



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Łukasz Orzech

Wykonywanie pomiarów warsztatowych 311[15].Z1.01

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007**

Recenzenci:

dr inż. Sylwester Rajwa
mgr inż. Janina Świątek

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Łukasz Orzech

Konsultacja:

mgr inż. Gabriela Poloczek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[15].Z1.01 „Wykonywanie pomiarów warsztatowych i”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik górnictwa podziemnego.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Podstawowe pojęcia metrologiczne	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	12
4.1.3. Ćwiczenia	12
4.1.4. Sprawdzian postępów	13
4.2. Rodzaje wymiarów i wykonywanie pomiarów wielkości geometrycznych	14
4.2.1. Materiał nauczania	14
4.2.2. Pytania sprawdzające	24
4.2.3. Ćwiczenia	24
4.2.4. Sprawdzian postępów	27
4.3. Interpretacja wyników w odniesieniu do układu tolerancji i pasowań	28
4.3.1. Materiał nauczania	28
4.3.2. Pytania sprawdzające	35
4.3.3. Ćwiczenia	36
4.3.4. Sprawdzian postępów	37
4.4. Pomiary temperatury	38
4.4.1. Materiał nauczania	38
4.4.2. Pytania sprawdzające	42
4.4.3. Ćwiczenia	42
4.4.4. Sprawdzian postępów	43
4.5. Pomiary masy i objętości	44
4.5.1. Materiał nauczania	44
4.5.2. Pytania sprawdzające	46
4.5.3. Ćwiczenia	47
4.5.4. Sprawdzian postępów	48
4.6. Pomiary ciśnienia	49
4.6.1. Materiał nauczania	49
4.6.2. Pytania sprawdzające	53
4.6.3. Ćwiczenia	53
4.6.4. Sprawdzian postępów	55
4.7. Dobór i konserwacja przyrządów kontrolno-pomiarowych	56
4.7.1. Materiał nauczania	56
4.7.2. Pytania sprawdzające	59
4.7.3. Ćwiczenia	59
4.7.4. Sprawdzian postępów	60
5. Sprawdzian osiągnięć	61
6. Literatura	67

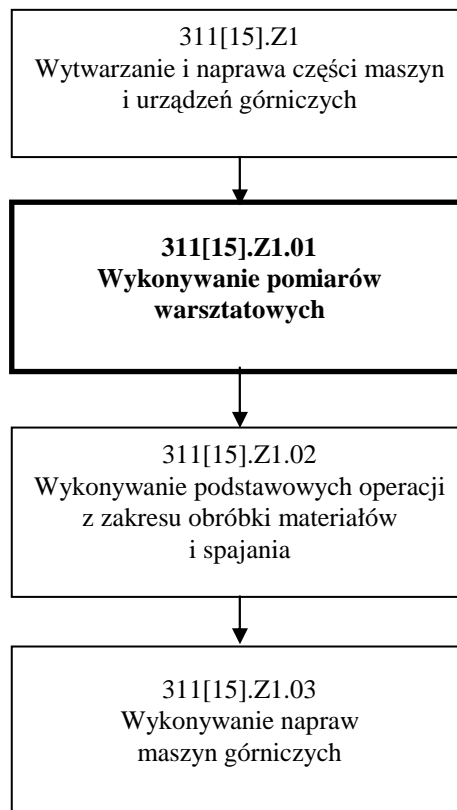
1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o podstawowych zagadnieniach metrologicznych, rodzajach przyrządów kontrolno–pomiarowych oraz posługiwaniu się nimi podczas wykonywania różnego rodzaju prac m.in. w podziemnych wyrobiskach górniczych. Ponadto znajdziesz tu cenne wskazówki, jak wykonywać pomiary geometryczne, temperatury, ciśnienia, masy i objętości.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne zawierające wykaz wiedzy i umiejętności jakie powinieneś posiadać aby móc sprawnie przyswoić materiał przedstawiony w tym opracowaniu,
- cele kształcenia opisujące umiejętności oraz wiedzę jaką zdobędziesz po zrealizowaniu materiału zawartego w tym poradniku,
- materiał nauczania obejmujący teoretyczne podstawy omawianych zagadnień oraz zawierający cenne wskazówki praktyczne przydatne w rzeczywistych warunkach przemysłowych,
- sprawdzian osiągnięć, który umożliwi Ci sprawdzenie swoich wiadomości i umiejętności, opanowanych podczas realizacji programu jednostki modułowej,
- literaturę, dzięki której będziesz mógł dokładniej poznać interesujące Cię tematy oraz uzupełnić swoją wiedzę o dodatkowe informacje związane z zagadnieniami poruszonymi w tym poradniku.

Podczas pobytu w pracowniach musisz przestrzegać regulaminów postępowania, przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz instrukcji przeciwpożarowych, wynikających z rodzaju wykonywanych prac i obsługi sprzętu pomiarowego.



Schemat układu jednostek modułowych w module

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- stosować w praktyce podstawowe twierdzenia matematyczne i zasady trygonometrii,
- korzystać z tablic matematycznych, termodynamicznych i mechanicznych,
- stosować podstawowe i pochodne jednostki układu SI,
- wykonywać działania na jednostkach,
- stosować przedrostki i przyrostki opisujące wielokrotności jednostek,
- czytać rysunek techniczny,
- rozumieć podstawowe informacje w dokumentacji techniczno–ruchowej,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami z zakresu techniki ogólnie pojętej i mechaniki,
- czytać schematy ideowe i wykonawcze,
- charakteryzować wymagania dotyczące bezpieczeństwa pracy przy pomiarach,
- korzystać z różnych źródeł informacji.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- wyjaśnić podstawowe pojęcia metrologiczne,
- rozróżnić rodzaje wymiarów i sposoby ich pomiarów,
- rozróżnić i dobrać przyrząd kontrolno-pomiarowy do określonych pomiarów,
- wykonać pomiary wielkości geometrycznych części maszyn,
- zinterpretować wyniki pomiarów w odniesieniu do układu tolerancji i pasowań,
- wykonać pomiary temperatury,
- wykonać pomiary masy i objętości,
- wykonać pomiary ciśnienia,
- wykonać konserwację przyrządu kontrolno-pomiarowego,
- zorganizować stanowisko do pomiarów zgodnie z przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy i wymaganiami ergonomii.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Podstawowe pojęcia metrologiczne

4.1.1. Materiał nauczania

Metrologia – (gr. *métron* ‘miara’ + *lógos* ‘nauka’) nauka o pomiarach, zajmująca się całością zagadnień teoretycznych i praktycznych z nimi związanych.

Rozróżnia się metrologię ogólną zajmującą się zagadnieniami pomiarów wspólnymi dla wszystkich dziedzin zastosowań (np. układy jednostek miar – SI, błędy pomiarów, ogólne własności metrologiczne narzędzi pomiarowych); metrologię stosowaną zajmującą się zagadnieniami dotyczącymi praktycznego zastosowania pomiarów (np. w przemyśle, handlu, usługach) i metrologię techniczną, która stanowi dział metrologii stosowanej zajmujący się pomiarami w technice.

Pomiar, pomiar fizyczny – czynności doświadczalne służące ustaleniu wartości pewnych wielkości fizycznych. Cechy pomiaru to powtarzalność (ograniczona niepewnością pomiaru zgodność pomiarów wykonanych tą samą metodą) i odtwarzalność (tj. możliwość uzyskania podobnego wyniku inną metodą). Innymi słowy pomiar jest to czynność porównania danej wielkości fizycznej z inną wielkością tego samego rodzaju, przyjętą za jednostkę.

Wszystkie pomiary fizyczne można sklasyfikować jako:

- bezpośrednie (wynik otrzymuje się na podstawie bezpośredniego wskazania narzędzia pomiarowego, wywzorcowanego w jednostkach miary mierzonej wielkości, np. pomiar średnicy wałka za pomocą suwmiarki),
- pośrednie (wynik otrzymuje się na podstawie bezpośredniego pomiaru innych wielkości i obliczenia wielkości szukanej ze znanej funkcji matematycznej, np. odległość osi otworu od ścianki bocznej przedmiotu lub pomiar gęstości ciała stałego poprzez pomiar masy i objętości, itp.)
- porównawcze (polegają na porównaniu wielkości mierzonej z odpowiednim wzorcem, który nie jest częścią przyrządu pomiarowego, np. pomiar długości wałka przez porównanie z wymiarem płytki wzorcowej za pomocą czujnika).

Niepewność pomiaru – ryzyko uzyskania błędnego wyniku w pomiarze, charakteryzujące rozrzut wartości (szerokość przedziału), który można w uzasadniony sposób przypisać wartości mierzonej i wewnątrz którego można z zadowalającym prawdopodobieństwem usytuować wartość wielkości mierzonej. Mówiąc prościej, na niepewność pomiaru składają się wszystkie jej składowe mogące wpływać na pomiar (błąd pomiaru) i wyrażone z pewnym prawdopodobieństwem.

Każdy wynik pomiaru obarczony jest błędem pomiaru i zgodnie z dobrą praktyką pomiarową każdy wynik należy podawać z jego niepewnością pomiaru w postaci:

$$x \pm \Delta x$$

[np. zmierzona mikrometrem średnica drutu d wynosi $d = (2,53 \pm 0,01)$ mm]

Główny Urząd Miar – (GUM) jest urzędem administracji rządowej, właściwym w sprawach miar i probiernictwa. Podstawowym zadaniem Głównego Urzędu Miar jest zapewnienie wzajemnej zgodności i określonej dokładności wyników pomiarów przeprowadzanych w Polsce oraz ich zgodności z międzynarodowym systemem miar. Wymagana dokładność wynika ze współczesnych oczekiwań nauki, techniki i handlu oraz ochrony zdrowia i środowiska naturalnego.

Jednostka miary – wzorcowa wartość danej wielkości fizycznej, umownie uznana za jednostkową. Wyróżnia się jednostki podstawowe i pochodne (definiowane poprzez działania arytmetyczne na jednostkach podstawowych). Ponadto istnieją jednostki pozaukładowe (np. koń mechaniczny, bar).

Wzorzec jednostki miary (inaczej etalon) – przyrząd pomiarowy, materiał odniesienia lub układ pomiarowy przeznaczony do zdefiniowania, zrealizowania, zachowania lub odtworzenia jednostki miary albo jednej lub wielu wartości pewnej wielkości i służący jako odniesienie.

Fundamentalną zasadą w metrologii jest sprawdzenie polegające m.in. na wzorcowaniu (kalibracji), legalizacji, itp. przyrządu pomiarowego przed (i po) pomiarach. Celem takiego sprawdzenia jest potwierdzenie jego przydatności metrologicznej oraz uzyskanie wiedzy na temat ewentualnych błędów pomiarowych przyrządu lub nieprawidłowości w jego pracy. W zależności od charakteru i celu pomiarów, jak i przyjętych procedur, sprawdzenia można dokonać we własnym zakresie lub polecić to wyspecjalizowanym jednostkom metrologicznym (np. akredytowanym laboratoriom wzorcującym, GUMowi, Okręgowym Urzędem Miar, itp.).

Wzorcowanie (kalibracja) – ogół czynności ustalających relację między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy a odpowiednimi wartościami wielkości fizycznych, realizowanymi przez wzorzec jednostki miary wraz z podaniem niepewności tego pomiaru. Celem wzorcowania jest zwykle poświadczenie, że wzorcowany przyrząd spełnia określone wymagania metrologiczne przy czym wynik wzorcowania poświadczany jest w świadectwie wzorcowania.

Legalizacja – czynności wykonywane przez organ państwowej służby metrologii prawnej w celu stwierdzenia i zaświadczenia, że narzędzie pomiarowe spełnia wymagania przepisów legalizacyjnych. Składają się ze sprawdzenia i ocechowania narzędzia.

Spójność pomiarowa – właściwość pomiaru lub wzorca jednostki miary polegająca na tym, że można go powiązać z określonymi odniesieniami, na ogół z wzorcami państwowymi lub międzynarodowymi jednostki miary, za pośrednictwem nieprzerwanego łańcucha porównań, z których wszystkie mają określone niepewności. Spójność pomiarową charakteryzują następujące elementy:

- nieprzerwany łańcuch połączeń,
- niepewność pomiaru,
- dokumentacja,
- kompetencje,
- odniesienie do jednostek SI,
- odstępy czasu między wzorcowaniami.

Zachowanie spójności pomiarowej jest warunkiem jednoznaczności wyników pomiarów, umożliwiającym ich wzajemne porównanie.

Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (SI) – spójny metryczny układ podstawowych i pochodnych jednostek fizycznych oraz ich pod- i nad-wielokrotności.

Przyrząd pomiarowy – jest to narzędzie służące do przetwarzania wielkości mierzonej na wskazania lub równoważną informację.

Miernik – jest to przyrząd pomiarowy wyskalowany w jednostkach miary wielkości mierzonej.

Rejestrator – jest to przyrząd pomiarowy umożliwiający zapis mierzonej wielkości w funkcji czasu (rejestratory X-t) lub w funkcji innej wielkości (rejestratory X-Y).

Licznik – jest to przyrząd pomiarowy wskazujący stopniowo narastającą w czasie wartość wielkości mierzonej.

Czujnik – jest to element systemu pomiarowego, który dokonuje fizycznego przetworzenia mierzonej wielkości nieelektrycznej na wielkość elektryczną. Wielkości elektryczne są preferowane jako wielkości wyjściowe z czujnika ze względu na łatwość przesyłania i przetwarzania sygnałów elektrycznych.

Przetwornik – jest to element pośredni pomiędzy czujnikiem a odbiorcą wyniku pomiaru. Odbiorcą może być człowiek, który obserwuje wynik pomiaru na wyświetlaczu, ekranie, itp. lub dalsza część określonego systemu np. automatycznej regulacji. Wówczas wynik pomiaru jest zawarty w sygnale zgodnym z parametrem wejściowym następnego elementu systemu pomiarowego.

Warunki użytkowania – są to warunki (robocze) określające zakres wartości wielkości mierzonej i wielkości wpływających oraz inne ważne wymagania, dla których charakterystyki metrologiczne przyrządu pomiarowego znajdują się w określonych granicach.

Niektóre z niżej podanych definicji są zaawansowane, jednak stanowią one źródło podstawowych informacji technicznych o przyrządach pomiarowych. Celem tego zestawienia, jest umożliwienie mierzącemu, poprawnej interpretacji parametrów metrologicznych sprzętu pomiarowego oraz jego prawidłowej obsługi. Znając poniższe zagadnienia, będziesz mógł łatwiej odczytać specyfikacje techniczne sprzętu pomiarowego, co pomoże Ci w poprawnym wykonywaniu pomiarów i prawidłowej analizie danych pomiarowych.

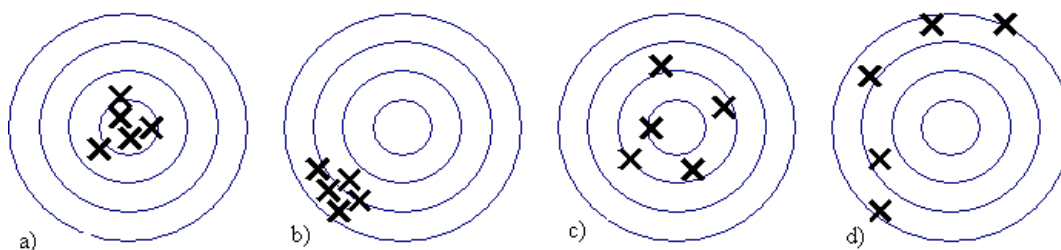
Uwaga! Jeśli w specyfikacjach technicznych (instrukcjach obsługi, procedurach) przyrządów pomiarowych występują wielkości wyrażone w procentach [%], wiadomym jest, że jest to wartość względna. Należy wówczas zwrócić szczególną uwagę, czego dotyczy ta względność, czyli do czego jest odniesiona (np. błąd pomiaru 1% może być wyrażony względem zakresu pomiarowego lub względem wartości wskazanej). W przypadku braku jednoznacznej informacji o parametrze odniesienia (tzn. względem czego wyznaczona została wartość procentowa), dane takie należy uzyskać od producenta przyrządu, odczytać z odpowiednich dokumentów metrologicznych (np. świadectwa wzorcowania) lub poprzez sprawdzenie przyrządu ze wzorcem (we własnym zakresie lub polecić to wyspecjalizowanym jednostkom metrologicznym, np. akredytowanym laboratoriom wzorcującym, GUM, Okręgowym Urzędem Miar, itp.).

Zakres pomiarowy – zakres wartości wielkości mierzonej, dla których wskazania przyrządu pomiarowego otrzymane w normalnych warunkach użytkowania i z jednego tylko pomiaru nie powinny być obciążone błędem większym od granicznego błędu dopuszczalnego.

Wartość działki elementarnej (rozdzielczość odczytu) – wartość wielkości mierzonej odpowiadająca działce elementarnej (tj. wartość działki elementarnej stanowiąca różnicę między wartościami odpowiadającymi dwóm kolejnym wskazom podziałki analogowej lub wskazania cyfrowego). Rozdzielczość niekoniecznie oznacza dokładność.

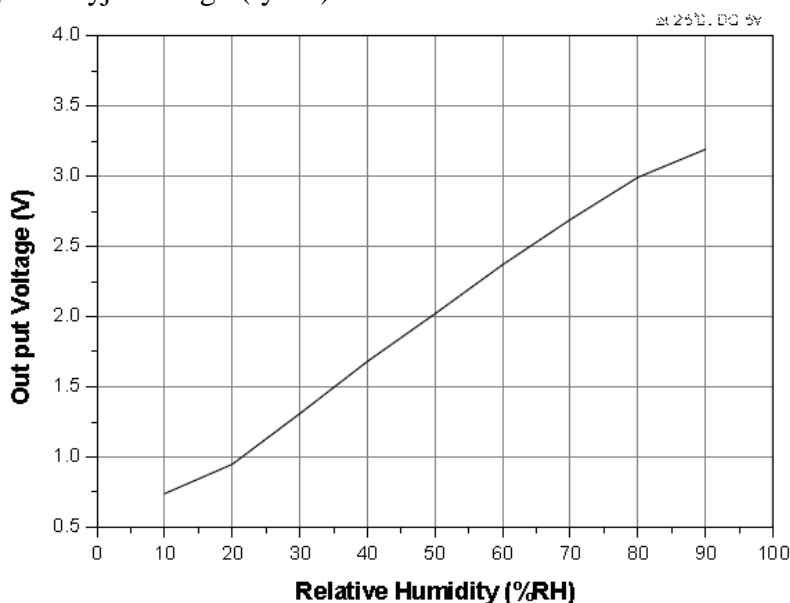
Dokładność przyrządu pomiarowego – jest to zdolność przyrządu pomiarowego do podawania wskazań bliskich wartości prawdziwej (rzeczywistej) wielkości mierzonej. Innymi słowy, dokładność określa, jak bardzo rezultat pomiaru jest zbliżony do wartości prawdziwej. Wyniki o dużej dokładności otrzymuje się stosując mierniki i wzorce o małej niepewności wzorcowania (rys. 1).

Precyzja pomiaru – określa, jak dobrze został określony rezultat pomiaru, bez odnoszenia się do wartości prawdziwej. Wyniki o dużej precyzji otrzymuje się poprzez taką modyfikację warunków pomiaru, aby niepewności przypadkowe były jak najmniejsze (rys. 1).



Rys. 1. Różnice między precyzją i dokładnością: a) metoda dokładna i precyzyjna; b) metoda precyzyjna ale mało dokładna; c) metoda mało precyzyjna ale dokładna; d) metoda mało dokładna i mało precyzyjna [11]

Liniowość – (zazwyczaj określana w kategoriach nieliniowości), stanowi maksymalne odchylenie parametru rzeczywistego (przeciętnej wartości górnego i dolnego odczytu na skali) w kierunku dodatnim lub ujemnym, od linii prostej poprowadzonej w taki sposób, żeby maksymalne odchylenia zostały wyrównane i zminimalizowane. Innymi słowy, jest to maksymalna różnica pomiędzy wartościami zmierzonej charakterystyki czujnika a wartościami jego idealnej charakterystyki liniowej odniesiona w procentach do wartości zakresu zmian sygnału wyjściowego (rys. 2).



Rys. 2. Przykładowa charakterystyka liniowości rezystywnego czujnika wilgotności [20]

Czułość przyrządu pomiarowego – jest to stosunek przyrostu sygnału wyjściowego przyrządu pomiarowego do przyrostu odpowiedniego sygnału wejściowego. Parametr ten jest najbardziej przydatny, gdy przyrząd (czujnik) ma liniową charakterystykę nominalną, a zatem stałą czułość w zakresie pomiarowym.

