedykowane przedmioty związane z automatyką, przesyłaniem danych oraz sterownikami PLC.

Sam przedmiot pod nazwą metrologia kładzie nacisk bezpośrednio na zagadnienia metrologiczne i przewidziany jest zarówno dla studentów studiów stacjonarnych jak i zaocznym w formie wykładów z ćwiczeniami laboratoryjnymi i obliczeniowymi na trzecim semestrze studiów inżynierskich. Przedmiot zakończony jest egzaminem.

**3. Przedmiot metrologia**

Celem przedmiotu metrologia jest przygotowanie studentów do rozwiązywania zagadnień związanych z planowaniem eksperymentu, poprawnym jego przeprowadzeniem, a następnie z wykorzystaniem wyników pomiarów. W ramach przedmiotu studenci zapoznają się z najczęściej spotykanymi konstrukcjami czujników pomiarowych, doбором odpowiedniego przyrządu do zadanego zagadnienia pomiarowego oraz z tworzeniem i nadzorem dokumentacji pomiarowej.

W tabeli 1 przedstawiono liczbę godzin dydaktycznych (po 45 min) przewidzianą do realizacji w ramach przedmiotu metrologia wraz z punktami ECTS.

Tab. 1. Liczba godzin i punktów ECTS przewidziana dla przedmiotu metrologia [2]  
Tab. 1. Number of hours and ECTS credits assigned to the metrology course [2]

Rodzaj studiów	Liczba godzin wykładu w semestrze	Liczba godzin ćwiczeń w semestrze	Liczba punktów ECTS
Dzienne stacjonarne	15	30	4
Zaoczne niestacjonarne	16	27	5

Zajęcia są prowadzone na studiach dziennych w formie jednej godziny wykładów oraz dwóch godzin ćwiczeń tygodniowo w grupach około 15 osób. Na studiach zaocznych, obejmujących osiem zjazdów z zajęciami w semestrze, w każdym zjeździe przypadają dwie godziny wykładów oraz trzy godziny ćwiczeń. Program zajęć jest taki sam. Niewielka liczba godzin przewidzianych dla przedmiotu metrologia wymusza szczególnie staranne dobranie tematyki zajęć tak, aby jak najlepiej odpowiadała ona wymaganiom stawianym sylwetce absolwenta oraz odzwierciedlała problemy spotykane w późniejszej pracy.

#### 4. Tematyka wykładów

Wykłady mają na celu dostarczenie studentom aktualnej wiedzy z zakresu metrologii, która następnie powinna zostać zastosowana podczas ćwiczeń oraz eksperymentów w laboratorium. Wiedzę tę można podzielić na trzy podstawowe grupy.

Grupa I obejmuje podstawowe zagadnienia metrologiczne, pojęcia i definicje, np.: jednostki układu SI, pomiary bezpośrednie i pośrednie, błędy systematyczne i statystyczne, pomiary wielokrotne, niepewności pomiarowe, rozkłady prawdopodobieństwa, ich właściwości i zastosowanie w metrologii, metody regresji liniowej, tolerancje i pasowania w mechanice, itp.

W grupie II znajduje się przegląd wzorców miar, czujników pomiarowych wielkości elektrycznych, magnetycznych i nieelektrycznych (np. temperatury, wilgotności powietrza i drewna, poziomu, przepływu, ciśnienia, siły, naprężenia, przesunięcia, prędkości, przyspieszenia, czasu, częstotliwości, pH czy wielkości chemicznych), przetworników pomiarowych, przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych, mierników cyfrowych, wirtualnych przyrządów pomiarowych, regulatorów, rejestratorów oraz systemów pomiarowych, komunikacji, zbierania, archiwizowania i przesyłania danych.

Grupę III stanowią tematy dotyczące nadzoru nad systemami pomiarowymi, nadzoru nad dokumentacją pomiarową, zapewnienia spójności pomiarowej, roli Głównego Urzędu Miar i laboratoriów akredytowanych.

#### 5. Tematyka ćwiczeń

Ćwiczenia realizowane są w formie rachunkowej oraz laboratoryjnej.

