

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA.....	5
Ćwiczenie 1. WYNIK POJEDYNCZEGO POMIARU	5
1.1. Cel ćwiczenia	5
1.2. Wprowadzenie	5
1.3. Opis stanowiska.....	15
1.4. Przebieg ćwiczenia	17
1.5. Uwagi końcowe.....	20
Ćwiczenie 2. NIEPEWNOŚCI METODY POMIAROWEJ	22
2.1. Cel ćwiczenia	22
2.2. Wprowadzenie	22
2.3. Opis stanowiska.....	29
2.4. Przebieg ćwiczenia	31
2.5. Uwagi końcowe	35
Ćwiczenie 3. SYSTEMATYCZNE BŁĘDY WYNIKU POMIARU	37
3.1. Cel ćwiczenia	37
3.2. Wprowadzenie	37
3.3. Opis stanowiska.....	43
3.4. Przebieg ćwiczenia	46
3.5. Uwagi końcowe	35
Ćwiczenie 4. POMIARY WIELOKROTNE – Statystyczne opracowanie wyników ..	54
4.1. Cel ćwiczenia	54
4.2. Wprowadzenie	54
4.3. Opis stanowiska.....	55
4.4. Przebieg ćwiczenia	56
4.5. Uwagi końcowe	62
Ćwiczenie 5. WEJŚCIOWE PRZETWORNIKI POMIAROWE	64
5.1. Cel ćwiczenia	64
5.2. Wprowadzenie	64
5.3. Stanowisko pomiarowe	66
5.4. Przebieg ćwiczenia	71
5.5. Uwagi końcowe	75
Ćwiczenie 6. UKŁADY RÓŻNICOWE PRZETWORNIKÓW POMIAROWYCH ..	76
6.1. Cel ćwiczenia	76
6.2. Wprowadzenie	76
6.3. Opis stanowiska.....	81
6.4. Przebieg ćwiczenia	83
6.5. Opracowanie wyników	85
6.6. Uwagi końcowe	88

Ćwiczenie 7. SEMINARIUM	90
7.1. Cel ćwiczenia	90
7.2. Przebieg seminarium	90
7.3. Propozycje tematów do omówienia	91
Regulamin Laboratorium.....	93
Literatura	96

PRZEDMOWA

Skrypt jest nową wersją podręcznika¹ [2] i zawiera zestaw zmodernizowanych i uaktualnionych ćwiczeń laboratoryjnych do przedmiotu „Podstawy Metrologii” realizowanego według programu opracowanego w Instytucie Maszyn Przepływowych Politechniki Łódzkiej pod kierunkiem prof. dr inż. W. R. Gundlacha. Zajęcia laboratoryjne są prowadzone na pierwszym roku studiów pierwszego stopnia (stacjonarnych i niestacjonarnych) wydziału Mechanicznego (*kierunki: mechanika i budowa maszyn, mechatronika, energetyka, transport, inżynieria materiałowa, zarządzanie i inżynieria produkcji, automatyka i robotyka*) oraz wydziału Organizacji i Zarządzania (*kierunek zarządzanie i inżynieria produkcji*). Dla większości studentów stanowią pierwszy bezpośredni kontakt z aparaturą i procesem pomiarowym. Podstawowym zadaniem laboratorium jest przygotowanie studentów do samodzielnej, eksperymentalnej pracy badawczej.

Tematyka ćwiczeń obejmuje podstawowe zagadnienia metrologiczne, wspólne dla wielu dziedzin wiedzy, począwszy od określenia i sprecyzowania zadania pomiarowego, określenia mierzonej wielkości, wyboru metody pomiarowej, opracowania precyzyjnego „scenariusza” planowanego pomiaru, do metodyki opracowania i prezentacji uzyskanych wyników. W przygotowanym zestawie ćwiczeń wykorzystano przede wszystkim wiadomości z matematyki i fizyki wyniesione przez studentów ze szkoły średniej, co spowodowało w wielu przypadkach konieczność wprowadzenia znacznych uproszczeń i ograniczeń zakresu realizowanych ćwiczeń i metod opracowania wyników.

Ćwiczenia bezpośrednio nawiązują do wykładu z Podstaw Metrologii [1] i audytoryjnych ćwiczeń rachunkowych – seminaryjnych. Są one z jednej strony dostosowane do przygotowanych w tym celu w Instytucie stanowisk laboratoryjnych i posiadanej aparatury, z drugiej zaś strony tak dobrane, aby studenci mieli możliwość zaznajomienia się zarówno z pomiarem wielu wielkości fizycznych (*przemieszczenie, siła, ciśnienie, temperatura, częstość obrotów, czas, częstotliwość, napięcie*), różnymi metodami, jak również poznania możliwie dużej liczby dostępnych, typowych urządzeń i przyrządów pomiarowych.