Próg pobudliwości – najmniejsza zmiana sygnału wejściowego powodująca dostrzegalną zmianę sygnału wyjściowego czujnika.

Błąd pobudliwości – zmiana wartości sygnału wejściowego nie powodująca zmiany sygnału wyjściowego czujnika.

Błąd (wskazania) przyrządu pomiarowego – jest to składowa błęd pomiaru, pochodząca od przyrządu pomiarowego użytego do wykonania pomiaru.

Przy porównywaniu przyrządu z wzorcem odniesienia, błąd (wskazania) przyrządu pomiarowego, jest to wskazanie przyrządu minus wartość prawdziwa odpowiedniej wielkości wejściowej.

Błąd zera – błąd przyrządu pomiarowego w punkcie kontrolnym dla wartości mierzonej równej zeru.

Offset – jest to wartość sygnału wyjściowego przy zerowej wartości sygnału mierzonego.

Poprawność – jest to właściwość przyrządu pomiarowego polegająca na tym, że jego wskazania są pozbawione błędu systematycznego, którego źródłem jest niedokładność przyrządów pomiarowych (związana z klasą przyrządu) oraz sam obserwator.

Powtarzalność – przyrządu pomiarowego jest to jego właściwość do dawania zbliżonych do siebie wskazań w serii pomiarów tej samej wartości wielkości mierzonej.

Histeresa – jest to właściwość przyrządu pomiarowego polegająca na tym, że sygnał wyjściowy w odpowiedzi na dany sygnał wejściowy zależy od kolejności poprzednich sygnałów wejściowych. Przyczyną histeresy mogą być luzy mechaniczne, siły tarcia, histeresa magnetyczna, itp.

Błąd histeresy – określa różnicę wskazań przyrządu pomiarowego, gdy tę samą wartość wielkości mierzonej osiąga się raz przy zwiększaniu wartości wielkości mierzonej, drugi raz – przy jej zmniejszaniu. Konkretna wartość błędu histeresy w określonym punkcie pomiaru zależy od historii zmian wielkości mierzonej i dlatego nigdy nie jest znana. W związku z powyższym, histeresa jest źródłem niepewności pomiaru.

Błędy graniczne dopuszczalne (przyrządu pomiarowego) – są to wartości skrajne błędu, dopuszczone przez warunki techniczne lub wymagania dotyczące danego przyrządu pomiarowego.

Dokładnościowe własności przyrządów pomiarowych oraz wzorców miar wyraża się za pomocą tzw. klas dokładności. Do określonej klasy dokładności należą przyrządy pomiarowe, które spełniają pewne wymagania metrologiczne dotyczące utrzymania błędów w odpowiednich granicach. Klasa dokładności jest zwykle oznaczona przez liczbę lub symbol, zwane znakiem klasy. Innymi słowy, klasa dokładności to zbiór właściwości metrologicznych, umownie oznaczonych wartością dopuszczalnego błędu podstawowego. W przypadku przyrządów analogowych, wskazówkowych, klasa dokładności charakteryzuje wartość graniczną niedokładności wskazań wyrażoną w procentach wartości umownej. Wartością umowną jest najczęściej górna granica zakresu pomiarowego, ale może nią być też wartość wskazana, zakres wskazań lub długość podziałki. Informacje o rodzaju wartości umownej podane są na przyrządzie w formie odpowiedniego symbolu. Przykładowo:

- 0,5 przyrząd kl. 0,5 dla którego wartością umowną jest zakres pomiarowy,
- $\textcircled{0,5}$ przyrząd kl. 0,5 ale wartością umowną jest wartość wskazana,
- $\surd_{0,5}$ przyrząd kl. 0,5 dla którego wartością umowną jest zakres wskazań,
- $\underline{1} \sim 0,5$ przyrząd kl. 1 dla prądu stałego i kl. 0,5 dla prądu zmiennego.

Najczęściej klasę dokładności wyraża się wzorem:

$$kl. = \frac{\Delta_g X}{X_z} 100\%$$

gdzie: X_z – zakres pomiarowy przyrządu; $\Delta_g X$ – błąd graniczny dopuszczalny

Pelzanie (dryft) – powolna zmiana charakterystyki metrologicznej przyrządu pomiarowego w czasie (często pojęcie to dotyczy także wzorców).

Czas odpowiedzi – przedział czasu zawarty między chwilą, gdy sygnał wejściowy ulega określonej skokowej zmianie i chwilą, od której sygnał wyjściowy osiąga wartość końcową stałą w określonych granicach.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania „sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie wyróżniamy rodzaje pomiarów?
2. Co to jest i na czym polega wzorcowanie przyrządów pomiarowych?
3. Co oznacza procentowe wyrażenie wartości wielkości?
4. Jaka jest różnica między rozdzielczością a dokładnością przyrządu?
5. Co to jest histereza i jakie są jej przyczyny?
6. Co to jest klasa dokładności i jaki jest jej sens fizyczny?
7. Czym jest niepewność pomiaru?
8. Jaka jest różnica pomiędzy czujnikiem a przetwornikiem?
9. Jaka jest różnica pomiędzy błędem zera a offsetem?
10. Co to jest liniowość przyrządu?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

W instrukcji producenta napisano, że błąd pomiaru termometru wynosi 0,5% ww (wartości wskazanej). Zapisz wynik pomiaru 53°C zgodnie z dobrą praktyką pomiarową (zakładając, że błąd pomiaru jest całkowitą niepewnością termometru).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) obliczyć, ile wynosi błąd w jednostce temperatury,
- 2) zaokrąglić (jeśli istnieje taka potrzeba) wartość błędu do prawidłowej postaci,
- 3) zapisać prawidłowo cały wynik.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego ćwiczenia oraz artykuły biurowe,
- kalkulator (jeśli jest niezbędny).

Ćwiczenie 2

Na tarczy manometru widnieje cyfra 0,1 (oznaczenie jego klasy dokładności). Jaki jest jego graniczny błąd dopuszczalny (bezwzględny) pomiaru, jeśli zakres pomiarowy wynosi 50 MPa.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyznaczyć błąd graniczny dopuszczalny.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego ćwiczenia oraz artykuły piśmiennicze,
- kalkulator (jeśli jest niezbędny).

Ćwiczenie 3

Zaznacz, które zdania są prawdziwe, a które fałszywe:

L.p.	Zdanie	prawda	fałsz
1.	Sprawdzenie parametrów metrologicznych przyrządów można dokonać we własnym zakresie.		
2.	Offset to błąd przyrządu pomiarowego w punkcie kontrolnym dla wartości mierzonej równej zeru.		
3.	Histeresa zależy od tego czy wartość maleje lub rośnie.		
4.	Przetwornik to element systemu pomiarowego, który dokonuje fizycznego przetworzenia mierzonej wielkości nieelektrycznej na wielkość elektryczną.		
5.	GUM to Główny Urząd Miernictwa.		
6.	Etalon to wzorzec jednostki miary.		

Sposób wykonania ćwiczenia:

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokładnie przeczytać zdania,
- 2) przeanalizować ich treść decydując, czy zdanie jest prawdziwe czy fałszywe,
- 3) zaprezentować wykonane ćwiczenie,
- 4) dokonać oceny poprawności wykonanego ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego zadania dla każdego ucznia,
- literatura z rozdziału 6.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) podać podstawowe jednostki układu SI?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zdefiniować pochodne jednostki układu SI dotyczące ciśnienia i temperatury?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) definiować podstawowe parametry techniczne przyrządów pomiarowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) rozróżnić dokładność od rozdzielczości?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) poprawnie zapisywać wynik pomiaru?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić co oznacza klasa dokładności?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić do czego służy sprawdzenie (wzorcowanie, legalizacja)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wyznaczyć błąd pomiaru na podstawie klasy dokładności?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) opisać podstawowe zadania GUM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) wymienić podstawowe błędy pomiarowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Rodzaje wymiarów i wykonywanie pomiarów wielkości geometrycznych

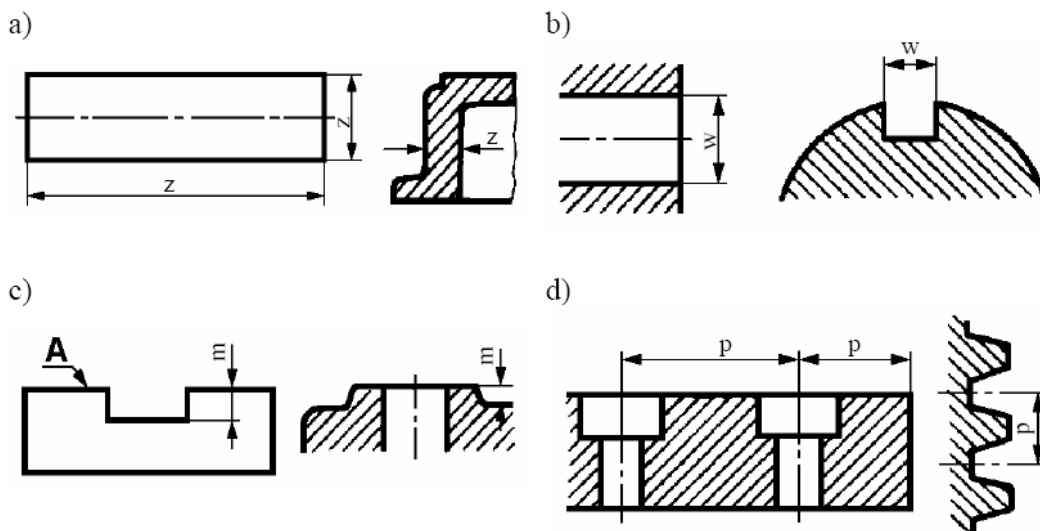
4.2.1. Materiał nauczania

Do podstawowych pomiarów geometrycznych należą pomiary:

- wymiarów tzw. liniowych,
- kątów (i stożków),
- parametrów powierzchni (chropowatość, falistość),
- gwintów,
- kół zębatych.

Rodzaje wymiarów liniowych (rys. 3):

- zewnętrzne (np. długość, szerokość i wysokość przedmiotu, grubość ścianki przedmiotu wydrążonego, średnica wałka, itp.),
- wewnętrzne (np. średnica otworu, szerokość rowka, itp.),
- mieszane (np. wysokość nadlewka, głębokość rowka, itp.).



Rys. 3. Wymiary liniowe: a) zewnętrzne, b) wewnętrzne, c) mieszane, d) pośrednie [26]

Przyrządy do prostych pomiarów liniowych dzielą się na:

- przyrządy liniowe (giętkie, półsztywne, sztywne, stalowe, ceramiczne, itp.),
- suwmiarkowe (suwmiarki jednostronne, dwustronne, dwustronne z głębokościomierzem, głębokościomierze i wysokościomierze),
- mikrometryczne (mikrometry zewnętrzne, wewnętrzne, średnicówki dwupunktowe, trójpunktowe, głębokościomierze i głowice mikrometryczne),
- przyrządy czujnikowe (mechaniczne, optyczno-mechaniczne, elektryczne, pneumatyczne, inkrementalne).

Ze względu na charakter, dokładność i przeznaczenie, większość pomiarów geometrycznych wykonywanych w górnictwie, stanowią proste pomiary kontrolne lub odbiorcze. Należy pamiętać, że zakłady górnicze są nastawione na wydobycie surowców znajdujących się pod powierzchnią ziemi a utrzymanie ruchu maszynowego jest niezwykle istotne. Wymusza to na kopalni dbałość o cały park maszynowy, a także o zapas części najczęściej ulegających awarii. Jeśli uszkodzona część jest łatwa do wykonania i nie wymaga

to dużej dokładności, wówczas kopalnia jest w stanie sama wytworzyć („dorobić”) zepsuty element we własnym zakresie (np. w warsztatach ślusarskich, komorach naprawczych i serwisowych, miejscach zamontowania maszyn i urządzeń podlegających kontroli, itp.). Częstszymi jednak przypadkami są sytuacje, gdy uszkodzona część wymaga zastosowania np. odpowiedniego materiału, obróbki cieplnej lub plastycznej, wysokiej dokładności wykonania lub po prostu skomplikowanych urządzeń wytwórczych. W takich sytuacjach naprawa zlecona jest serwisowi fabrycznemu lub wyspecjalizowanej jednostce. Ważne w takich sytuacjach jest szybkie zgłoszenie awarii i precyzyjne określenie jej okoliczności (np. miejsce, przyczynę, skutek, uszkodzone elementy, itp.), co regulują wewnętrzne przepisy każdego zakładu pracy. Charakter i cel pomiarów chropowatości i falistości powierzchni, jak i kół zębatach, nie mieści się w ramach potrzeb kopalni, ze względu na to, iż kopalnia jest raczej odbiorcą produktu (a nie jego wytwórcą), natomiast takie pomiary są z reguły potrzebne podczas procesu produkcji (montażu) danego produktu (maszyny lub urządzenia). W związku z tym, opisywanie zaawansowanych technik pomiarowych stosowanych do badań struktury powierzchni (chropowatość i falistość) i kół zębatach wydaje się być zbędne.

Podobne uwagi odnoszą się do gwintów i ich pomiarów – na kopalni (w zdecydowanej większości przypadków) używane są znormalizowane gwinty metryczne, których nie trzeba identyfikować za pomocą skomplikowanych przyrządów. W przypadku potrzeby określenia skoku gwintu, wystarczającym narzędziem w tym przypadku jest sprawdzian zarysu gwintu (potocznie zwany grzebieniem do gwintów) przedstawiony na rysunku 4.



Rys. 4. Sprawdziany zarysu gwintu [19]

Gdy jednak zaistnieje potrzeba pomiaru jakiegoś parametru gwintu, np. średnicy podziałowej, wtedy wykorzystuje się mikrometr do gwintów lub metodę trójwałeczkową. W związku z faktem, iż takie pomiary na kopalni są rzadkością, szczegółowe opisywanie zaawansowanych metod pomiarów gwintów wydaje się niecelowe. Zainteresowanych odsyłam do fachowej literatury, dokładnie opisującej sposoby i zasady pomiarów wszystkich parametrów gwintów, jak i ich rodzajów, za pomocą prostych i zaawansowanych technologicznie przyrządów pomiarowych (np. optycznych, cyfrowych, itp.).

W związku z powyższym, w niniejszym opracowaniu, zajmę się sposobem najczęściej wykonywanych prostych pomiarów liniowych, realizowanych w warunkach dołowych lub warsztatowych. Ze względu na znaczną obszerność tematu, skupię się na pomiarach wykonywanych za pomocą najpopularniejszych, ręcznych przyrządów pomiarowych.

Oprócz kalibracji przyrządu, przed przystąpieniem do pomiarów, należy zadbać o czystość powierzchni mierzonych (miejsca w których przyrząd pomiarowy będzie bezpośrednio stykał się z obiektem mierzonym powinny być wolne od zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych, olejów, smarów, itp.).

Przed przystąpieniem do pomiarów, należy także upewnić się, że zakres pomiarowy przyrządu prawidłowo pokrywa wymiar graniczny mierzonego przedmiotu (np. wałka o średnicy 30mm nie zmierzemy prawidłowo mikrometrem o zakresie 0–25 mm, itp.).

Przymiar kreskowy – jest to narzędzie pomiarowe w postaci wzorca długości z naniesioną podziałką kreskową (rys. 5). Do pomiarów mniej dokładnych używa się przymiaru kreskowego z podziałką milimetrową. Niektóre przymiary mają również podziałkę co pół milimetra. Przymiary kreskowe dzielą się ze względu na klasę dokładności oraz rodzaj wykonania. Względne zastosowanie przymiaru określa jego wykonanie.



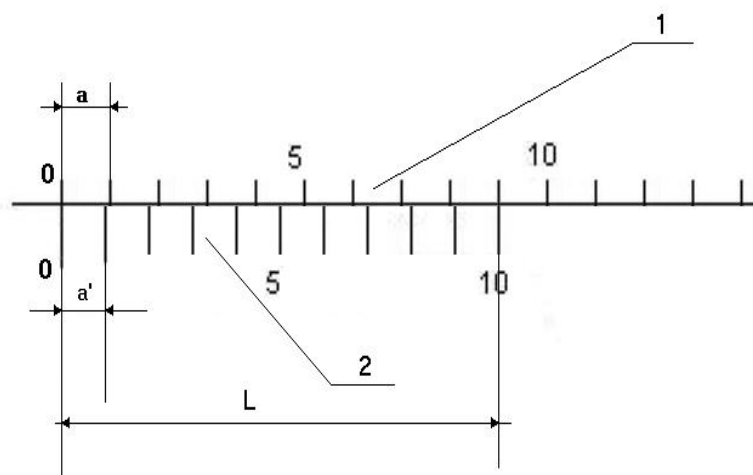
Rys. 5. Przymiar kreskowy półsztywny [27]

Szczelinomierz – jest to komplet płytek o zróżnicowanych grubościach, najczęściej osadzonych we wspólnej obudowie w którą są chowane na podobieństwo scyzoryka o wielu ostrzach (rys. 6). Służą one do sprawdzania szerokości szczelin i luzów między częściami maszyn i urządzeń. Pomiar polega na wybraniu i wsunięciu płytki odpowiedniej grubości w mierzoną szczelinę w taki sposób, aby nie było luzów. Grubość płytki odpowiada wtedy szerokości mierzonej szczeliny. Zakresy pomiarowe szczelinomierzy wynoszą zwykle 0,05 – 1,00 mm.



Rys. 6. Szczelinomierz 20-listkowy [28]

Noniusz – to urządzenie pozwalające na zwiększenie dokładności pomiaru długości i kątów (rys. 7); jest to suwak z dodatkową podziałką, przesuwający się wzdłuż podziałki głównej przyrządu. Innymi słowy jest to dodatkowa podziałka kreskowa, umożliwiająca odczytanie ułamkowej części wartości podziałki głównej. Zasada działania przyrządu z podziałką noniusza, oparta jest na różnicy wielkości działki elementarnej podziałki głównej i działki noniusza.



Rys. 7. Schemat noniusza (gdzie: a – długość działki elementarnej skali głównej (skali wzorca);
 a' – długość działki elementarnej skali noniusza; L – długość noniusza;
 1 – podziałka główna; 2 – podziałka noniusza) [32]

i – dokładność odczytania noniusza (wyrażona zawsze w jednostce a)

n – liczba działek elementarnych noniusza;

$$i = \frac{a}{n}$$

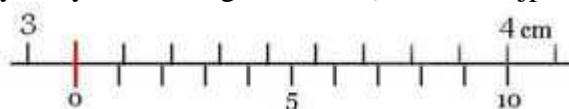
Długość czynną noniusza L ustala się pokrywając 0 noniusza z 0 podziałki głównej. Wtedy również ostatnia kreska noniusza pokrywa się z odpowiednią kreską skali głównej, wyznaczając jego długość w jednostkach skali głównej. Liczbę działek n noniusza, na jego czynnej długości ustala się przez policzenie przy noniuszu ustawionym jak przy ustalaniu długości noniusza L .

$$L = n \cdot a' \text{ lub } L = a(n - 1)$$

Moduł noniusza „ g ” wiąże się ze stosunkiem długości działek noniusza i skali głównej. W przypadku przyrządów suwmiarkowych, w praktyce stosuje się jedynie moduły 1, 2 (tylko liczby naturalne, tzn. całkowite i dodatnie).

$$g = \frac{L + a}{a \cdot n} \text{ lub } g = \frac{a' + i}{a}$$

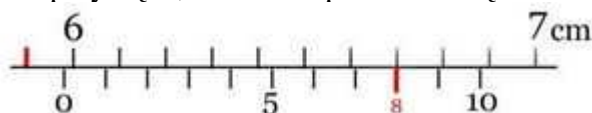
Odczytując pomiar najpierw znajdujemy miejsce, które jest wskazywane przez „zero” noniusza (rys. 8). Jeśli pokrywa się ono z jakąkolwiek działką (kreską) podziałki głównej, wtedy wynik odczytujemy wprost ze skali głównej, tak jakbyśmy mierzyli zwykłą linijką. Ma on jednak nadal dokładność równą i , gdyż taka jest charakterystyka przyrządu (mimo że nie zostaliśmy zmuszeni do wykorzystania całego noniusza). Jest to najprostszyp przypadk.



Rys. 8. Wskazanie przyrządu pokrywające „zero” noniusza z kreską podziałki głównej
 (wynik pomiaru to 31mm) [38]

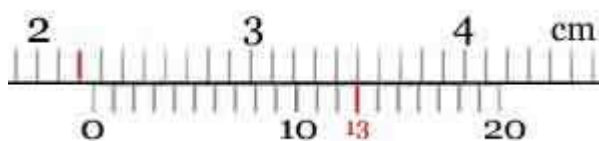
Nieco trudniej jest gdy „zero” noniusza nie pokrywa się z żadną kreską podziałki głównej (rys. 9). Zauważmy jednak, że pokrywają się w tym przypadku inne kreski z podziałek głównej i noniusza. Jako wynik bierzemy sumę dwóch składników. Pierwszym jest najbliższa

„zeru” noniusza z lewej (w stronę wartości malejących) wartość z podziałki głównej. Drugim ta wielokrotność dokładności przyrządu, wskazana przez działkę noniusza, która się pokrywa.