Ćwiczenia w formie rachunkowej obejmują m.in.: zapisywanie niepewności pomiarowych i pełny zapis wyniku pomiaru za pomocą odpowiedniej liczby cyfr znaczących, obliczanie błędów względnych, wyznaczanie niepewności wyników działań arytmetycznych i funkcji określonych na liczbach przybliżonych, obliczanie średniej ważonej zbioru wyników, zastosowanie kryterium Chauveneta do sprawdzenia możliwości odrzucenia pojedynczej danej, obliczanie tolerancji i pasowań, sprawdzanie spójności wyników pomiarów.

Część laboratoryjna składa się z kilku ćwiczeń, takich jak: wykonywanie pomiarów wymiarów wewnętrznych, zewnętrznych i mieszanych, pomiary kół zębatych, pomiary wielkości elektrycznych (napięcie, prąd, moc czynna i bierna, rezystancja i impedancja), pomiary wielkości nieelektrycznych (temperatura, wilgotność, przepływ).

Główną część stanowi jednak wzorcowanie analogowego miernika (np. woltomierza) na pomocą przyrządu cyfrowego. Studenci muszą na podstawie otrzymanych informacji przygotować procedurę, przeprowadzić według niej wzorcowanie oraz wystawić świadectwo wzorcowania zgodne z wymaganiami Polskiego Centrum Akredytacji. Najwięcej kłopotów sprawia tutaj dość duża dowolność w formie i treści takiej procedury z jednoczesną koniecznością zachowania zaleceń podanych w wytycznych instytucji metrologicznych.

Dodatkowo studenci przygotowują procedurę ogólną dotyczącą zagadnień metrologicznych mającą zastosowanie w przemyśle rolno-spożywczym albo akredytowanym laboratorium ba-

dawczym lub wzorcującym, zgodną z wymaganiami odpowiedniej normy.

#### 6. Zasady oceniania

W roku akademickim 2012/13 nastąpiła zmiana regulaminu studiów, zgodnie z którą z każdego przedmiotu wystawiana jest tylko jedna ocena semestralna, w przypadku metrologii jest to ocena z egzaminu. Poprzednio studenci otrzymywali oddzielną ocenę z części ćwiczeniowej oraz z egzaminu obejmującego treści wykładu.

Biorąc pod uwagę, że część ćwiczeniowo-laboratoryjna jest bardzo istotna – ustalono, że na przypadającą maksymalną ilość 100 punktów, 70 z nich jest do uzyskania z części laboratoryjno-ćwiczeniowej, a 30 z egzaminu obejmującego treści wykładu. Do zaliczenia wymagane jest minimum 51 punktów łącznie oraz minimum 36 punktów z części ćwiczeniowej oraz 15 punktów z wykładu. W tabeli 2 przedstawiono szczegółowy podział punktów możliwych do uzyskania w czasie semestru. Regulamin studiów przewiduje, że studentom przysługuje możliwość opuszczenia 3 z 15 ćwiczeń. Uczestnictwo w wykładach jest nieobowiązkowe.

Zgodnie z regulaminem studentom przysługują dwa terminy zaliczenia ćwiczeń i egzaminu.

Jako pierwsze następuje ustne zaliczenie ćwiczeń. W czasie zaliczenia studenci prezentują swoje procedury pomiarowe i ogólne oraz sprawozdania z ćwiczeń oraz sprawdzana jest wiedza z zakresu ćwiczeń. Wymagane jest oddanie dwóch procedur i kompletu sprawozdań. Termin poprawkowy sprawdzianu ma charakter pisemny, trwa 90 minut, dopuszczalne są wszystkie pomoce (z wyjątkiem pomocy innych osób), w tym także możliwość korzystania z Internetu, celem jest weryfikacja czy student potrafi zastosować w praktyce zdobytą wiedzę. Osoby, które uzyskają z ćwiczeń ocenę co najmniej 3,5 (43/70 punktów) w pierwszym terminie mogą przystąpić do ustnego egzaminu zerowego, który odbywa się podczas pisemnego terminu poprawkowego z ćwiczeń. Jeżeli zaproponowana podczas tego dodatkowego terminu ocena nie odpowiada studentowi ma on nadal do dyspozycji dwa przewidziane regulaminem terminy egzaminu w sesjach.