Wynik zrealizowanego pomiaru winien być przedstawiony w postaci estymaty i jej niepewności zgodnie z krajowymi (*GUM*) zaleceniami nawiązującymi do zaleceń metrologicznych organizacji międzynarodowych [11]. Surowy wynik pomiaru uzyskany bezpośrednio z przyrządu lub z przeliczeń w przypadku pomiaru pośredniego winien być skorygowany poprzez wprowadzenie poprawki eliminującej zidentyfikowane oddziaływania systematyczne. Identyfikacji systematycznych oddziaływań i wyznaczeniu wynikających z nich błędów (w tym również błędu przyjętej metody pomiarowej) poświęcone są *ćwiczenia 2 i 3*. Zalecane metody wyznaczenia estymaty i niepewności wyniku pojedynczego pomiaru przyrządem analogowym i cyfrowym z bezpośrednim odczytem omawia *ćwiczenie 1*, zaś pomiarów wielokrotnych wielkości fizycznej z założenia niezmiennej w czasie – *ćwiczenie 4*.

¹ ze względu na zmiany programowe liczba ćwiczeń laboratoryjnych uległa zmniejszeniu

Proces przetwarzania sygnałów pomiarowych za pomocą różnego typu przetworników (elektryczne, optyczne, mechaniczne, pneumatyczne) oraz metody wyznaczania ich właściwości statycznych jest przedmiotem *ćwiczenia 5*. Układy pomiarowe, w większości przypadków, znajdują się w polu zakłóceń zewnętrznych oddziałujących na sygnał wyjściowy będący miarą mierzonej wielkości. Jedną z metod zmniejszenia wpływu tych zakłóceń na wynik pomiaru jest zastosowanie odpowiednich układów pomiarowych, np. układów różnicowych (*ćwiczenie 6*).

W celu bardziej efektywnego wykorzystania czasu przeznaczonego na zajęcia laboratoryjne, każde stanowisko jest wyposażone w komputer i autorski program obliczeniowo-graficzny umożliwiający uzyskanie odpowiednio opracowanych wyników i ich graficzną prezentację bezpośrednio po wykonaniu eksperymentu i wprowadzeniu z klawiatury surowych wyników pomiaru. Umożliwia to omówienie, interpretację i ewentualną korektę błędnych wyników, a także pozwala (przy dobrym przygotowaniu studentów i odpowiedniej organizacji pracy) na wykonanie eksperymentu, opracowanie wyników i oddanie sprawozdania w czasie dwugodzinnych zajęć laboratoryjnych.

Obecna forma realizacji ćwiczeń laboratoryjnych jest wynikiem ponad 30. letnich (przedmiot „Metrologia Techniczna” został wprowadzony na Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej w roku akademickim 1976/1977) doświadczeń, modyfikacji i udoskonaleń zarówno samych stanowisk pomiarowych, jak i sposobu przekazywania teoretycznej wiedzy i praktycznych umiejętności z zakresu podstawowych (wspólnych dla wielu specjalności) zagadnień metrologii. Została ona ukształtowana w toku szerokiej dyskusji prowadzonej w zespole nauczycieli realizujących te zajęcia, jak również przy wykorzystaniu doświadczeń innych krajowych ośrodków akademickich prezentowanych na corocznych Międzyuczelnianych Konferencjach Metrologów oraz zebraniach naukowych Komisji Kształcenia Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej PAN. Jest ona równocześnie kolejnym krokiem doskonalącym proces przekazywania wiedzy przy ciągłej modernizacji obecnych oraz rozwoju nowych technik pomiarowych i ciągłym zmniejszaniu czasu przeznaczonego na przekazanie tej wiedzy słuchaczom.

Autorzy serdecznie dziękują recenzentom prof. prof. Zdzisławowi Kabzie i Krzysztofowi Jóźwikowi za cenne uwagi i sugestie, które wpłynęły na ostateczny kształt skryptu.

Zespół Autorów wyraża nadzieję, że aktualna wersja podręcznika pozwoli studentom na bardziej efektywne poznanie „tajników” metrologii i techniki eksperymentu, uzmysłowi im interdyscyplinarny charakter tych problemów, umożliwi wykonanie pierwszych kroków w eksperymentalnych pracach badawczych, co w dalszym toku studiów wzbudzi w nich pasję zdobywania i eksperymentalnej weryfikacji wiedzy o otaczającym świecie.

Autorzy

Łódź w maju 2009 roku.