Rys. 9. Wskazanie przyrządu pokazujące wynik 59,8mm [38]

W poniższym przykładzie (rys. 10) od razu widać, że przyrząd, jakkolwiek nadal suwmiarkowy, różni się od poprzednich dwóch. Noniusz ma więcej działek – 20 – i jest dłuższy – 19 mm. Daje to dokładność do 0,05 mm. „Zero” noniusza wskazuje na 22 milimetr, a trzynasta jego działka pokrywa się z inną działką podziałki głównej. Pierwszy składnik sumy jest zatem równy 22 mm. Drugi otrzymamy mnożąc 13 razy dokładność przyrządu, co daje 0,65 mm. Ostatecznie wynik pomiaru równy jest 22,65 mm.

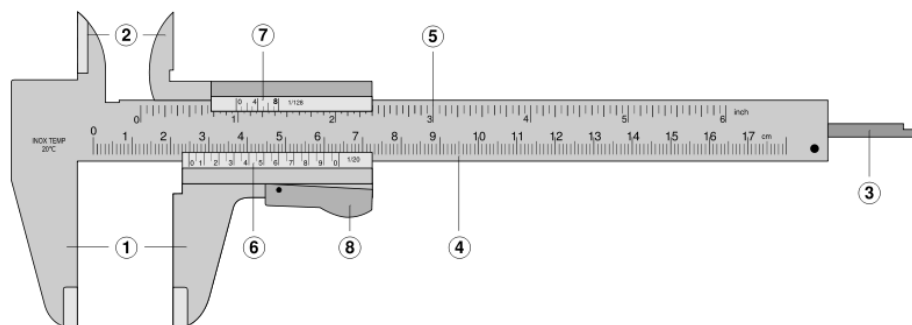


Rys. 10. Wskazanie przyrządu pokazujące wynik 22,65mm [38]

Punkt koincydencji – miejsce, w którym pokrywają się kreski podziałek głównej i noniusza.

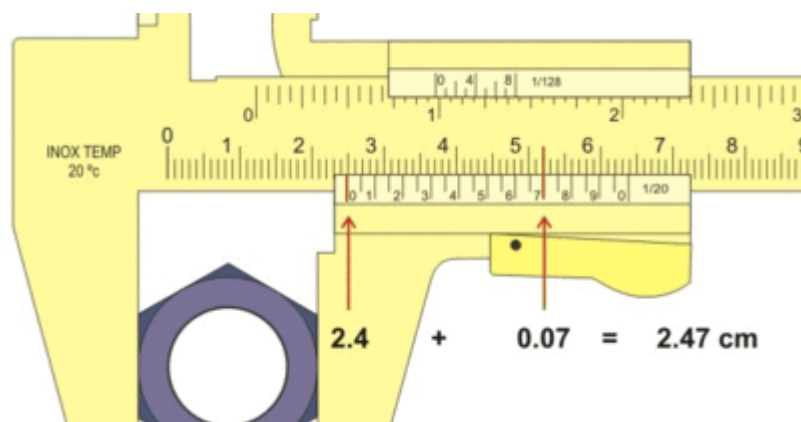
Błędy odczytu pomiaru – głównymi przyczynami błędów odczytu są paralaksa i brak wprawy mierzącego. Co do identyfikacji drugiego rodzaju nie ma wątpliwości, to pierwszy rodzaj błędów wymaga wyjaśnienia. Zjawisko błędnego odczytu wskazania przyrządu pomiarowego, wynika z nieodpowiedniego kąta patrzenia człowieka na to urządzenie, skutkiem czego linia wzroku przechodząc przez element wskazujący (wskazówka w mierniku, słupek cieczy w termometrze cieczowym) pada na znajdującą się za tym elementem skalę odczytu w niewłaściwym miejscu. Różnica pomiędzy odczytem rzeczywistym a wartością odczytu poprawnego nazywana jest błędem paralaksy. Zasadę błędu paralaksy najprościej jest wyjaśnić na przykładzie prędkościomierza samochodowego. Kierowca pojazdu (siedzący na wprost licznika wskazówkowego) widzi, że jedzie stałą prędkością 90km/h. Siedzący obok pasażer, zerkający w tym samym momencie na prędkościomierz, widzi inną wartość na liczniku np. 85km/h. Rozbieżność ta wynika z różnego kąta patrzenia obu obserwatorów na wskazówkę i skalę. Błąd taki dotyczy tylko przyrządów analogowych (bez wyświetlanej wartości), dlatego zaleca się odczytywanie wyników pomiarów, patrząc na skalę i noniusz pod kątem prostym do płaszczyzny przyrządu.

Suwmiarka



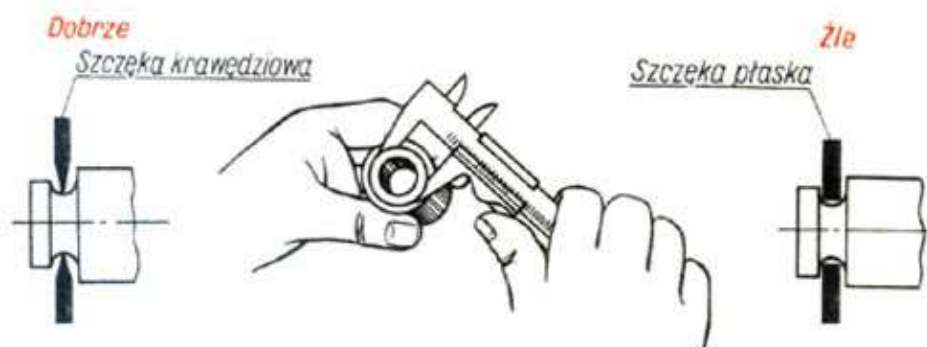
Rys. 11. Widok suwmiarki analogowej ze szczękami do pomiarów wewnętrznych (2), głębokościomierzem (3) i skali głównej w cm (4) oraz w calach (5). Pozostałe oznaczenia: szczęki do pomiarów zewnętrznych (1), noniusz w cm (6), noniusz w calach (7), blokada posuwu (8) [15]

Pomiaru suwmiarką (rys. 11) dokonuje się przez łagodne zaciśnięcie szczęk na mierzonym przedmiocie (pomiar powierzchni zewnętrznych), przez maksymalne rozwarście szczęk wewnętrznych (pomiar powierzchni wewnętrznych) lub przez oparcie prowadnicy o powierzchnię przedmiotu i przesunięcie listwy głębokościomierza do oporu (pomiar głębokości). Suwak wyposażony jest w dźwignię zacisku (lub śrubę zaciskową), przy pomocy której ustala się jego położenie. Na skali głównej odczytujemy całkowitą ilość milimetrów, odpowiadających danemu wymiarowi. Wskazuje ją zerowa kreska noniusza. Jeśli jednak nie pokrywa się ona dokładnie z żadną kreską skali głównej, do odczytu przyjmujemy liczbę całkowitych milimetrów, odpowiadającą najbliższej podziałce poprzedzającej zero noniusza. Następnie ustalamy, która z kolejnych kresek noniusza pokrywa się dokładnie z kreską skali głównej. Jej miejsce, w kolejności liczonej od zera, wyraża liczbę dziesiątych, dwudziestych lub pięćdziesiątych (zależnie od wspomianej dokładności) części milimetra, którą należy dodać do odczytanej poprzednio całkowitej liczby milimetrów (rys. 12).



Rys. 12. Sposób odczytu wartości wymiaru zewnętrznego suwmiarką analogową [38]

Zaleca się, aby mierzony przedmiot wprowadzać głęboko między szczęki płaskie suwmiarki, możliwie blisko prowadnicy. Szczęki należy dociskać prostopadle do powierzchni mierzonego przedmiotu, w miejscach wyznaczających wymiar. Średnicę rowka mierzy się częścią krawędziową szczęk (rys. 13).



Rys. 13. Sposób użycia szczęk suwmiarki [31]

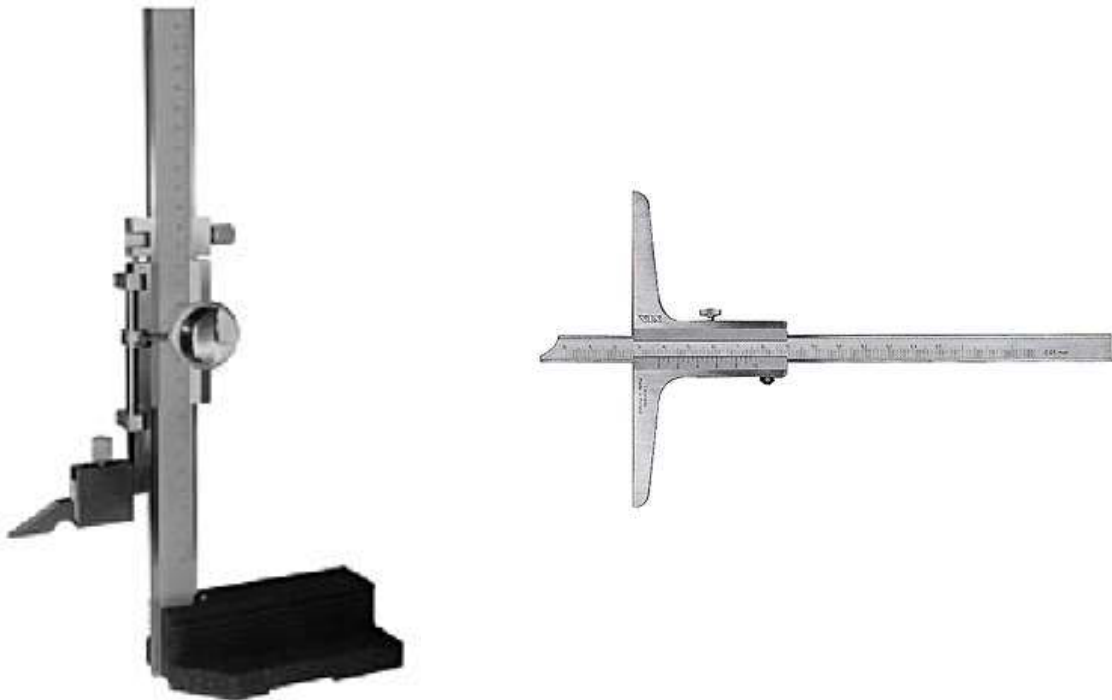
Znacznym ułatwieniem w przeprowadzaniu pomiarów są suwmiarki zaopatrzone w czujnik zegarowy lub czujnik elektroniczny (rys. 14).



Rys. 14. Suwmiarka cyfrowa [34]

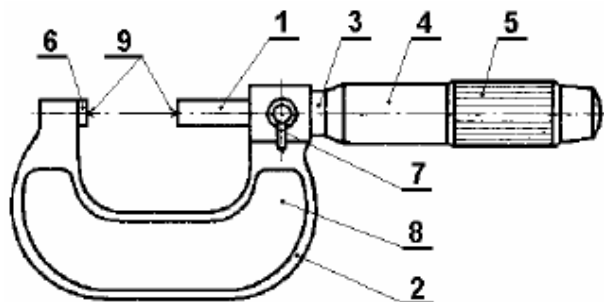
Suwmiarka ma liczne wady konstrukcyjne, takie jak mała sztywność, niespełnienie postulatu Abbego (wzorec i mierzony wymiar nie są usytuowane w jednej osi), luzy na prowadnicach, itp. Wady te predestynują suwmiarkę jedynie do pomiaru mało dokładnych części maszyn, a także tam, gdzie wymagana jest prostota i szybkość pomiaru.

Na rysunku 15 przedstawiono kilka innych rozwiązań i zastosowań suwmiarkowych przyrządów pomiarowych.



Rys. 15. Wysokościomierz i głębokościomierz suwmiarkowy [34]

Na rysunku 16 przedstawiono mikrometr (zwany również mikromierzem), który mierzy z dokładnością 0,01 mm (specjalne wykonanie daje dokładność 0,002 mm).



Rys. 16. Budowa mikrometru zewnętrznego; 1 – wrzeciono, 2 – kabłąk, 3 – tuleja, 4 – bęben, 5 – sprzęgło, 6 – kowadełko stałe, 7 – zacisk, 8 – nakładka izolacyjna, 9 – powierzchnia pomiarowa płaska [26]

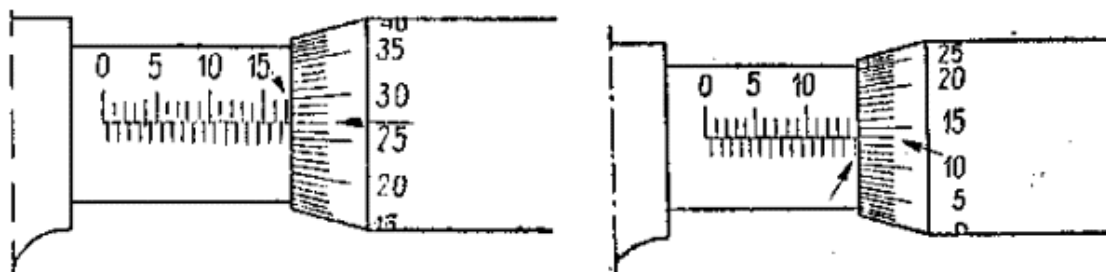
Działanie mikrometru oparte jest na zasadzie proporcjonalności przesunięcia liniowego śruby, obracającej się w nieruchomej nakrętce, do kąta obrotu. Jeżeli skok gwintu wrzeciona wynosi $P = 0,5$ mm, a na bębnie wykonano $n = 50$ działek, to wartość działki elementarnej bębna wynosi:

$$i = \frac{P}{n} = \frac{0,5}{50} = \frac{1}{100} \text{ mm}$$

Przyrząd działa poprzez użycie śruby mikrometrycznej oraz noniusza. Śruba mikrometryczna to bardzo precyzyjnie wykonana śruba o skoku gwintu 0,5 lub 1 mm połączona z bębniem mikrometru, na obwodzie którego wygrawerowano podziałkę (noniusz). Z bębniem mikrometru połączone jest sprzęgłem zapadkowym pokrętko zapewniające odpowiedni, stały docisk szczęk.

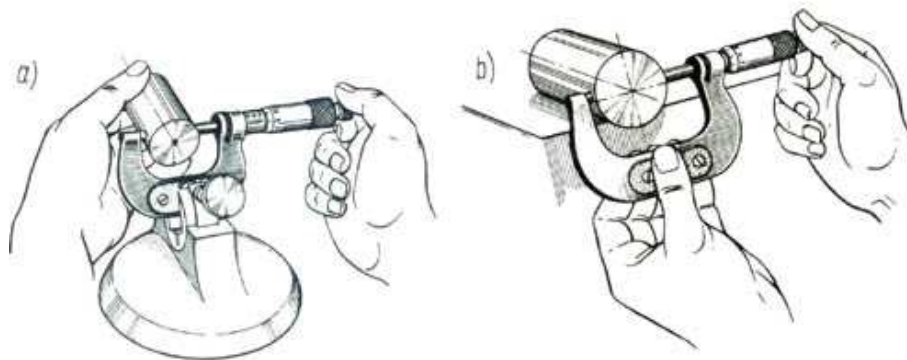
Mierzony przedmiot umieszcza się między nieruchomym i ruchomym kowadełkiem mikrometru i delikatnie dokręca śrubę. Dla zabezpieczenia śruby przed przesuwaniem się punktu zerowego na skutek zbyt mocnego dociskania szczęk, śruba jest zaopatrzona w sprzęgiełko, zapewniające zawsze ten sam nacisk. Zabezpiecza to również mierzony przedmiot przed zgnieceniem. Obrótu bębna z podziałką należy dokonywać obracając główkę sprzęgiełka. Wynik pomiaru odczytujemy przy użyciu dwu skal (rys. 17). Jedna – nieruchoma, ma podziałkę milimetrową z zaznaczonymi połówkami milimetrów. Druga skala znajduje się na bębnie mierzącym kąt obrotu śruby (noniusz). Skala bębna jest podzielona na 50 działek. Ilość całych milimetrów i ewentualnie połówek milimetra mierzonej długości odczytuje się na skali nieruchomej. Do tej długości należy dodać wskazania bębna w zakresie od zera do 0,50 mm. Typowym błędem grubym przy pomiarze jest właśnie nieuwzględnienie połówki milimetra przy odczycie!

Przed przystąpieniem do pomiarów należy sprawdzić, czy przy zetknięciu się kowadełek wskazanie skali jest zerowe. Jeśli nie, należy przy pomiarach uwzględnić odpowiednią poprawkę.



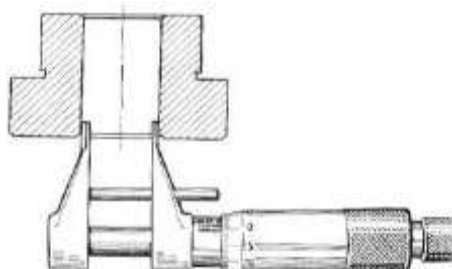
Rys. 17. Sposób odczytu wartości wymiaru mikrometrem (wynik po lewej: 17,27mm; wynik po prawej 14,64 mm) [32]

W czasie pomiaru mikrometr może być trzymany w ręku bądź zamocowany w podstawie (rys. 18). Jeżeli przedmiot jest mały i lekki, mikrometr mocuje się w podstawie. Mierzony przedmiot należy wówczas trzymać lewą ręką, prawą zaś obracać pokrętko sprzęgła. Gdy przedmiot jest duży i cięższy od mikrometru, mikrometr należy trzymać palcami lewej ręki poprzez nakładki kabłąka.



Rys. 18. Pomiar mikrometrem zewn.: a) przedmiot mały i lekki, b) przedmiot duży i ciężki [31]

Mikrometr wewnętrzny (rys. 19) różni się od zewnętrznego jedynie budową szczęk pomiarowych.

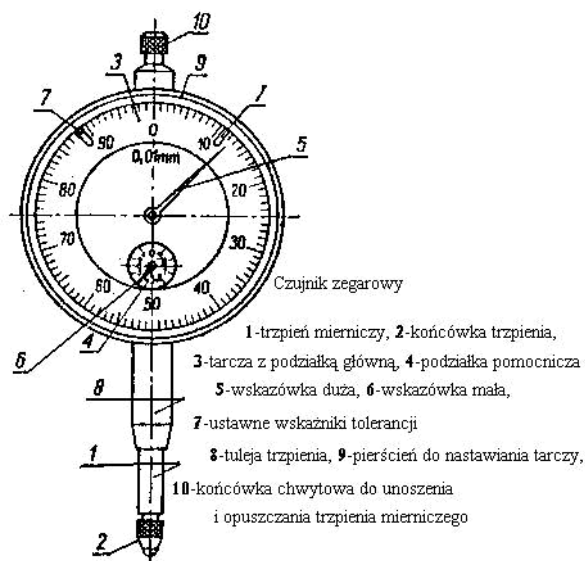


Rys. 19. Pomiar mikrometrem wewnętrznym [25]

Zastosowanie tych narzędzi, w porównaniu z suwmiarką, znacznie zwiększa sztywność pomiaru. Ponadto, kierunek pomiaru pokrywa się z osią wzorca, co pozwala na znacznie dokładniejszy i pewniejszy pomiar. Wartość działki elementarnej tych narzędzi w większości przypadków wynosi 0,01 mm.

Za pomocą przyrządów mikrometrycznych można również mierzyć, np. średnice otworów (średnicówkami mikrometrycznymi dwu- i trzypunktowymi), głębokość, itp.

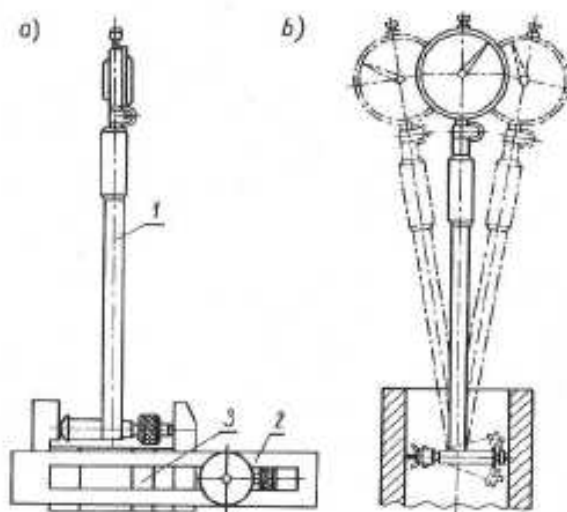
Przyrząd czujnikowy – jest to przyrząd mierniczy o przekładni zwiększającej typu mechanicznego, którą jest najczęściej przekładnia kół zębatach (rys. 20). Zazwyczaj ich dokładność wynosi 0,01 mm.