Dwa terminy egzaminu, odbywające się obowiązkowo w określonych regulaminem sesjach egzaminacyjnych, mają charakter pisemny i obejmują podobnie jak ustny termin zerowy weryfikację zastosowania zdobytej wiedzy w prostych zagadnieniach praktycznych. Egzaminowany dostaje arkusz z wydrukowanymi pytaniami, dozwolone są wszystkie pomoce, czas pisania 30 minut. Oceniane są tylko odpowiedzi zamieszczone na otrzymanym arkuszu. W zależności od złożoności jest to od 10 do 20 pytań w każdym terminie.

Tab. 2. Przyporządkowanie punktów do tematów

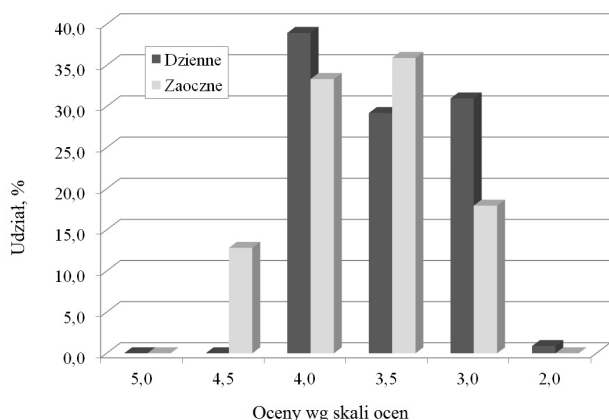
Tab. 2. Number of points assigned to topics

Zagadnienie	Maksymalna liczba punktów (ćwiczenia)	Maksymalna liczba punktów (wykład)	Liczba punktów wymagana do zaliczenia
Procedura pomiarowa (np. wzorcowania woltomierza)	15		
Procedura ogólna (np. nadzór nad sprzętem pomiarowym w zakładzie rolno-spożywczym)	15	X	36
Sprawozdania z ćwiczeń	20		
Sprawdzian końcowy	20		
Egzamin z wykładu	X	30	15
<b>Łącznie</b>		100	51

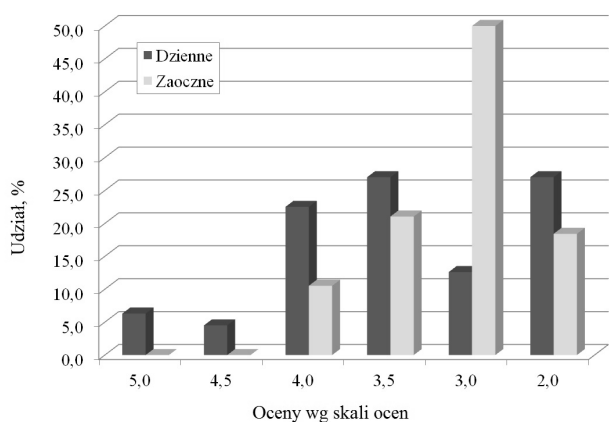
Ten sposób weryfikacji wiedzy prowadzony jest od trzech lat na studiach zaocznych i od dwóch lat na studiach dziennych. Wyniki uzyskiwane na studiach dziennych są lepsze niż w przypadku studentów studiów zaocznych. Niestety jak pokazuje praktyka najczęściej problemów sprawia studentom konieczność powiązania prostych faktów z ich praktycznym zastosowaniem. Znacznie lepiej studenci odpowiadają na pytania typu definicyjnego – jest to tendencja nie tylko na polskich uczelniach. Możliwość korzystania ze wszystkich pomocy, wiele osób rozumie jako brak konieczności choćby pobieżnego przejrzania notatek i książek, nie wspominając o ich opracowaniu, co znajduje potem odzwierciedlenie w ocenie (brak czasu na znalezienie wszystkiego w książkach i w wyszukiwarkach internetowych). Dodatkowo krótki czas przeznaczony na pisanie egzaminu praktycznie eliminuje powszechne w Polsce, a mało spotykane w krajach zachodnich ściąganie.

Rys. 1 do rys. 3 prezentują porównanie uzyskanych w pierwszym podejściu (po pisemnym zaliczeniu ćwiczeń i po pierwszym egzaminie pisemnym) ocen przez studentów dziennych i zaocznych przed i po wprowadzeniu łącznej oceny z wykładu i ćwiczeń. W celu łatwiejszego porównania rezultatów wyniki przedstawiono w procentach.