Rys. 20. Budowa czujnika zegarowego [32]

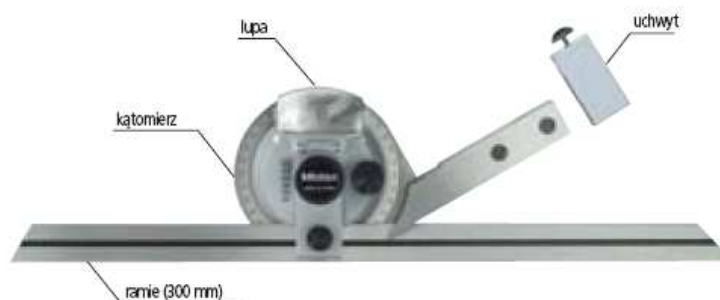
Posługiwanie się czujnikiem jest bardzo proste. Ruch posuwowy trzpienia pomiarowego jest, za pomocą przekładni zębatej, zamieniany na ruch obrotowy wskazówki dużej. Pomiar wykonuje się metodą różnicową. W tym celu średnicówkę należy ustawić wg odpowiedniego wzorca. Wzorcem mogą być płytki wzorcowe ustawione w stos uchwycone w specjalnym uchwycie, lub mikrometr. Wynik pomiaru średnicówką jest równy sumie wartości długości wzorca i odczytanej z przyrządu różnicy (dodatniej lub ujemnej) wskazań podczas pomiaru i wzorcowania średnicówki. Przyrząd należy trzymać w płaszczyźnie równoległej np. do średnicy otworu (rys. 21).

Należy pamiętać o tym, że nieostrożne obchodzenie się z nim, bezcelowe szybkie przesuwanie trzpienia mierniczego w górę i w dół, zanieczyszczenie mechanizmu zegarowego pyłem, szybko powodują zmniejszenie dokładności wskazań czujnika. Ślizgające się po sobie powierzchnie ścierają się, a zanieczyszczenia powodują zmianę nacisku mierniczego i utrudniają przesuwanie się trzpienia mierniczego.



Rys. 21. Pomiar średnicy otworu za pomocą średnicówki czujnikowej: a) ustawienie średnicówki na wymiar nominalny w uchwycie ze stosem płytek wzorcowych, b) ustawienie średnicówki na wymiar w mierzonym otworze: 1 – średnicówka, 2 – uchwyt, 3 – stos płytek wzorcowych [25]

Kątomierz – przyrząd do mierzenia lub odtwarzania kątów. W technice warsztatowej najczęściej stosuje się kątomierze uniwersalne, którymi można mierzyć z dokładnością 5' (rys. 22).



Rys. 22. Kątomierz uniwersalny [18]

Wskazania przyrządu odczytuje się podobnie jak na suwmiarce. Pomiar kątomierzem polega na przyłożeniu (bez pozostawienia szczelin) obu ramion kątomierza do boków mierzonego kąta. Liczbę stopni wskazuje kreska zerowa noniusza, a liczbę minut – jedna z kreszek podziałki głównej, pokrywająca się z podziałką noniusza. Należy pamiętać, że

aby ustalić ilość minut, należy odczytać wskazanie noniusza po tej stronie, po której wzrastają wartości minut na podziałce głównej.

W przypadku pomiaru kąta rozwartego należy pamiętać, że wskazanie kątomierza stanowi kąt dopełniający do kąta półpełnego.

$$\beta = 180^\circ - a$$

gdzie: a – wartość odczytana kąta

Ze względu na sporadyczne zapotrzebowanie na pomiary stożków, opisywanie sposobów ich pomiaru wydaje się bezcelowe i zostało pominięte w niniejszym opracowaniu.

4.2.2. Pytania sprawdzające

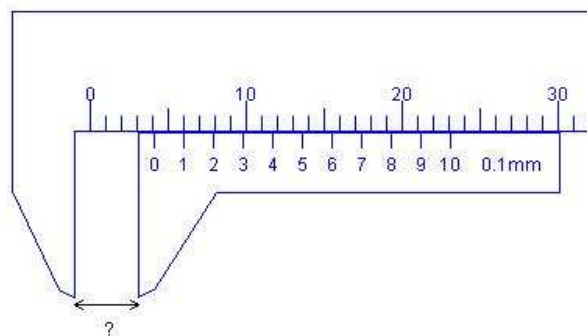
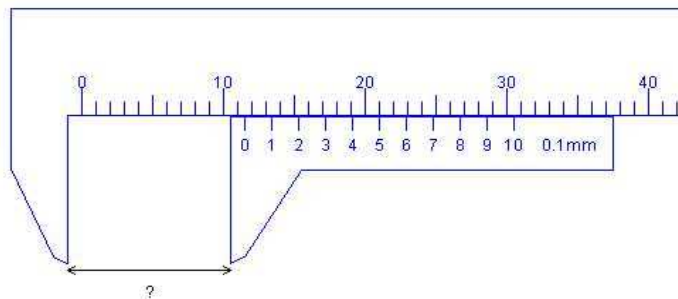
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są rodzaje pomiarów geometrycznych?
2. Jakie są rodzaje przyrządów pomiarowych do prostych pomiarów liniowych?
3. Co to jest i do czego służy szczelinomierz?
4. Co to jest, do czego służy i na jakiej zasadzie działa noniusz?
5. Na czym polega błąd paralaksy?
6. Z czego składa się suwmiarka i jak się nią mierzy?
7. Jakie są wady i zalety pomiarów suwmiarkami?
8. Z czego składa się mikrometr i jak się nim mierzy?
9. Jakie są wady i zalety mikrometrów?
10. Jak się mierzy kątomierzem kąty $>90^\circ$?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Odczytaj z poniższych rysunków wartości jakie wskazują noniusze a potem zapisz je w prawidłowy sposób.



Rysunek do ćwiczenia 1

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się z treścią niniejszego rozdziału,
- 2) przyjrzeć się dokładnie powyższym rysunkom,
- 3) odczytać wartości wskazywane przez noniusze,
- 4) zapisać odpowiednio wynik (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego rozdziału,
- przyrządy biurowe.

Ćwiczenie 2

Zmierzyć suwmiarką średnicę wewnętrzną wskazaną przez nauczyciela. Pomiar wykonać przynajmniej 5 razy a następnie policzyć średnią arytmetyczną z tych pomiarów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się z treścią niniejszego rozdziału,
- 2) prawidłowo trzymać przedmiot w suwmiarce (lub odwrotnie),
- 3) odczytać wartości wskazane przez noniusz,
- 4) pomiar powtórzyć 5 razy za każdym razem rozpoczynając od początku i zapisując wynik,
- 5) policzyć średnią arytmetyczną z 5 wyników,
- 6) zapisać odpowiednio wynik (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów),

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego rozdziału,
- suwmiarka analogowa,
- przedmiot do zmierzenia z otworem,
- przyrządy biurowe.

Ćwiczenie 3

Zmierzyć mikrometrem wskazany przez nauczyciela przedmiot. Pomiar wykonać przynajmniej 5 razy a następnie policzyć średnią arytmetyczną z tych pomiarów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się z treścią niniejszego rozdziału,
- 2) prawidłowo trzymać przyrząd w mikrometrze (lub odwrotnie),
- 3) odczytać wartości wskazane przez noniusz (w zależności od wymiaru należy uwzględnić połówkę milimetra),
- 4) pomiar powtórzyć 5 razy za każdym razem rozpoczynając od początku,
- 5) policzyć średnią arytmetyczną z 5 wyników,
- 6) zapisać odpowiednio wynik (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego rozdziału,
- mikrometr analogowy,
- przedmiot do zmierzenia,
- przyrządy biurowe.

Ćwiczenie 4

Zmierzyć średnicówką czujnikową wskazany przez nauczyciela przedmiot (najlepiej ten sam co w ćwiczeniu 2). Pomiar wykonać przynajmniej 5 razy a następnie policzyć średnią arytmetyczną z tych pomiarów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z treścią niniejszego rozdziału,
- 2) prawidłowo trzymać przyrząd w otworze,
- 3) odczytać wartości wskazane przez wskazówkę,
- 4) pomiar powtórzyć 5 razy za każdym razem rozpoczynając od początku,
- 5) policzyć średnią arytmetyczną z 5 wyników ,
- 6) zapisać odpowiednio wynik,
- 7) porównać wyniki z wynikami z ćwiczenia 2 (wyniki elementarne jak i obliczone średnie).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego rozdziału,
- średnicówka analogowa,
- przedmiot do zmierzenia (najlepiej ten sam co w ćwiczeniu 2),
- przyrządy biurowe.

Ćwiczenie 5

Zmierzyć kątomierzem uniwersalnym wskazany przez nauczyciela kąt. Pomiar wykonać przynajmniej 5 razy a następnie policzyć średnią arytmetyczną z tych pomiarów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z treścią niniejszego rozdziału,
- 2) prawidłowo przykładac ramiona do obiektu mierzonego,
- 3) odczytać wartości wskazane przez noniusz,
- 4) pomiar powtórzyć 5 razy za każdym razem rozpoczynając od początku,
- 5) policzyć średnią arytmetyczną z 5 wyników,
- 6) zapisać odpowiednio wynik (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego rozdziału,
- kątomierz uniwersalny,
- przedmiot do zmierzenia,
- przyrządy biurowe.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zdefiniować pojęcie i zasadę działania noniusza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) obliczyć dokładność suwmiarki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić dokładności poszczególnych przyrządów pomiarowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) rozróżnić elementy składowe suwmiarki i mikrometru?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) prawidłowo mierzyć suwmiarką, mikrometrem i kątomierzem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) opisać zasady prawidłowego umieszczenia szczęk suwmiarki na mierzonym obiekcie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) opisać zasady prawidłowej obsługi mikrometru?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) prawidłowo zmierzyć wymiar średnicówką czujnikową?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Interpretacja wyników w odniesieniu do układu tolerancji i pasowań

4.3.1. Materiał nauczania

4.3.1.1. Tolerancje

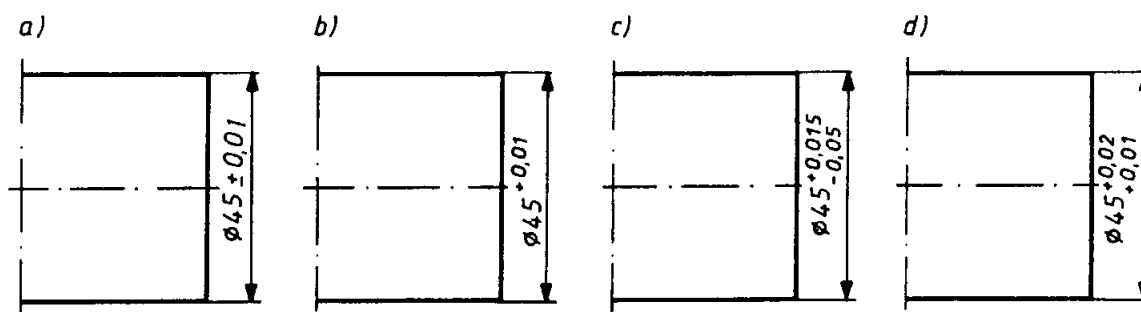
Wymiary podawane na rysunkach są wymiarami nominalnymi. Ze względu na nieuniknione błędy wykonania (niedoskonałości maszyn i urządzeń wytwarzających części maszyn), niemożliwe jest wytworzenie przedmiotu dokładnie z jego wymiarami nominalnymi. Rzeczywiste wymiary będą mniejsze lub większe od nominalnych i powinny się mieścić w pewnych dopuszczalnych granicach ustalonych przez konstruktora (wyznaczone w zależności od przeznaczenia i warunków pracy przedmiotu). W związku z powyższym, można podać 2 wymiary graniczne dla wymiaru nominalnego: dolny A i górny B. Te wymiary graniczne określają najmniejszy i największy dopuszczalny wymiar rzeczywisty (zaobserwowany) naszego przedmiotu. W związku z tym:

Wymiar tolerowany – jest to wymiar który ma podaną granicę górną i dolną (stąd wiemy że tolerancja oznacza różnicę między wymiarami granicznymi górnym B i dolnym A i ma zawsze wartość dodatnią).

$$T = B - A$$

Zasady tolerowania wymiarów na rysunkach zostały znormalizowane i rozróżniamy następujące rodzaje tolerowania (rys. 23):

- tolerowanie symetryczne, w którym bezwzględne wielkości odchyłek są równe, lecz różnią się znakami (przykład – a),
- tolerowanie asymetryczne, przy którym jedna z odchyłek jest równa zero (przykład – b),
- tolerowanie asymetryczne dwustronne, gdy wartości oraz znaki odchyłek są różne (przykład c),
- tolerowanie jednostronne, gdy obie odchyłki mają jednakowe znaki (przykład – d).



Rys. 23. Rodzaje tolerancji i sposób ich zapisu [29]

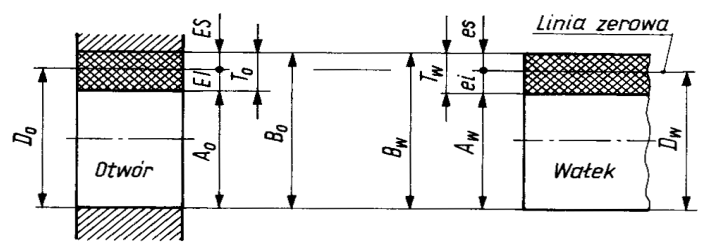
Tolerowanie asymetryczne dzielimy na tolerowanie w głąb, lub na zewnątrz materiału, w zależności od tego czy przyjęta odchyłka zmniejsza czy zwiększa objętość przedmiotu.

Rozróżniamy:

- tolerowanie swobodne, przy którym wartości odchyłek nie zostały znormalizowane i ustala się je w sposób dowolny. Zasady tolerowania swobodnego ustalają, że wymiary zewnętrzne i wewnętrzne tolerujemy zawsze w głąb materiału.
- tolerowanie normalne, dla którego odchyłki wynikają ze znormalizowanego systemu odchyłek. W tolerowaniu normalnym nie podajemy odchyłek liczbowych, lecz

znormalizowane symbole składające się z litery oraz liczby. Duże litery odnoszą się do odchyłek otworów, a małe do odchyłek wałków. Litery te określają położenie pola tolerancji względem wymiaru nominalnego. Dla określonych średnic i klasy dokładności każda z liter określa inne położenia tego samego pola tolerancji.

Tabela 1. Oznaczenia wymiarów i ich wzajemnych zależności [29]



Lp.	Termin		Symbol literowy	Zależność	Określenia
1			3	4	5
1	Wymiar nominalny	otworu	D_o	—	wymiar, względem którego określa się odchyłki, może być wyrażony liczbą całkowitą lub ułamkową (30; 50; 0,75 itd.)
		wałka	D_w	—	
2	Wymiary graniczne	—	A i B	—	wymiary, między którymi powinien być zawarty, lub którym może być równy, wymiar zaobserwowany
3	Wymiar górny	otworu	B_o	—	największy dopuszczalny wymiar graniczny
		wałka	B_w	—	
4	Wymiar dolny	otworu	A_o	—	najmniejszy dopuszczalny wymiar graniczny
		wałka	A_w	—	
5	Wymiar max mat.	otworu	MMI_o	$MMI_o = A_o$	wymiar graniczny (dolny dla otworu, górny dla wałka), któremu odpowiada największa ilość materiału elementu
		wałka	MMI_w	$MMI_w = B_w$	
6	Wymiar min mat.	otworu	LML_o	$LML_o = B_o$	wymiar graniczny (górny dla otworu, dolny dla wałka), któremu odpowiada najmniejsza ilość materiału elementu
		wałka	LML_w	$LML_w = A_w$	
7	Odchyłka górna	otworu	ES	$ES = B_o - D_o$	odchyłka graniczna stanowiąca różnicę wymiaru górnego i nominalnego
				$ES = EI + T_o$	
		wałka	es	$es = B_o - D_w$	
				$es = ei + T_w$	

1	2		3	4	5
8	Odchyłka dolna	otworu	EI	$EI = A_o - D_o$	odchyłka graniczna stanowiąca różnicę wymiaru dolnego i nominalnego
				$EI = ES - T_o$	
		wałka	ei	$ei = A_w - D_w$	
				$ei = es - T_w$	
9	Tolerancja	otworu	T_o	$T_o = B_o - A_o$	różnica wymiaru górnego i dolnego lub różnica odchyłki górnej i dolnej (tolerancja jest zawsze dodatnia)
				$T_o = ES - EI$	
		wałka	T_w	$T_w = B_w - A_w$	
				$T_w = es - ei$	
10	Tolerancja normalna	—	IT	—	każda tolerancja należąca do układu tolerancji
11	Układ tolerancji	zbiór znormalizowanych tolerancji odchyłek granicznych			
12	Pole tolerancji	obszar ograniczony wymiarami: górnym i dolnym			
13	Linia zerowa	prosta reprezentująca wymiar nominalny, względem której określa się odchyłki graniczne i tolerancję przy ich przedstawieniu graficznym			
14	Wymiar tolerowany	wymiar, którego dopuszczalne odchyłki są liczbowo określone			

Przy projektowaniu i budowie maszyn i urządzeń obowiązuje stosowanie znormalizowanych wymiarów nominalnych (średnic wałków i otworów oraz wymiarów długościowych).

Polska Norma przewiduje klasy dokładności numerowane cyframi arabskimi:

- klasy 1 do 4 – używa się do najdokładniejszych urządzeń precyzyjnych,
- klasy 5 do 12 – używa się do typowych aplikacji maszynowych,
- klasy 12 do 17 – używa się do mniej dokładnych urządzeń.

Uwaga: zakresy z pierwszej i drugiej grupy się częściowo pokrywają. Wynika to z nieprecyzyjności klasyfikacji aplikacji w budowie maszyn.

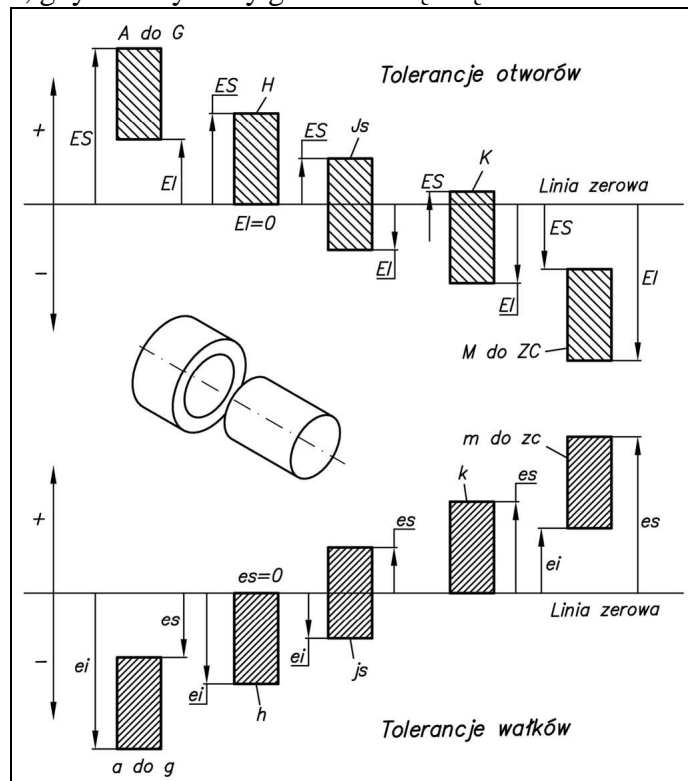
Drugim elementem określenia tolerancji jest łacińska litera, wielka w przypadku otworów i mała w przypadku wałków. Litera koduje położenie pola tolerancji w stosunku do wymiaru nominalnego (rys. 24).

Dla otworów:

- tolerancje od A do G, gdy oba wymiary graniczne są większe od nominalnego
- tolerancja H, gdy wymiar graniczny górny jest większy od wymiaru nominalnego, a dolnym jemu równy,
- tolerancja J, gdy wymiar nominalny leży pomiędzy wymiarami granicznymi dolnym i górnym,
- tolerancja K, gdy wymiar graniczny dolny jest mniejszy od wymiaru nominalnego, a górny jemu równy,
- tolerancje od L do Z, gdy oba wymiary graniczne są mniejsze od nominalnego.

Dla wałków:

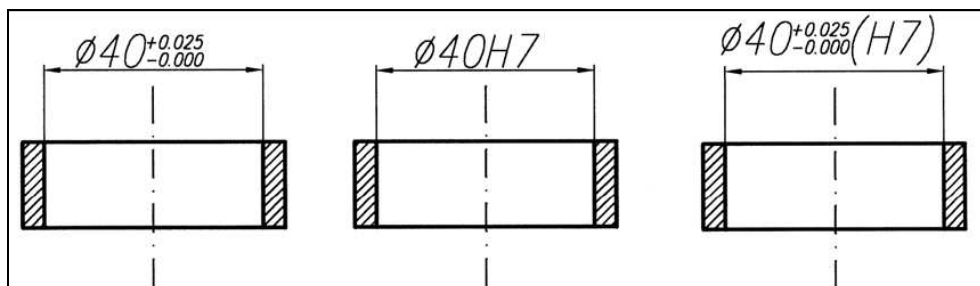
- tolerancje od a do g, gdy oba wymiary graniczne są mniejsze od nominalnego,
- tolerancja h, gdy wymiar graniczny dolny jest mniejszy od wymiaru nominalnego, a górny jemu równy,
- tolerancja j, gdy wymiar nominalny leży pomiędzy wymiarami granicznymi dolnym i górnym,
- tolerancja k, gdy wymiar graniczny górny jest większy od wymiaru nominalnego, a dolny jemu równy,
- tolerancje od l do z, gdy oba wymiary graniczne są większe od nominalnego.



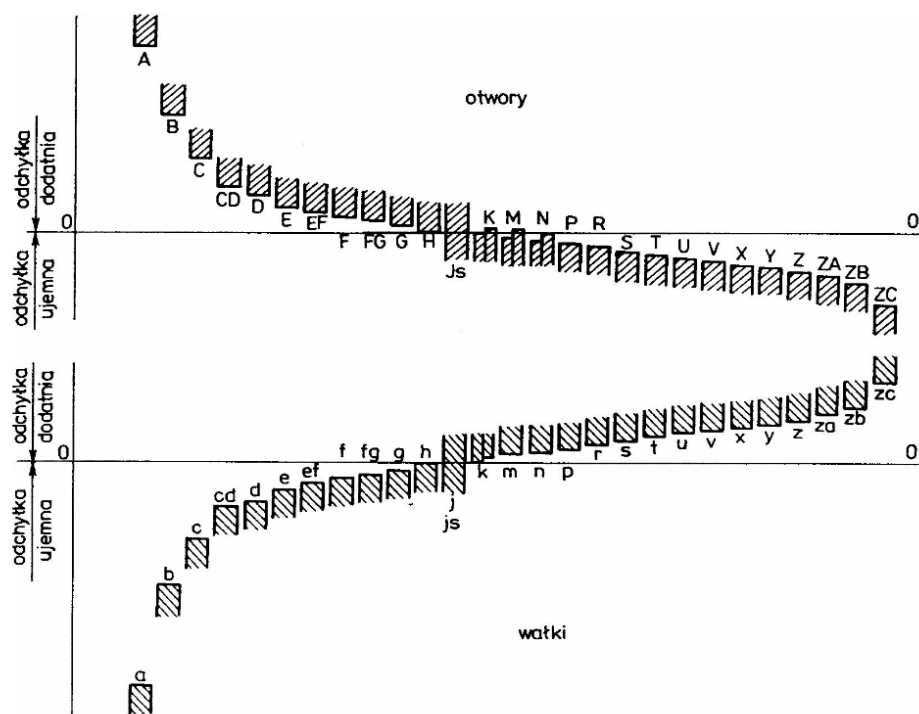
Rys. 24. Położenie pól tolerancji wałków i otworów w zależności od symbolu rodzaju tolerancji [12]

Tolerowanie normalne można zapisać (rys. 25):

- za pomocą odchyłek (tolerowanie liczbowe) przez podanie odchyłek granicznych w postaci liczb – odchyłki graniczne w zakresie liczbowym wyraża się w takich samych jednostkach miary, jak wymiar nominalny, bez oznaczenia jednostek (rys. 25 a);
- symbolami (tolerowanie symbolowe) za pomocą symbolu odchyłki podstawowej i klasy dokładności (np. H7, g7) (rys. 25 b);
- sposobem mieszanym (tolerowanie mieszane) poprzez łączne podanie zapisu symbolowego i liczbowego (rys. 25 c).



Rys. 25. Sposób zapisu tolerowania (odpowiednio od lewej: a) b) c)) [12]



Rys. 26. Położenia pól tolerancji i ich symbole literowe [24]

Przykład:

Obliczyć wymiary graniczne i tolerancję wymiaru $40^{+0,1}_{-0,05}$

Dolny wymiar graniczny obliczamy:

$$A = 40 - 0,05 = 39,95$$

Górny wymiar graniczny obliczamy:

$$B = 40 + 0,1 = 40,1$$

A tolerancję wymiaru:

$$T = 0,1 - (-0,05) = 0,1 + 0,05 = 0,15$$

lub

$$T = 40,1 - 39,95 = 0,15$$

Przykład:

50H7 – gdzie: 50 – wymiar nominalny, H – oznaczenie położenia pola tolerancji otworu (wielka litera), 7 – klasa dokładności

4.3.1.2. Pasowanie

Pasowanie – jest to skojarzenie pary elementów o tym samym wymiarze nominalnym czyli inaczej mówiąc połączenie dwóch elementów, z których jeden obejmuje drugi. Dotyczy zwykle wałka i otworu, a także stożka i otworu stożkowego.

W budowie maszyn wymagane pasowanie realizuje się poprzez odpowiedni dobór tolerancji wałków i otworów. Pasowanie oznacza się podając tolerancję otworu i wałka za znakiem "łamanie" pomiędzy nimi, np. H7/e8. W budowie maszyn używa się następujących rodzajów pasowań:

- pasowanie luźne (w którym zawsze istnieje luz pomiędzy wałkiem i otworem). Wałek może poruszać się wzdłużnie lub obracać w otworze. Jest ono stosowane w połączeniach ruchowych,

- pasowanie mieszane (w którym istnieje niewielki luz lub lekki wcisk). Stosowane do połączeń nie przenoszących obciążeń,
- pasowanie ciasne (w którym wałek jest wciśnięty w otwór). Połączenie takie może przenosić obciążenia.

Cechą charakterystyczną wszelkich pasowań są luzy graniczne: najmniejszy L_{\min} i największy L_{\max} , przy czym:

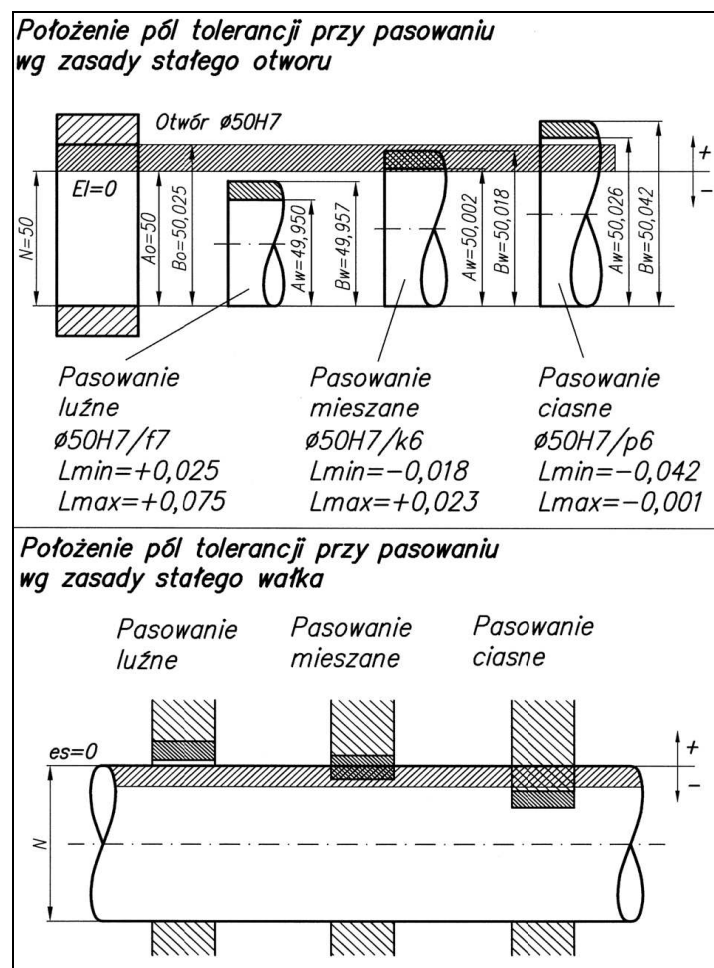
$$L_{\min} = A_{\text{otworu}} - B_{\text{wałka}} = A_o - B_w \text{ lub } L_{\min} = EI - es$$

$$L_{\max} = B_{\text{otworu}} - A_{\text{wałka}} = B_o - A_w \text{ lub } L_{\max} = ES - ei$$

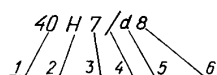
Teoretycznie, możliwa do zastosowania jest dowolna kombinacja tolerancji wałków i otworów, a co za tym idzie bardzo duża ilość możliwości realizacji wymaganego pasowania. W inżynierskiej praktyce stosuje się jednak tylko wybrane kombinacje (rys. 27).

Stosuje się tu następujące zasady:

- zasada stałego otworu – tolerancję otworu dobiera się z grupy tolerancji H (tolerancja w głąb materiału) gdzie $EI=0$, a o rodzaju pasowania decyduje tolerancja wałka, np. tolerancja luźna – H7/g6, tolerancja mieszana – H7/k6, tolerancja ciasna – H7/s6,
- zasada stałego wałka – tolerancję wałka dobiera się z grupy tolerancji h (tolerancja w głąb materiału) gdzie $es=0$, a o rodzaju pasowania decyduje tolerancja otworu, np. tolerancja luźna – G7/h6, tolerancja mieszana – K7/h6, tolerancja ciasna – P7/h6.



Rys. 27. Położenie pól tolerancji w zależności od rodzaju pasowania [12]



- | | | |
|--|---------------------------------------|---|
| 1 — wymiar nominalny pasowania | } informacja o polu tolerancji otworu | } informacja o pasowaniu: pasowanie luźne z układu pasowań stałego otworu |
| 2 — symbol odchyłki podstawowej otworu | | |
| 3 — klasa dokładności otworu | | |
| 4 — ukośna kreska (może być pozioma) | } informacja o polu tolerancji wałka | |
| 5 — symbol odchyłki podstawowej wałka | | |
| 6 — klasa dokładności wałka | | |

Rys. 28. Objasnienie zapisu pasowania [29]

Tabela 2. Własności i dobór pasowań [12]

Symbol pasowania	Właściwości połączenia	Przykłady zastosowań
U8/h7 H8/s7 S7/h6 H7/r6 R7/h6	Części są mocno połączone z dużym wciskiem a ich montaż wymaga dużych nacisków lub nagrzewania albo oziębiania części w celu uzyskania połączenia skurczowego. Połączenie jest trwałe nawet w przypadku dużych sił i nie wymaga dodatkowych zabezpieczeń.	Łączenie z wałami kół zębatach, tarcz sprzęgieł, wieńców kół z tarczami, tulei z piastami itp.
H7/p6 P7/h6	Części są mocno połączone a ich montaż wymaga dużych nacisków. Demontaż jest przewidziany tylko podczas głównych remontów. Stosowane jest dodatkowe zabezpieczenie przed przemieszczeniem części pod wpływem dużych sił.	Koła zębata napędowe na wałach ciężkich maszyn (wstrząsarki, łamacze kamieni), tuleje łożyskowe, kołki, pierścienie ustalające, wpusty itp.
H7/n6 N7/h6	Montaż części oraz ich rozdzielenie wymaga dużego nacisku. Ponieważ może wystąpić luz należy części zabezpieczyć przed przemieszczeniem.	Tuleje łożyskowe w narzędziach, wieńce kół z kołami, dźwignie i korby na wałach, tuleje w korpusach maszyn, koła i sprzęgła na wałach.
H7/m6 M7/h6	Części są mocno osadzone. Łączenie i rozłączanie wykonywane jest poprzez mocne uderzenia ręcznym młotkiem. Części należy zabezpieczyć przed przemieszczeniem.	Wewnętrzne pierścienie łożysk tocznych, koła pasowe, koła zębata, tuleje, dźwignie, osadzone na wałach, korby, sworznie tłokowe, sworznie łączące, kołki ustalające itp.
H7/k6	Części przywierają do siebie, montaż i demontaż nie wymaga dużej siły, za pomocą lekkiego ręcznego młotka. Części należy zabezpieczyć przed przemieszczeniem.	Wewnętrzne pierścienie łożysk tocznych, części sprzęgieł, koła pasowe, koła zamachowe, dźwignie ręczne na wałach, kołki, śruby, sworznie ustalające itp.
H7/j6 J7/h6	Montaż części wymaga lekkich uderzeń młotka, lub nawet można go wykonać ręką. Pasowanie przeznaczone dla części o częstym montażu i demontażu. Konieczne jest zabezpieczenie łączonych części przed przemieszczeniem.	Zewnętrzne pierścienie łożysk tocznych osadzone w osłonach, koła zębata wymienne i koła pasowe na wałach, często wymieniane tuleje łożyskowe, panewki itp.
H7/h6	Części po nasmarowaniu można ręcznie przesuwając względem siebie. Pasowanie nadaje się do tych połączeń, które powinny umożliwiać wolne przesuwanie części względem siebie.	Zewnętrzne pierścienie łożysk tocznych, pierścienie uszczelniające, prowadzenia różnego rodzaju, łożyska ślizgowe z bardzo małym luzem, narzędzia na trzpieniach itp.
H8/h9 H9/h8	Części dają się łatwo łączyć i można je bez wysiłku przesuwając.	Pierścienie ustalające, elementy konstrukcyjne, które wymagają przesuwania względem innych elementów, łożyska ślizgowe itp.
H11/h11	Części można łatwo złożyć. Pasowanie cechuje stosunkowo mały luz przy dość dużych tolerancjach wykonawczych.	Części lutowane lub spawane, kołkowane lub zaciskane na wałkach, tuleje dystansowe.

H7/g6 G7/h6	Połączenie ruchowe bez znacznego luzu, części można swobodnie przesuwac i obracać względem siebie.	Łożyska ślizgowe (np. korbowodów), elementy, które wykonują ruch względny ale bez nadmiernego luzu.
H7/f7	Połączenie ruchowe ze znacznym luzem, części mogą się poruszać ze średnimi prędkościami.	Łożyska i prowadnice ślizgowe (np. popychacze zaworowe) itp.
H8/e8 E8/h9	Połączenia mają znaczny luz, części mogą się obracać z dużymi prędkościami.	tłoki w cylindrach, wały w długich łożyskach itp.
H11/d9 H11/d11 D11/h11	Połączenia wykazują duże luzy, części mają duże tolerancje wykonawcze.	Połączenia nitów z otworami, części z niedostatecznym smarowaniem, koła pasowe luźno osadzone na wałach itp.
H11/c11	Połączenia z dużymi luzami, części mają duże tolerancje wykonawcze.	Łożyska maszyn i mechanizmów rolniczych, sprzętu gospodarstwa domowego itp.

Przykład:

Określić charakter pasowania otworu $\varnothing 25^{+0,033}$ z wałkiem $\varnothing 25_{0,008}^{+0,021}$.

Obliczamy dolną odchyłkę F_o (otworu), górną odchyłkę otworu G_o , F_w (wałka) i G_w :

$$F_o = 0, \quad G_o = +0,033, \quad F_w = 0,008, \quad G_w = +0,021$$

A następnie z powyższych wzorów L_{min} i L_{max} :

$$L_{min} = 0 - 0,021 = -0,021$$

$$L_{max} = 0,033 - 0,008 = 0,025$$

Ponieważ najmniejszy luz graniczny L_{min} jest ujemny a największy L_{max} jest dodatni, pasowanie jest mieszane.

Uwaga: Pamiętaj, aby podczas pomiarów niezbędnych do określenia pasowania lub tolerancji o odpowiedniej dokładności, odpowiednio dobrać przyrządy pomiarowe, szczególnie pod kątem ich dokładności metrologicznej, sposobu mechanicznego przyłożenia do badanego obiektu, rodzaju szczęk, itp. Przykładowo: suwmiarką o dokładności 0,02mm nie można mierzyć przedmiotów o pasowaniu $\pm 0,01$ mm lub lepszym. Innym przykładem jest użycie grubych szczęk mikrometru do pomiaru wąskich rowków.

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest tolerancja i jakie są jej rodzaje?
2. Jak odróżnić tolerancje otworów i wałków?
3. Jak można zapisać tolerowanie normalne?
4. Co to jest pasowanie i jakie są rodzaje pasowań?
5. Jakie są zasady doboru pasowań?
6. Które pasowania mogą przenosić obciążenia?
7. Co oznacza zapis: 30J7/h6?
8. Czym różni się zasada stałego otworu i zasada stałego wałka?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wymiar $\varnothing 80_{-0,05}^{+0,1}$ (średnica otworu) przekształcić na wymiar zgodny z zasadą tolerowania w głąb materiału.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z treścią niniejszego rozdziału,
- 2) zastosować informacje zawarte w powyższym rozdziale,
- 3) przekształcić wymiar,
- 4) zaprezentować wykonanie ćwiczenia (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów),
- 5) omówić uzyskane wyniki i dokonać poprawności ich wyliczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego rozdziału,
- przyrządy biurowe,
- literatura wskazana przez nauczyciela,
- treść zadania dla każdego ucznia.

Ćwiczenie 2

Wymiar $125_{+0,1}^{+0,3}$ (długość przedmiotu) przekształcić na wymiar zgodny z zasadą tolerowania w głąb materiału.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z treścią niniejszego rozdziału,
- 2) zastosować informacje zawarte w powyższym rozdziale,
- 3) przekształcić wymiar,
- 4) zaprezentować wykonanie ćwiczenia (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów),
- 5) omówić uzyskane wyniki i dokonać poprawności ich wyliczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego rozdziału,
- przyrządy biurowe,
- literatura wskazana przez nauczyciela,
- treść zadania dla każdego ucznia.

Ćwiczenie 3

Określić charakter pasowania otworu $\varnothing 80^{+0,05}$ z wałkiem $\varnothing 80_{-0,03}^{-0,01}$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z treścią niniejszego rozdziału,
- 2) zastosować informacje zawarte w powyższym rozdziale,
- 3) zaprezentować wykonanie ćwiczenia (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów),
- 4) omówić uzyskane wyniki i dokonać poprawności ich wyliczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego rozdziału,
- przyrządy biurowe,
- literatura wskazana przez nauczyciela,
- treść zadania dla każdego ucznia.

Ćwiczenie 4

Określić charakter pasowania otworu $\varnothing 40^{+0,025}$ z wałkiem $\varnothing 40_{0,017}^{+0,033}$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się z treścią niniejszego rozdziału,
- 2) zastosować informacje zawarte w powyższym rozdziale,
- 3) zaprezentować wykonanie ćwiczenia (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów),
- 4) omówić uzyskane wyniki i dokonać poprawności ich wyliczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść niniejszego rozdziału,
- przyrządy biurowe,
- literatura wskazana przez nauczyciela,
- treść zadania dla każdego ucznia.

4.3.4. Sprawdzian postępów

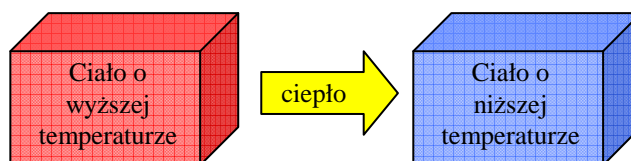
Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zdefiniować pojęcia tolerancji i pasowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zdefiniować zasadę stałego wałka i stałego otworu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić charakter określonego pasowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) przekształcać wymiary zgodnie z zadaniami tolerowania wymiarów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) objaśnić zapis pasowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić, czy pasowanie można zastosować stożków i otworów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4. Pomiary temperatury

4.4.1. Materiał nauczania

Temperatura – jest parametrem stanu termodynamicznego ciała, charakteryzującym jego nagrzanie. Temperatura jest miarą „chęci” do dzielenia się ciepłem. Jeśli dwa ciała mają tę samą temperaturę, to w bezpośrednim kontakcie nie przekazują sobie ciepła, gdy zaś mają różną temperaturę, to następuje przekazywanie ciepła z ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej – aż do wyrównania się temperatur obu ciał. Temperatura wskazuje kierunek przepływu energii cieplnej (rys. 29).