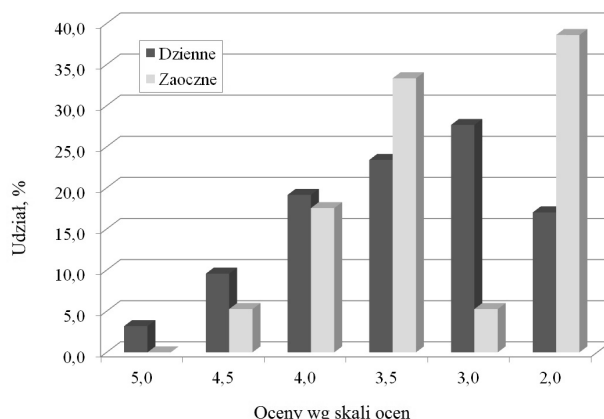
Na rys. 1 przedstawiono względny udział ocen uzyskanych na studiach dziennych i zaocznych z ćwiczeń, na rys. 2 z wykładu, a rys. 3 przedstawia wyniki po wprowadzeniu łącznej oceny końcowej.



Rys. 1. Wyniki zaliczenia ćwiczeń  
Fig. 1. Evaluation of exercises



Rys. 2. Wyniki egzaminu  
Fig. 2. Evaluation of lecture



Rys. 3. Wyniki po wprowadzeniu oceny łącznej z ćwiczeń i egzaminu  
Fig. 3. Evaluation after the introduction of total rating for exercises and lecture

Przedstawione na wykresach wyniki potwierdzają, że najczęściej problemów sprawiają studentom zadania pozwalające na posłużenie się wszystkimi posiadanymi materiałami (notatkami, książkami, Internetem) w celu rozwiązania postawionego zadania w określonym czasie – najczęściej ocen niedostatecznych z części egzaminacyjnej lub przy łącznym ocenianiu. Widoczny jest też większy udział lepszych ocen (szczególnie ocen bardzo dobrych) uzyskanych przez studentów studiów dziennych w porównaniu do studentów studiów zaocznych, co można uznać za tendencję ogólnokrajową. Zależność ta jest najlepiej widoczna na rys. 3, gdzie przedstawiono oceny z ostatniego roku po wprowadzeniu łącznej oceny z ćwiczeń i wykładu.

## 7. Podsumowanie

Metrologia stanowi również ważny aspekt w zarządzaniu i inżynierii produkcji, dlatego program tego przedmiotu przewiduje wielostronne podejście do zagadnień metrologicznych zarówno od strony praktycznej i obliczeniowej typowej dla inżynierów, jak i od strony organizacyjnej bardziej adekwatny dla zarządzania.

Sposób egzekwowania wiedzy przewiduje praktyczną weryfikację zdobytej wiedzy: sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych, obliczenia, a przede wszystkim samodzielne przygotowanie procedury, przeprowadzenie zgodnie z nią pomiarów oraz wystawienie świadectwa na wzór obowiązujących dokumentów metrologicznych. Opanowanie wiedzy w sposób encyklopedyczny wymagane jest tylko w stopniu koniecznym dla zrozumienia pozostałych treści przedmiotu.

Podziękowanie:

Autor dziękuje Pani Dr hab. Ewie Piotrowskiej z Wydziału Inżynierii Produkcji SGGW za opracowanie i prowadzenie wykładów oraz ćwiczeń laboratoryjnych i rachunkowych na temat podstaw metrologii, wyznaczania niepewności pomiaru oraz pomiarów wielkości mechanicznych na potrzeby opisanego w artykule przedmiotu metrologia.

## 8. Literatura

- [1] Efekty kształcenia dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, SGGW, Warszawa 2012.
- [2] Plan Studiów na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, SGGW, Warszawa 2012.
- [3] Standardy kształcenia kierunek Zarządzania i Inżynieria Produkcji, SGGW, Warszawa 2006.

otrzymano / received: 06.11.2013

przyjęto do druku / accepted: 03.11.2014

artykuł recenzowany / revised paper