Rys. 29. Samorzutny przepływ energii cieplnej [oprac. własne]

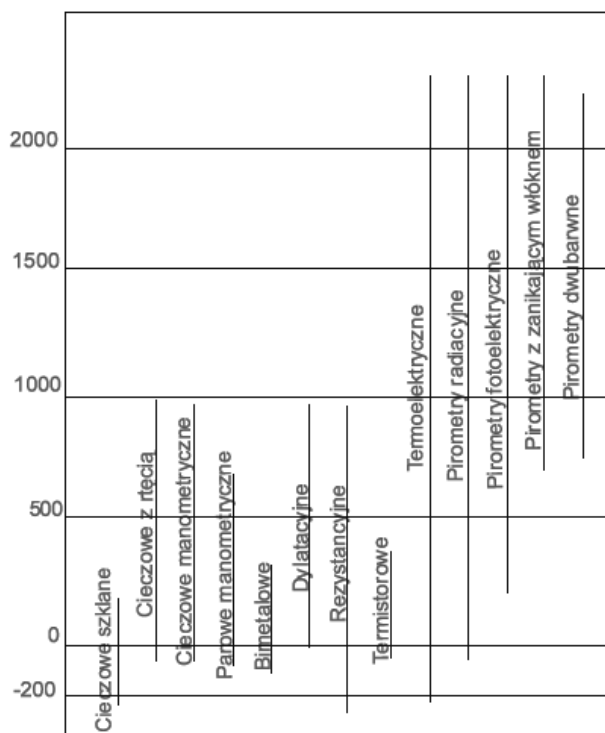
Jednostką temperatury w układzie SI jest Kelwin [K], natomiast najczęściej spotykaną jednostką w tej części Europy jest stopień Celsjusza [°C]. Jest to jednostka skali, w której przy ciśnieniu 1013,25 hPa temperatura topnienia lodu ma 0°C, natomiast wrząca woda ma 100°C.

Tabela 3. Zależności pomiędzy poszczególnymi skalami temperaturowymi [17]

	°C - Celsjusz	°F - Fahrenheit	K - Kelvin	°R - Rankine	°Ré - Réaumur
°C	1	$^{\circ}\text{C} = 5/9 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$	$^{\circ}\text{C} = 5/9 \times ^{\circ}\text{R} - 273,15$	$^{\circ}\text{C} = 5/4 \times ^{\circ}\text{Ré}$
°F	$^{\circ}\text{F} = 9/5 \times ^{\circ}\text{C} + 32$	1	$^{\circ}\text{F} = 9/5 \times \text{K} - 459,67$	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{R} - 459,67$	$^{\circ}\text{F} = 9/4 \times ^{\circ}\text{Ré} + 32$
K	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$	$\text{K} = 5/9 \times (^{\circ}\text{F} + 459,67)$	1	$\text{K} = 5/9 \times ^{\circ}\text{R}$	$\text{K} = 5/4 \times ^{\circ}\text{Ré} + 273,15$
°R	$^{\circ}\text{R} = 9/5 \times ^{\circ}\text{C} + 491,68$	$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459,67$	$^{\circ}\text{R} = 9/5 \times \text{K}$	1	$^{\circ}\text{R} = 9/4 \times ^{\circ}\text{Ré} + 491,68$
°Ré	$^{\circ}\text{Ré} = 4/5 \times ^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{Ré} = 4/9 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$	$^{\circ}\text{Ré} = 4/5 \times \text{K} - 218,52$	$^{\circ}\text{Ré} = 4/9 \times ^{\circ}\text{R} - 218,52$	1

W pomiarach temperatury wykorzystuje się zależność właściwości materiałów od temperatury. W pierwszych termometrach (przyrządach do pomiaru temperatury) wykorzystywano zmiany objętości cieczy w funkcji zmian temperatury. Obecnie wykorzystuje się również zmiany rezystancji, ciśnienia i innych wielkości. Wymagane zakresy i dokładności pomiaru temperatury, żądana postać sygnału wyjściowego oraz warunki pracy są przy tym bardzo różnorodne. Zależnie od wymagań stosowane są różne rodzaje termometrów, wykorzystujące różne zjawiska fizyczne. Można wyróżnić następujące rodzaje termometrów (rys. 30):

- rozszerzalnościowe, w których wykorzystuje się zjawisko rozszerzalności cieczy lub ciał stałych,
- ciśnieniowe, wykorzystujące zależność ciśnienia cieczy lub gazu od temperatury, przy stałej ich objętości,
- rezystancyjne, w których wykorzystywana jest zależność rezystancji metali (np. platyny, miedzi, niklu) oraz półprzewodników od temperatury,
- termoelektryczne, w których wykorzystywane jest zjawisko powstawania siły elektromotorycznej w obwodzie, w którym dwa złącza dwóch różnych metali znajdują się w różnej temperaturze,
- pirometryczne, w których wykorzystywana jest zależność spektralnego rozkładu promieniowania emitowanego, od temperatury ciała emitującego.



Rys. 30. Zakresy pomiarowe typowych czujników temperatury [22]

Przy pomiarze temperatury termometrem stykowym (mierzącym temperaturę poprzez bezpośredni styk elementu mierzącego z powierzchnią), pomiędzy czujnikiem termometru (rys. 31) a obiektem badanym następuje wymiana ciepła, w wyniku której temperatura czujnika i obiektu powinny się wyrównać. Temperatura czujnika i obiektu badanego wyrównają się w stanie ustalonym, jeżeli istnieje między nimi idealne sprzężenie cieplne.



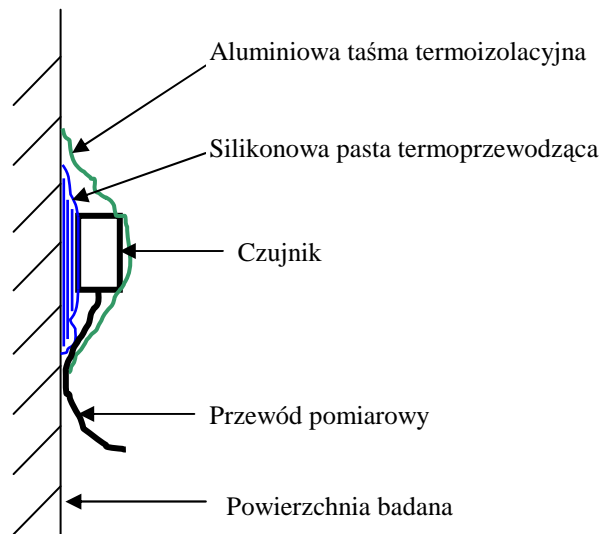
Rys. 31. Przykładowe końcówki technologiczne czujników termometrów stykowych, w których zainstalowane są termorezystory Pt100 [33]

Ze względu na ogromny zakres tematyki dotyczącej sposobów pomiarów temperatury oraz przyrządów do tego wykorzystywanych, w niniejszym rozdziale skupimy się tylko na problematyce najczęściej wykonywanych pomiarów przyrządami ogólnodostępnymi (nie wnikając w ich zasadę działania ani sposobu kalibracji).

Najczęściej wykonywanymi pomiarami są pomiary temperatury:

- ciał stałych,
- cieczy będącej w spoczynku,
- gazów będących w spoczynku,
- cieczy, par i gazów znajdujących się ruchu.

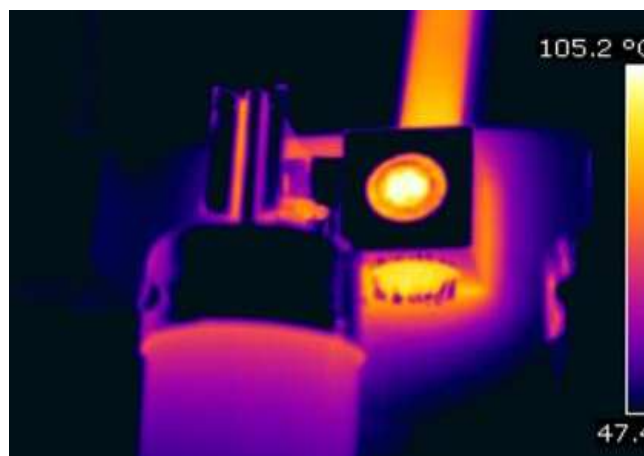
Przy pomiarach temperatury ciał stałych należy zapewnić jak najlepszy termicznie kontakt mierzącego elementu czujnika pomiarowego z powierzchnią badanego obiektu (rys. 32). Jednym z takich sposobów zapewnienia dobrego termicznie styku obu powierzchni, jest zastosowanie, np. past termoprzewodzących.



Rys. 32. Sposób pomiaru powierzchni ciał stałych czujnikiem stykowym [oprac. własne]

Pomiary powierzchni wykorzystuje się w pracach kontrolno–odbiorczych maszyn i urządzeń pracujących w podziemiach kopalń. Zastosowanie takich pomiarów jest bardzo szerokie, począwszy od wiedzy na temat temperatury powierzchni nagrzewających się w strefach zagrożonych wybuchem, aż do parametrów eksploatacyjnych maszyn (np. nagrzewanie się przekładni mechanicznej).

Pomiar temperatury powierzchni ciał wirujących, elektrycznych lub innych, niemożliwych do wykonania metodami stykowymi, wykonuje się metodami bezstykowymi, np. za pomocą termowizji (rys. 33), pirometrów, itp. Proste pirometry mierzą ilość energii emitowanej poprzez pomiar temperatury elementu, na który pada promieniowanie. Działają w oparciu o analizę promieniowania cieplnego (podczerwonego) emitowanego przez badane obiekty. Urządzenia te wyposażone są w celownik laserowy pozwalający precyzyjnie określić punkt pomiarowy na badanej powierzchni. Podstawową zaletą pirometrów jest bardzo prosta obsługa (przy użyciu jednego przycisku) oraz szybkość i precyzja pomiarów.



Rys. 33. Pomiar temperatury kamerą termowizyjną, gdzie poszczególne kolory oznaczają odpowiednie wartości temperatur zgodnie z pokazaną skalą (widok fragmentu bezpiecznika wraz ze złym stanem zacisków kablowych) [23]

Pomiar temperatury cieczy będącej w spoczynku jest stosunkowo prosty. Pod warunkiem, że badana ciecz nie jest niebezpieczna, pomiaru można dokonywać każdego rodzaju termometrem, którego zakres pomiarowy obejmuje temperaturę cieczy. Należy jednak pamiętać, że w cieczy nieprzemieszczającej się, istnieje możliwość poziomego uwarstwienia powierzchni izotermicznych (czyli poziomych warstw cieczy o tej samej temperaturze). W celu pomiaru średniej wartości należy ciecz wymieszać w całej objętości zbiornika lub zmierzyć w kilku punktach i uśrednić wynik.

Pomiary takie stosuje się w celu uzyskania wiedzy na temat różnych cieczy eksploatacyjnych wykorzystywanych w przemyśle górniczym (np. temperatura oleju przekładniowego lub płynu chłodzącego silnik lokomotywy spalinowej).

Właściwości gazów (konwekcja naturalna) zapewniają wyrównanie ich temperatury w zbiornikach o małych i średnich wysokościach. W przypadku dużych wysokości zbiorników, np. hale technologiczne, mogą także wystąpić uwarstwienia izotermiczne jak w przypadku cieczy (np. dla powietrza wzrost temp. wraz z wysokością może wynosić $0,5^{\circ}\text{C}/\text{m}$).

Ważnym elementem pomiarów gazów w spoczynku (np. temperatury powietrza) w halach technologicznych, jest emisja ciepła pochodząca od pracy wszystkich urządzeń tam zainstalowanych. Aby uniknąć błędu związanego z nagrzewaniem termometru od pracującego urządzenia emitującego energię cieplną, należy czujnik termometru osłonić specjalnym ekranem, przez który przepuszcza się wymuszony przepływ mierzonego gazu omywającego czujnik termometru.

Takie pomiary przydatne są podczas monitoringu temperatury atmosfery w pomieszczeniach (komorach remontowych, itp.).

Pomiar temperatury mediów będących w ruchu powoduje pewne trudności techniczne jak i metodyczne. Po pierwsze, czujnik mierzący temperaturę, ingeruje w przepływ danego medium w rurociągu. Wiąże się to zaburzeniem tego przepływu oraz narażeniem instalacji na nieszczelność w miejscu umieszczenia czujnika. Po drugie, pomiar temperatury medium opływającego czujnik jest obciążony błędem, spowodowanym odprowadzeniem ciepła w miejscu pomiaru poprzez przewodzenie czujnika i przez promieniowanie. By zminimalizować wpływ ww. błędów na pomiar, stosuje się czujniki o małych wymiarach geometrycznych, które umieszcza się w specjalnych tulejach, które są omywane przez mierzone medium. W środku tulei zanurza się czujnik w dobrze przewodzącym materiale, np. oleju, piasku, itp.

W związku z koniecznością monitoringu parametrów technologicznych mediów używanych w podziemiach kopalń, pomiary temperatury mediów będących w ruchu są realizowane bardzo często. Przykładem jest pomiar temperatury powietrza doprowadzanego do przodka poprzez wyrobiska górnicze.

Pomiary temperatury są niezwykle istotne, nie tylko ze względu na monitoring parametrów eksploatacyjnych podziemnego parku maszynowego, ale co ważniejsze, ze względu na bezpieczeństwo panujące w warunkach podziemnych.

Przykład przeliczania temperatury:

-20°F ile to $^{\circ}\text{C}$?

$$5/9 = 0.5555... \quad (-20 - 32) = -52 * 0.5555 = -28.9^{\circ}\text{C}$$

80°F ile to $^{\circ}\text{C}$?

$$(80-32) = 48; 48 * 0.5555 = 26.7^{\circ}\text{C},$$

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. W jaki sposób następuje przekazywanie energii cieplnej?
2. Co jest jednostką temperatury główną i najczęściej używaną?
3. Jakie są rodzaje termometrów i na jakich zasadach działają?
4. Jaki rodzaj termometrów ma największy zakres pomiarowy?
5. Jak wykonuje się pomiary powierzchni ciał stałych?
6. Jak się mierzy temperaturę ciał stałych będących w ruchu?
7. Jak się mierzy temperaturę cieczy i gazów w spoczynku?
8. Jakie występują trudności w pomiarze temperatury mediów będących w ruchu?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zmierzyć temperaturę nagrzania powierzchni, np. silnika elektrycznego podczas pracy w wybranym punkcie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wytypować miejsca pomiaru temperatury,
- 2) wyczyścić (odtłuścić) powierzchnię na której planujesz zamocować czujnik,
- 3) przymocować czujnik umieszczając go w paście termoprzewodzącej i oklejając całość taśmą termoizolującą (pasta ma za zadanie jak najlepiej przekazać ciepło od powierzchni badanej do czujnika, natomiast taśma termoizolacyjna powinna jak najlepiej izolować wpływ temperatury zewnętrznej na czujnik oraz zapobiegać emisji ciepła w miejscu pomiaru),
- 4) włączyć silnik (najlepiej z obciążeniem) i zapisywać wskazania termometru w regularnych odstępach czasu,
- 5) kontynuować pomiar do momentu ustabilizowania się temperatury (np. w granicach $\pm 2^{\circ}\text{C}/15\text{min}$),
- 6) sporządzić wykres temperatury w funkcji czasu $T=f(t)$,
- 7) zapisać poprawnie wynik maksymalnej temperatury powierzchni (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- silnik elektryczny (najlepiej sprzęgnięty z odbiornikiem mechanicznym),
- czujniki temperatury (wraz z termometrem, przetwornikiem),
- pasta termoprzewodząca, taśma termoizolująca,
- środek odtłuszczający,
- szmatki do czyszczenia,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela.

Ćwiczenie 2

Zmierzyć temperaturę oleju w zbiorniku podgrzewanym z jednej strony.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) upewnić się, czy włożenie termometru przez przeznaczony do tego otwór jest bezpieczne, dokonać pomiaru temperatury oleju na kilku wysokościach zbiornika starając się znaleźć maksymalną i minimalną temperaturę oleju lub wymieszać cały olej zawarty w zbiorniku i zmierzyć temperaturę w kilku punktach dla uśrednienia wyników,
- 2) zapisać wynik pomiarów i dokonać sprawdzenia poprawności uzyskanych wyników (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zbiornik z olejem lub inną cieczą podgrzewany z jednej strony,
- termometr z końcówką pomiarową na wysięgniku umożliwiającą pomiar w zbiorniku,
- przyrządy biurowe,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) opisać sposób pomiaru temperatury różnych mediów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zdefiniować pojęcie temperatury i jej jednostki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) umiejętnie dokonać pomiaru temperatury powierzchni?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) rozróżnić rodzaje termometrów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) opisać zakres poszczególnych rodzajów termometrów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) opisać do czego służą pomiary temperatury?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.5. Pomiary masy i objętości

4.5.1. Materiał nauczania

4.5.1.1. Pomiar masy

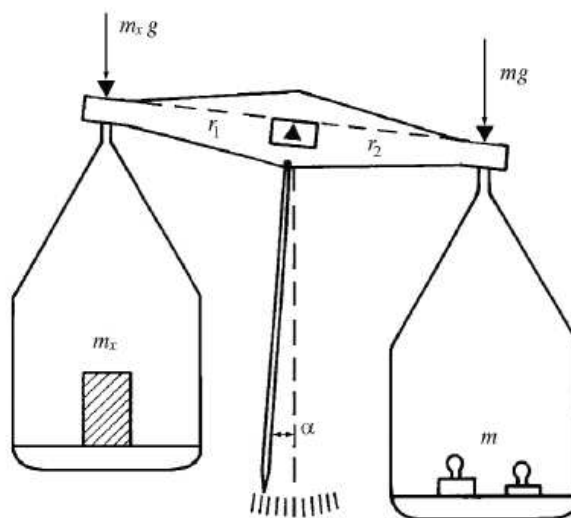
Do pomiaru masy służą wagi. A dokładniej, wagi służą do porównywania ciężarów ciał, a pośrednio ich mas. Ciężar ciała jest cechą, która może się zmieniać w zależności od wartości przyspieszenia ziemskiego.

Wagi dzielimy na:

- dźwigniowe (szalkowe) równoramienne i nierównoramienne,
- sprężynowe,
- torsyjne,
- hydrauliczne,
- pneumatyczne,
- elektroniczne,
- magnetyczne,
- kwarcowe.

Jednostką masy jest kilogram. Jest to podstawowa jednostka układu SI oznaczana jako kg.

Ważenie na wadze dźwigniowej polega na porównaniu ciężaru ciała ważonego z ciężarem odważników wzorcowych. Ponieważ siła grawitacji w obrębie wagi jest taka sama, to ciężary po obu stronach również są takie same.



Rys. 34. Sposób pomiaru za pomocą wagi szalkowej [21]

Przyrząd (rys. 34) składa się z belki, szalek, wskaźnika równowagi i urządzenia do aretowania, czyli unieruchamiania wagi (nie pokazane na rysunku). Belka i szalki wsparte są na ostrzach pryzmatów, co ogranicza do minimum wpływ tarcia i pozwala na dokładne określenie długości ramion. Waga jest rodzajem dźwigni dwuramiennej, o ramionach równych r_1 i r_2 . W stanie równowagi zachodzi równość momentów sił pochodzących od ważonej masy m_x i masy odważników m :

$$m \cdot gr_2 = m_x \cdot gr_1$$

W przypadku wagi elektronicznej ciężar $m_x g$ ważonego przedmiotu równoważony jest przez siłę elektrodynamiczną wytwarzaną przez cewkę z prądem umieszczoną w polu magnetycznym wytwarzanym przez magnes trwały (konstrukcja siłownika jest podobna do konstrukcji głośnika). Stan równowagi wagi elektronicznej uzyskiwany jest w sposób

automatyczny za pomocą układu elektronicznego, który generuje prąd o takim natężeniu, by uzyskać zerowanie wskaźnika równowagi wagi. Wartość prądu przeliczona na jednostki masy jest wyświetlana w postaci cyfrowej. Wielką zaletą wag elektronicznych jest szybkość i wygoda odczytu.

Obowiązkowej legalizacji podlegają wagi do określania masy:

- w obrocie handlowym;
- będącej podstawą obliczania opłat targowych, ceł, podatków, premii, upustów, kar, wynagrodzeń, odszkodowań lub podobnych typów opłat;
- podczas stosowania przepisów prawnych oraz przy wydawaniu opinii w postępowaniach sądowych przez biegłych i ekspertów;
- pacjenta w praktyce medycznej w celu monitorowania, diagnozowania i leczenia;
- przy sporządzaniu lekarstw wydawanych na receptę w aptekach;
- w trakcie analiz przeprowadzanych przez laboratoria medyczne i farmaceutyczne;
- przy paczkowaniu towarów.

Nie podlegają obowiązkowi legalizacji wagi używane we wszystkich innych dziedzinach niż podane powyżej, m.in. do stosowania:

- w sporcie i wynikach sportowych;
- do użytku domowego;
- pomiarach geologicznych;
- wewnętrznej kontroli towarów,
- w ramach systemów zapewnienia jakości.

Cechą charakterystyczną wag jest ich dokładność. Wagi oprócz zakresu ważenia (czyli zakresu pomiarowego) posiadają m.in. następujące parametry charakteryzujące dokładność:

- działka elementarna d – wyrażona w jednostkach miary masy określa wartość różnicy między wartościami odpowiadającymi dwóm kolejnym wskazom podziałki (przy wskazaniu analogowym) lub dwóch kolejnych wskazań (przy wskazaniu cyfrowym),
- działka legalizacyjna e – wartość wyrażona w jednostkach miary masy stosowana do badań, kontroli i klasyfikacji wagi nieautomatycznej.

Urządzenia wagowe posiadają różne zakresy pomiarowe. Najmniejszy zakres ultramikrowag wynosi do 3 g, natomiast największe wagi handlowe używane do ważenia wagonów kolejowych potrafią zważyć 100 ton.

Pomiary masy można również realizować za pomocą czujników siły, mierzących siłę przyciągania danego obiektu (masy) przez siłę grawitacji.

Ciała stałe, które nie zmieniają swojego kształtu, ważymy bezpośrednio (kładąc lub podwieszając je na wadze), natomiast materiały sypkie i ciecze waży się w naczyniach. Najpierw waży się samo naczynie (tara) a następnie naczynie wypełnione ważonym materiałem (brutto). Masa ciała (netto) = brutto – tara. Masę gazów wyznacza się pośrednio poprzez pomiar ich objętości, ciśnienia i temperatury (na podstawie 2 ostatnich wyznacza się gęstość ρ a masę gazu wyznacza się z zależności:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ gdzie: } m - \text{masa, } V - \text{objętość}$$

4.5.1.2. Pomiar objętości

Objętość jest miarą „ilości” przestrzeni. Może to być zarówno miara przestrzeni pustej, jak i przestrzeni zajmowanej przez określony obiekt.

W układzie SI jednostką objętości jest metr sześcienny, jednostka zbyt duża do wykorzystania w życiu codziennym. Z tego względu najpopularniejszą w Polsce jednostką objętości jest jeden litr ($1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$).

Jeśli ciało stałe ma względnie proste i regularne kształty, to objętość można wyliczyć korzystając ze wzorów na objętość brył geometrycznych. W przypadku nieregularnych kształtów, objętość można wyznaczyć przez zanurzenie go w cieczy – objętość cieczy wypartej jest wtedy równa objętości ciała zanurzonego. Użyta ciecz musi być obojętna w stosunku do ciała. Objętość ciała stałego można również określić metodą ważenia hydrostatycznego. Ciało waży się dwukrotnie: raz normalnie, drugi raz na specjalnej wadze (waga Westphala) zanurzone całkowicie w cieczy o znanej gęstości ρ . Objętość wyznacza się wtedy z zależności:

$$V = \frac{m - m_c}{\rho} \text{ gdzie: } m - \text{masa z pomiaru normalnego; } m_c - \text{masa z pomiaru wagą Westphala}$$

Objętość cieczy jest stosunkowo łatwa do wyznaczenia. Określa się ją za pomocą następujących metod:

- geometryczna, polega na zmierzeniu głównych wymiarów liniowych zbiornika i obliczeniu jego pojemności z odpowiedniego wzoru (stosuje się ją przy wyznaczaniu pojemności zbiorników o dużych i prostych rozmiarach),
- pojemnikowa, polega na wlewaniu cieczy o nieznannej objętości do pojemnika o znanej objętości lub do pojemnika z podziałką mianowaną w jednostkach objętości,
- wagowa, polega na ważeniu masy cieczy wypełniającej naczynie i wyznaczaniu na jej podstawie objętości:

$$V = \frac{m}{\rho} \text{ gdzie: } m - \text{masa cieczy, } \rho - \text{gęstość cieczy w temperaturze pomiaru}$$

Objętość gazu jest funkcją jego ciśnienia i temperatury. Pomiar objętości gazu sprowadza się do oznaczenia objętości zbiornika, w którym znajduje się gaz.

W związku z bardzo rzadkim zapotrzebowaniem na pomiar objętości gazu w stanie swobodnym, temat ten nie został w niniejszym opracowaniu rozwinięty.

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka jest różnica między masą a ciężarem?
2. Co to jest waga i do czego służy?
3. Jakie wyróżniamy wagi?
4. Opisz zasadę działania wagi szalkowej i elektronicznej.
5. Kiedy wagi podlegają obowiązkowej legalizacji?
6. Jaka jest różnica pomiędzy działką „d” i „e”?
7. Jak mierzymy masę materiałów sypkich?
8. Wyjaśnij pojęcia: netto, brutto i tara?
9. Co to jest objętość i jaka jest jej jednostka?
10. Jakie są rodzaje i na czym polegają metody wyznaczania objętości cieczy?
11. Jak się wyznacza objętość ciał stałych?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zaznacz, które zdania są prawdziwe, a które fałszywe:

L.p.	Zdanie	prawda	fałsz
1.	Ważenie polega na porównaniu masy i ciężaru.		
2.	Działka elementarna d oznacza błąd elementarny wagi.		
3.	Brutto + tara = netto		
4.	Jednostką objętości jest 1 m^3 .		

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokładnie przeczytać zdania,
- 2) przeanalizować ich treść decydując, czy zdanie jest prawdziwe czy fałszywe,
- 3) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- treść zadania dla każdego ucznia,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela.

Ćwiczenie 2

Zważyć obiekt o nieznannej wadze na wadze szalkowej z odpowiednią dokładnością.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) położyć na jednej szalce ważony przedmiot,
- 2) odblokować szalki wagi (jeśli waga ma taką opcję),
- 3) na drugiej szalce ustawić takie odważniki, aby wskazówka ustawiła się pośrodku skali (jeśli odważniki są traktowane jako wzorce, należy się z nimi obchodzić ostrożnie, w rękawiczkach i/lub za pomocą odpowiednich szczypiec),
- 4) zsumować wagę odważników,
- 5) podać prawidłowy wynik (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- waga szalkowa wraz z odważnikami,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela,
- instrukcja obsługi wagi.

Ćwiczenie 3

Określić dokładność pomiaru z powyższego przykładu analizując świadectwo legalizacji wagi oraz jej odważników.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeanalizować treść dokumentów legalizacyjnych wagi i jej odważników,
- 2) odczytać odpowiednie informacje o dokładności wagi lub odważników,
- 3) zaprezentować interpretację wyników i dokonać oceny poprawności wykonania ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- świadectwo wzorcowania wagi szalkowej i/lub odważników wzorcowych,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela,
- instrukcja obsługi wagi.

Ćwiczenie 4

W nieprzezroczystej cylindrycznej beczce znajduje się ciecz. Jak określić ile cieczy znajduje się w beczce?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 4) zmierzyć poziom oleju w beczce (najprościej wprowadzić przez wlew sztywny przymiar w postaci drutu czy listewki, a potem zmierzyć wysokość śladu oleju – podobnie jak sprawdzanie stanu oleju silnikowego w samochodzie),
- 5) zmierzyć wymiary beczki, które pozwolą obliczyć jej pole powierzchni przekroju poprzecznego (średnica, promień lub obwód),
- 6) wykonać obliczenia pola powierzchni przekroju poprzecznego i przemnożyć razy wysokość poziomu cieczy w beczce,
- 7) podać prawidłowy wynik w odpowiedniej jednostce (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- beczka cylindryczna,
- przymiar liniowy,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

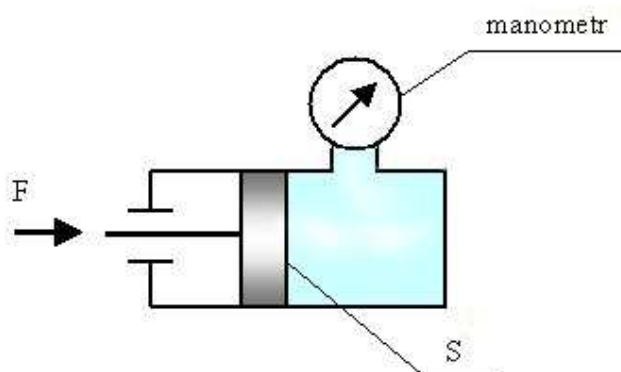
	Tak	Nie
1) zdefiniować pojęcia ważenia, dokładności wagi i jednostki objętości?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zważyć prawidłowo określony przedmiot?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić grupę wag podlegającą obowiązkowej legalizacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) opisać sposób ważenia materiałów sypkich oraz cieczy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) opisać zasadę działania wagi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) scharakteryzować metody wyznaczania objętości cieczy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.6. Pomiary ciśnienia

4.6.1. Materiał nauczania

Ciśnienie p – jest to stosunek siły powierzchniowej F do powierzchni S na którą działa.

$$p = \frac{F}{S}$$



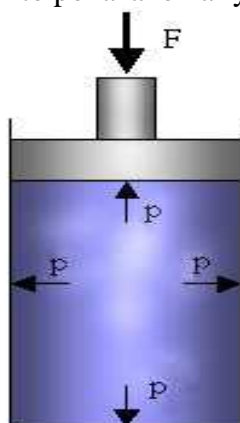
Rys. 35. Przykład definiujący ciśnienie [4, s. 10]

Jednostką podstawową ciśnienia występującą w układzie SI jest Pascal:

$$Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2}$$

Ponieważ jest to jednostka względnie mała, w praktyce często stosuje się jej zwielokrotnienia, np. $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$. Prócz Pascala, w technice stosuje się także inne jednostki ciśnienia. Najpopularniejsze z nich to: atmosfera techniczna [at], bar [bar], atmosfera fizyczna [atm], mm słupa wody [mmH₂O].

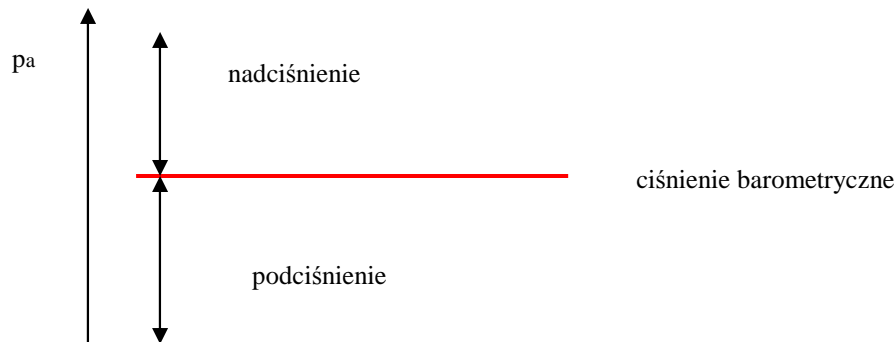
Prawo Pascala: jeżeli na ciecz działają tylko siły powierzchniowe, to ciśnienie ma taką samą wartość w każdym punkcie cieczy. Innymi słowy ciśnienie rozchodzi się równomiernie w całym obszarze cieczy (prawo to stosuje się w odniesieniu do dużych wartości ciśnień, gdy można pominąć wpływ siły ciężkości). Wykorzystuje się je np. w pracy siłowników hydraulicznych (zwanymi stojakami), jak to pokazano na rysunku 36.



Rys. 36. Interpretacja prawa Pascala [4, s. 11]

Podczas pomiaru ciśnienia powietrza bardzo ważne jest, względem jakiej wartości mierzmy ciśnienie (rys. 37). Ciśnienie absolutne „pa”, nazywane także ciśnieniem bezwzględnym, jest to ciśnienie obliczone względem próżni absolutnej. Ciśnienie odniesienia jest to ciśnienie, względem którego obliczono określone ciśnienie. Ciśnienie względne jest to

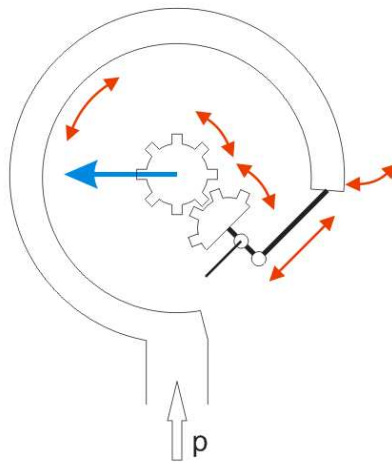
różnica pomiędzy ciśnieniem absolutnym i ciśnieniem odniesienia. Podciśnienie jest to ciśnienie względne w zakresie ciśnień mniejszych od ciśnienia odniesienia. Nadciśnienie jest to ciśnienie względne w zakresie ciśnień większych od ciśnienia odniesienia. Jako ciśnienie odniesienia często przyjmuje się ciśnienie atmosferyczne, zwane również barometrycznym.



Rys. 37. Zasada określania rodzajów ciśnień [5, s. 174]

W zależności od metody pomiaru ciśnienia urządzenia pomiarowe dzieli się na:

- hydrostatyczne (U-rurki),
- obciążnikowi – tłokowe,
- sprężynowe (Bourdona) (rys. 38),
- dzwonowe,
- kompresyjne,
- elektryczne (tensometryczne, piezoelektryczne, indukcyjne),
- z elementami sprężystymi.



Rys. 38. Schemat działania manometru sprężynowego. Manometry sprężynowe rurkowe, zwane też ciśnieniomierzami ze sprężyną rurkową składają się z wygiętej w łuk rurki, zwanej rurką Bourdona, lub wielu zwojów rurki. Jeden koniec rurki jest zamocowany do obudowy i przez niego doprowadza się do rurki ciśnienie, drugi zamknięty koniec połączony jest z układem wskazującym ciśnienie wykonanym zazwyczaj jako układ przekładni. Rurka pełni jednocześnie rolę sprężyny powrotnej. W wygiętej rurce ciśnienie wywiera większy nacisk na powierzchnię zewnętrzną łuku rurki niż na powierzchnię wewnętrzną łuku, co powoduje, że rurka prostuje się nieco pod wpływem wzrostu ciśnienia. Zmiana wygięcia powoduje zmianę położenia zamkniętego końca, które jest przekazywane na wskazówkę. [13]

W rurociągach będących elementami ciągów technologicznych na kopalni, występują tzw. straty ciśnienia. Cóż one oznaczają? Są to spadki wartości ciśnienia na danym odcinku, np. rurociągu. Jest to związane z oporami, jakie medium (np. woda, emulsja olejowa, olej,

powietrze, itp.) musi pokonać od źródła ciśnienia (np. pompa, sprężarka) do miejsca docelowego. Opory te stanowią np. tarcie medium o powierzchnię wewnętrzną rur (węży), wszelkiego rodzaju zawory, kolanka, zwężenia średnicy, różnica wysokości (pompowanie pod górkę). Przykładowo: powietrze potrzebne do zraszania powietrzno-wodnego podczas urabiania kombajnem ścianowym jest pompowane przez sprężarkę pod ciśnieniem rzędu 6bar. Wartość ciśnienia zmierzona przy kombajnie (kilkaset metrów dalej) wynosi ok. 4bar, co jest związane ze stratami przesyłu ciśnienia opisanymi powyżej.

Jednymi z najprostszych przyrządów do pomiaru ciśnienia są manometry. Ogólna zasada działania manometrów polega na samoczynnym ustaleniu się równowagi stałej między ciśnieniem mierzonym a ciśnieniem hydrostatycznym słupa cieczy manometrycznej w przyrządzie stanowiącym naczynia połączone.

W związku z istnieniem mierników ciśnienia, których zasada działania oparta jest o różne zjawiska fizyczne i różne rozwiązania techniczne, w niniejszym opracowaniu omówimy najważniejsze rzeczy dotyczące obsługi i sposobu pomiaru ciśnienia manometrami, nie zajmując się ich budową wewnętrzną. Ma to związek, tak samo jak w przypadku innych precyzyjnych przyrządów pomiarowych, z tym, że na kopalni raczej nie wykonuje się gruntownych napraw uszkodzonych manometrów czy przetworników ciśnienia (naprawia się jedynie drobne rzeczy). Większość manometrów wykorzystywanych w górnictwie, stanowią przeszklone manometry wskazówkowe zalane gliceryną (lub inną cieczą). Zadaniem takiej cieczy jest amortyzacja gwałtownych wzrostów ciśnienia lub dławienie pulsacji ciśnienia w układzie hydraulicznym, mogących uszkodzić układ mechaniczny manometru.

Najważniejszymi parametrami metrologicznymi, które posiada każdy manometr są: zakres pomiarowy, klasa dokładności, temperatura pracy manometru, rodzaj i temperatura medium mierzonego oraz rodzaj przyłącza. Ważną rzeczą jest właściwe dobranie wszystkich tych parametrów. Przekroczenie zakresu pomiarowego może spowodować, łatwe i nieodwracalne, mechaniczne uszkodzenie manometru. Należy zwrócić szczególną uwagę na dobór zakresu pomiarowego manometru do mierzonego ciśnienia. Jeżeli nie znamy wartości mierzonego ciśnienia, należy je odczytać ze źródła ciśnienia jego maksymalną wartość i tak dobrać manometr, aby jego górna granica zakresu pomiarowego była nieco większa od maksymalnej wartości ciśnienia występującego w instalacji. Klasa dokładności została opisana w rozdziale „Podstawowe pojęcia metrologiczne”. Klasę dokładności przyrządu pomiarowego należy dobrać w zależności od potrzeb i zastosowania pomiaru ciśnienia. Jeśli chcemy znać orientacyjną wartość ciśnienia (do celów informacyjnych) wystarczy manometr np. klasy 2, natomiast w przypadku, gdy wartość ciśnienia jest potrzebna do sterowania układem automatyki, lub ze względów bezpieczeństwa, wtedy stosujemy dokładniejszy manometr (czujnik), np. klasy 0,1. Kolejnym parametrem o którym należy pamiętać, jest temperatura otoczenia w jakim może pracować manometr oraz temperatura medium mierzonego. Należy przestrzegać tego warunku ze względu na bezpieczeństwo jak i dokładność pomiaru. Również z powyższych względów, ważny jest także dobór przyrządu pomiarowego do rodzaju mierzonego medium. Niektóre przyrządy są przystosowane, np. tylko do oleju i nie można nimi mierzyć emulsji olejowej. Ostatnią rzeczą jaką należy wziąć pod uwagę, to rodzaj przyłącza manometru. Jeśli jest to, np. połączenie gwintowe, to należy upewnić się, że manometr posiada ten sam rodzaj, średnicę i skok gwintu, co nasze gniazdo. Ważne jest także uszczelnienie manometru w gnieździe. Powinno zapewniać szczelność, bezpieczeństwo połączenia i nie zakłócać samego pomiaru.

Przed samym pomiarem (gdy manometr nie jest jeszcze podłączony), należy sprawdzić czy manometr wskazuje „0”. Jeśli wskazuje inną wartość należy go sprawdzić (wzorcować, kalibrować) a jeśli się okaże sprawny, uwzględnić tą różnicę w wyniku. W większości przypadków manometry wskazówkowe, które nie wskazują „0”, najprawdopodobniej są

uszkodzone (nie jest to sztywna reguła – dotyczy ona manometrów używanych w rutynowych pomiarach).

Duża część manometrów wskazówkowych jest wyposażona w tzw. podwójne podziałki (rys. 39). Na jednej tarczy odczytowej naniesione są dwie (lub więcej) podziałki, wyskalowane w różnych jednostkach. Pozwala to na odczyt ciśnienia jednocześnie w różnych jednostkach.



Rys. 39. Widok manometru klasy 1.6, wypełnionego gliceryną, z podwójną podziałką, wyskalowaną w różnych jednostkach bar i psi (Pound per square inch – psi jest to jednostka pochodna ciśnienia w brytyjskim systemie miar) [30]

Ważnym czynnikiem podczas eksploatacji manometrów, jest bezpieczeństwo – związane nie tylko z czynnikami zewnętrznymi mogącymi uszkodzić manometr, ale także zabezpieczenie pracowników (obsługi pracującej w pobliżu manometru będącego pod ciśnieniem) przed ewentualnym rażeniem odłamkami uszkodzonego przyrządu.

Liczne zalety i bezpieczeństwo przeciwwybuchowe zastosowanych na kopalniach urządzeń hydrauliki powoduje, że instalacje hydrauliczne mają bardzo liczne i szerokie zastosowanie. Zwiększa to znacznie potrzebę kontroli i pomiarów ciśnienia w różnych miejscach. Pomimo, iż manometry są prostymi przyrządami kontrolnymi, nie zwalnia to obsługującego ich personelu, z zachowania ostrożności i bezpieczeństwa podczas pracy przy urządzeniach i instalacjach ciśnieniowych (np. nie należy demontować manometrów gdy pracują pod ciśnieniem).

Tabela 4. Tabela przeliczeniowa jednostek ciśnienia [16]

	Pa	hPa (mbar)	kPa	bar	MPa	at (kg/cm^2)	mm Hg (Torr)	mm WS	psi
Pa	1	0,01	0,001	0,00001	0,000001	0,0000102	0,0075	0,10197	0,000145
hPa	100	1	0,1	0,001	0,0001	0,00102	0,75006	10,1972	0,014504
kPa	1000	10	1	0,01	0,001	0,010197	7,50064	101,972	0,145038
bar	100000	1000	100	1	0,1	1,0197	750,0638	10197,204	14,504
MPa	1000000	10000	1000	10	1	10,19716	7500,638	101972,04	145,0377
at	98066,5	980,665	98,0665	0,980665	0,0980665	1	735,561	10000,04	14,22
mm Hg	133,322	1,33322	0,133322	0,001333	0,000133	0,0013595	1	13,5951	0,019337
mm WS	9,80661	0,098066	0,009807	0,000098	0,0000098	0,0001	0,073556	1	0,001422
psi	6894,757	68,94757	6,894757	0,068948	0,006895	0,07031	51,715	703,1	1

4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest ciśnienie i jaka jest jego jednostka?
2. Jakie są inne jednostki ciśnienia?
3. Co to jest prawo Pascala?
4. Jakie są różnice pomiędzy podciśnieniem a nadciśnieniem?
5. Jakie są rodzaje przyrządów do pomiaru ciśnienia?
6. Co to są straty ciśnienia?
7. Co to jest manometr i czy jest on czujnikiem?
8. Po co stosuje się ciecz w manometrach?
9. Jakie są i co znaczą najważniejsze parametry manometrów?
10. Dlaczego stosuje się podwójne podziałki pomiarowe?
11. Jakie zagrożenia niesie ze sobą eksploatacja manometrów?
12. Gdzie wykorzystuje się prawo Pascala?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Jaką siłę przesuwającą uzyskamy zasilając siłownik hydrauliczny o średnicy tłoka 90 mm olejem hydraulicznym o ciśnieniu 232 bar.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) obliczyć powierzchnię tłoka,
- 2) wyliczyć siłę na podstawie znanej zależności uwzględniając jednostki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tablice przeliczeniowe jednostek,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela,
- kalkulator (jeśli jest niezbędny).

Ćwiczenie 2

Jakie ciśnienie uzyskamy na końcu magistrali zasilającej odbiornik ciśnienia emulsji wodno-olejowej o długości 567 m, gdzie spadek ciśnienia na 15 m wynosi 0,031 MPa. Ciśnienie podawane z pompy wynosi 160 bar (16,2 MPa).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) obliczyć spadek ciśnienia na całej długości rurociągu,
- 2) uwzględnić jednostki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tablice przeliczeniowe jednostek,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela.
- kalkulator (jeśli jest niezbędny).

Ćwiczenie 3

Dobrać odpowiedni manometr do pomiaru ciśnienia panującego w rurociągu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dowiedzieć się, jakie może panować ciśnienie w rurociągu (jeśli taka informacja jest niedostępna, podłączyć manometr – aby go nie uszkodzić zapiąć manometr o największym zakresie pomiarowym),
- 2) dokonać pomiaru (jeśli wskazania manometru znajdują się w dolnej części zakresu pomiarowego lub manometr w ogóle nie zareagował, wtedy zmienić manometr na inny zakresie mniejszym zakresie pomiarowy (pomiar jest najdokładniejszy, gdy manometr pracuje (wskazuje) w okolicach $\frac{3}{4}$ zakresu pomiarowego),
- 3) dokonać prawidłowo pomiaru i zapisać zgodnie z zasadami (najlepiej sporządzić sprawozdanie z pomiarów).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- króciec źródła ciśnienia zabezpieczony zaworem odcinającym (np. sieć wodociągowa, pompa hydrauliczna, kompresor pneumatyczny, itp.),
- manometry (kilka sztuk o różnych zakresach pomiarowych – przeznaczone do pracy z używanym medium),
- niezbędne narzędzia do mechanicznego podłączenia manometru,
- uszczelnienia (jeśli są konieczne).

4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zdefiniować pojęcie ciśnienia, jego jednostki i podstawowych praw rządzących ciśnieniem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zdefiniować podstawowe parametry manometrów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dokonać prawidłowo pomiaru ciśnienia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) dobrać odpowiednio manometr (i jego parametry) do pomiaru?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) opisać zjawisko strat ciśnienia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić parametr „klasa dokładności” i jego znaczenie w pomiarach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) odczytywać pomiar z tarczy o podwójnej podziałce?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) określić zagrożenia występujące podczas pracy z manometrami?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.7. Dobór i konserwacja przyrządów kontrolno-pomiarowych

4.7.1. Materiał nauczania

4.7.1.1. Dobór przyrządów

O wyborze przyrządów pomiarowych decydują kryteria techniczno-metrologiczne, które są powiązane z cechami samych przyrządów jak i wyrobów. Należy również pamiętać, że dobór przyrządów pomiarowych, to nie tylko umiejętność odpowiedniego wyboru danego przyrządu do zaplanowanego pomiaru danej wielkości lub przedmiotu, ale także umiejętność sporządzenia specyfikacji technicznej przyrządu pomiarowego zaplanowanego do zakupu. Jest to istotne, gdyż sam dobór przyrządu, który już posiadamy (np. w warsztacie, w laboratorium, itp.) do rodzaju pomiaru, nie stanowi dla doświadczonego pomiarowca problemu, natomiast sporządzenie specyfikacji technicznej przyrządu pomiarowego, który chcemy zakupić tak, aby ten przyrząd spełniał nasze oczekiwania, jest nieco trudniejszy. Każdy pracownik odpowiedzialny za powierzony mu przyrząd, jest zobowiązany do dbania o jego sprawność i prawidłową obsługę, a po jego „zużyciu” musi zgłosić zapotrzebowanie na nowy. Poniżej przedstawiono kilka kryteriów doboru wyposażenia pomiarowego, rozszerzonych o propozycje, na które należy zwrócić uwagę podczas wyboru sprzętu pomiarowego do zakupu jak i do planowanych pomiarów. Po dokonaniu zakupu (gdy sprzęt jest już w posiadaniu użytkownika) wystarczy zwrócić uwagę tylko na te parametry, które będą przydatne podczas planowanego pomiaru (np. zakres pomiarowy). Nie ma wówczas potrzeby analizowania parametrów, których już się nie da zmienić (np. po zakupie nie możemy zmienić błędu granicznego mikrometru lub nie „przerobimy” suwmiarki analogowej na elektroniczną). Poniższa wersja jest rozszerzona o propozycje racjonalnych, aczkolwiek szczegółowych, kryteriów zakupowych, jak i pomiarowych:

- charakter mierzonego wymiaru (np. wewnętrzny, zewnętrzny, pośredni, itp.). Należy odpowiedzieć na pytanie jakie wymiary najczęściej są mierzone, a co za tym idzie jak przyrząd ma być funkcjonalnie dostosowany do planowanych pomiarów (np. jaki kształt powinny mieć szczęki suwmiarki), gabarytowo (jak duży przyrząd pomiarowy możemy wykorzystać lub czy wymagany jest przyrząd specjalnego wykonania w wersji zminimalizowanej),
- sposób zamocowania mierzonego przedmiotu. Oprócz tego ważne jest także określenie rodzaju przyrządu pomiarowego ze względu na mobilność (przenośny, stacjonarny), sposób przygotowania mierzonego przedmiotu (czy próbka wymaga specjalnego przygotowania do procesu mierzenia),
- sposób odbierania informacji o mierzonym wymiarze. W tym miejscu należy ustalić czy przyrząd może być analogowy czy cyfrowy, jaki powinien mieć sposób działania (jakie zjawisko fizyczne jest wykorzystane podczas pomiaru), szybkość pomiaru (czas oczekiwania na wartość wyniku), dostępu do mierzonego obiektu (pośredni czy bezpośredni, stykowy lub bezstykowy), montaż (ingerencja przyrządu w proces technologiczny, jego zatrzymanie, itp.), formę podania wyniku pomiaru (wyświetlanie, wydruk, archiwizacja, informacja którą należy dopiero przeliczyć lub czy jest podana w wymaganej jednostce), obsługę pomiarów (automatyczna, manualna),
- możliwość połączenia z analizatorem (np. komputerem, rejestratorem, itp.). Umożliwia to analizę danych pomiarowych, graficzne zobrazowanie wyników pomiaru i rejestrację w funkcji czasu (lub innej zmiennej). Funkcja przydatna także w przypadku gdy planujemy statystyczną analizę wyników lub dane pomiarowe wykorzystywane będą do

- kolejnych etapów/procesów (np. w systemach sterowniczych, produkcyjnych, automatyki, bezpieczeństwa, itp.),
- wartość mierzonego wymiaru. Bardzo ważną informacją przy doborze przyrządów pomiarowych jest ich dokładność (nie mylić z rozdzielczością! np. $\pm 0,1$ mm). Należy także określić skalę wymiarów jakie będą mierzone (np. 50–200 mm), zakresy pomiarowe przyrządów pomiarowych (np. 0–300 mm), charakter pomiaru (względny lub bezwzględny),
 - optymalna niepewność pomiaru. W zależności od potrzeb ważna może być niepewność rozszerzona a w innym przypadku wystarczy tylko błąd graniczny,
 - wymagania dodatkowe. Ważne aby uzyskać na temat, planowanych do zakupu, przyrządów pomiarowych informacje o ich sposobie działania (stały lub cykliczny, wymagający dodatkowych mediów jak np. woda, sprężone powietrze, dodatkowe zasilanie, itp), ograniczeniach ze względu na warunki użytkowania (np. temperatura otoczenia, wilgotność względna powietrza, atmosfera zagrożona wybuchem, pole elektromagnetyczne, itp.), kompatybilności (współpracy z innymi przyrządami pomiarowymi lub systemami pomiarowymi), zasilania (bateryjne, sieciowe),
 - uniwersalność (wymienność) – (możliwość wykorzystania przyrządu pomiarowego na różnych stanowiskach pomiarowych, np. poprzez duży zakres pomiarowy, lub do różnych celów, np. pomiar średnic i głębokości suwmiarką),
 - wyposażenie dodatkowe wymagane do prawidłowego działania przyrządu pomiarowego. Takim wyposażeniem mogą być np. wzorce, materiały odniesienia, analizatory, dedykowane oprogramowanie, specjalne zasilacze, dedykowane akumulatory, karty pamięci, statywy, itp.,
 - usługi (zakupy) dodatkowe związane z danym przyrządem pomiarowym (np. wzorcowanie, sprawdzenie, legalizacja, serwis, przegląd, materiały eksploatacyjne (np. żarówki, tusze, papier, przyłącza, wtyczki, itp.),

W przypadku określania specyfikacji przyrządów pomiarowych, które zamierzamy nabyć, należy określić także ich niepewność. W tym celu należy przeanalizować niektóre źródła niepewności:

- niepełna definicja wielkości mierzonej,
- niedoskonała realizacja definicji wielkości mierzonej,
- niepełna znajomość wpływu otoczenia lub niedoskonały pomiar warunków otoczenia,
- błędy w odczycie wskazań przyrządów,
- klasa dokładności przyrządów pomiarowych (w tym histereza),
- niedokładne wartości danych otrzymywanych ze źródeł zewnętrznych: wartości przypisane wzorcom i materiałom odniesienia, stałe przyjmowane do obliczeń,
- niedoskonałość metody pomiarowej.

Powyższe kryteria doboru przedstawiono z zamiarem zwrócenia uwagi na kilka cech przyrządów pomiarowych podczas przygotowywania specyfikacji technicznej do zakupów. W przypadku doboru przyrządów pomiarowych, przed czynnością zmierzenia danej wielkości fizycznej bierze się nieco węższy zakres powyższych kryteriów doboru. Nie analizuje się ponownie wielu czynników, które należało określić tylko na początku, podczas procesu decyzyjnego na etapie zakupów sprzętu pomiarowego.

Dobór przyrządów pomiarowych do rutynowego mierzenia powinien opierać się przede wszystkim na dobrej praktyce pomiarowej (czyli zgodnie ze sztuką metrologiczną) oraz na zdrowym rozsądku. Należy pamiętać, że podstawową przyczyną rozbieżności wyników pomiarów jest niedoskonałość przyrządu pomiarowego (niedokładność metrologiczna, zły

zakres pomiarowy, itp.), błąd człowieka podczas wykonywania pomiarów (złe ułożenie przyrządu, nieprawidłowe odczytanie wyniku, itp.), brak wzorcowania (kalibracji) przyrządów pomiarowych.

Warto tutaj zaznaczyć jeszcze jeden, niezwykle ważny aspekt, doboru przyrządów kontrolno-pomiarowych potrzebnych do prac kontrolno-pomiarowych wykonywanych w podziemiach kopalń. Zagrożenia występujące w wyrobiskach górniczych (np. występowanie metanu lub pyłu węglowego) wymuszają na użytkownikach (kopalniach), a zarazem producentach, specjalną budowę (konstrukcję) przyrządów kontrolno-pomiarowych, która zapewni bezpieczną pracę w warunkach dołowych. Taki przyrząd, dostosowany do pracy np. w strefie zagrożonej wybuchem metanu, powinien być odpowiednio skonstruowany, przebadany, oznakowany (np. powinien mieć nadany znak „Ex”) oraz powinien posiadać odpowiednie certyfikaty (dokumenty świadczące o przebytych badaniach dopuszczających go do pracy w strefie zagrożonej wybuchem). Sprawa specjalnego wykonania aparatury kontrolno-pomiarowej jest bardzo ważna ze względu na bezpieczeństwo ludzi pracujących w podziemiach kopalń oraz na szczególnie ostre przepisy obowiązujące np. na kopalniach.

4.7.1.2. Konserwacja przyrządów

Podstawową zasadą obowiązującą przy konserwacji przyrządów kontrolno-pomiarowych jest stosowanie się do zaleceń instrukcji obsługi danego sprzętu. W instrukcjach tych, producenci podają dokładne wytyczne prawidłowej obsługi i konserwacji aparatury pomiarowej. Pomimo, iż producenci ostrzegają przed takimi zachowaniami, to bezwzględnie nie wolno stosować przyrządów pomiarowych do celów inne, niż do których są przeznaczone. Autentyczny zapis w instrukcji obsługi elektronicznych kluczy dynamometrycznych mówi, że nie należy ich używać do przybijania czegokolwiek, ponieważ mogą ulec uszkodzeniu! Podobnie suwmiarkami nie należy odkręcać śrub, termometrami nie należy mieszać oleju w przekładni a manometrami zaślepiać instalacji wysokociśnieniowej. Powyżej przytoczone przykłady, świadczą o zaistniałych przypadkach niewłaściwego zastosowania przyrządów pomiarowych.

Kolejną bardzo ważną zasadą, nie tylko w eksploatacji przyrządów pomiarowych ale i w metrologii, jest zachowanie spójności pomiarowej. W związku z tym, każde wzorcowanie czy legalizacja, stanowi pewnego rodzaju dowód poprawnego działania przyrządu. Sprawdzenia metrologiczne należy wykonywać przynajmniej tak często, jak wymagają tego przepisy państwowe, procedury w zakładzie pracy lub zalecenia producenta. Podobnie sprawa dotyczy wzorców będących na wyposażeniu zakładu pracy. Wzorce muszą być pod szczególną opieką i nie powinny brać udziału w rutynowych i eksploatacyjnych pomiarach.

W celu przedłużenia żywotności przyrządów pomiarowych, należy je codziennie odpowiednio konserwować. W tym celu pracownik powinien oczyścić przyrząd ze wszystkich zanieczyszczeń stałych (pyły, smary, itp.), ciekłych (oleje, emulsje olejowe, itp.) i dokonać oględzin, czy nie ma uszkodzeń mechanicznych. Np. w przypadku suwmiarek i mikrometrów, należy zwrócić uwagę (pod światło), czy nie ma szczeliny pomiędzy szczękami lub czy noniusz jest nieuszkodzony. Manometry, wagi i inne analogowe przyrządy wskazówkowe powinny w stanie nieobciążonym wskazywać zero (chyba że zasada działania lub rodzaj wielkości mierzonej stanowi inaczej). Wszystkie przyrządy posiadające przewody, powinny mieć poprawnie zamocowane przyłącza (wtyczki i gniazda). Niedopuszczalne są gołe druty wystające z przewodów ani prowizoryczne podłączenia przewodów zasilających bądź pomiarowych!

Dobrym zwyczajem podczas eksploatacji przyrządów kontrolno–pomiarowych jest używanie różnego rodzaju pokrowców, walizek czy etui dla nich przeznaczonych. Wszystkie te środki ochrony powinny być stosowane, nie tylko w miejscu przechowywania aparatury pomiarowej, ale i podczas jej transportu do miejsca pomiaru. Jeśli w zakładzie pracy istnieje tzw. narzędziownia, to ważne jest, aby pracujący tam personel, był przeszkolony w pracach konserwacyjnych i wzorcowniach wyposażenia pomiarowego oraz odpowiedniego ewidencjonowania jego stanu ilościowego, jak i jakościowego. Monitoring stanu jakościowego (ewidencjonowanie uszkodzeń, kart wzorcowania czy innych dokumentów świadczących o sposobie działania) pozwala także na odpowiednią (racjonalną) gospodarkę przyrządami kontrolno–pomiarowymi.

Podczas ciągłego użytkowania przyrządów kontrolno–pomiarowych, które są zainstalowane „na stałe” w ciągach technologicznych, należy zadbać o to, aby były one osłonięte, np. przed spadającymi kawałkami skał oraz zabezpieczone przed innymi uszkodzeniami (mechanicznymi, termicznymi, itp.) mogącymi wystąpić w miejscu zainstalowania.

Należy pamiętać, aby używanie przyrządów pomiarowych, jak i sposób ich konserwacji, zawsze były zgodne z przepisami BHP i ppoż.!

4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są kryteria doboru przyrządów pomiarowych?
2. Jakie są źródła niepewności pomiaru?
3. Jakie cechy powinien mieć przyrząd kontrolno–pomiarowy przeznaczony do pracy w strefie zagrożonej wybuchem?
4. Jakie informacje są zawarte w instrukcji obsługi?
5. Do czego należy używać przyrządy pomiarowe?
6. Kiedy należy sprawdzać przyrządy pomiarowe?
7. Na czym polega codzienna konserwacja?
8. Jakie są najczęściej występujące zagrożenia dla aparatury pomiarowej pracującej w podziemiach kopalń?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobrać odpowiedni przyrząd pomiarowy wg następujących potrzeb: mierzonym elementem będą najczęściej wymiary zewnętrzne części maszyn i urządzeń, dokładność pomiaru nie gorsza niż 0,1 mm, przyrząd odporny na zakłócenia elektryczne, zakres pomiarowy nie większy niż 300 mm, przyrząd przenośny, ręczny, sposób pomiaru mechaniczny, temperatura pracy $-10\div 40^{\circ}\text{C}$, odporność na zarysowania mechaniczne, nie wymagający dodatkowego zasilania, posiadający świadectwo wzorcowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) przeanalizować karty katalogowe przyrządów lub istniejące wyposażenie pomiarowe,
- 2) wybrać rodzaj przyrządu,
- 3) dobrać parametry wybranych modeli z wymaganiami.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe nowych przyrządów pomiarowych,
- dokumentacja istniejącej aparatury pomiarowej,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela.

Ćwiczenie 2

W rurociągu o ciśnieniu nominalnym pompy 30 bar został uszkodzony przyrząd do mierzenia ciśnienia o błędzie dopuszczalnym 0,5 bar. Dobierz wymagania dla nowego przyrządu aby móc zastąpić uszkodzony.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) przeanalizować karty katalogowe przyrządów,
- 2) wybrać rodzaj przyrządu,
- 3) dobrać parametry wybranych modeli z wymaganiami.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe i instrukcje obsługi przyrządów,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela,
- dokumentacja istniejącej aparatury pomiarowej.

Ćwiczenie 3

Sprawdzić przydatność i wyczyścić przyrządy pomiarowe wskazane przez nauczyciela.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) sprawdzić czy są uszkodzenia dyskwalifikujące z dalszej eksploatacji,
- 2) wyczyścić przyrząd zgodnie z zapisami dotyczącymi jego konserwacji zawartymi w instrukcji obsługi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe nowych przyrządów pomiarowych,
- dokumentacja istniejącej aparatury pomiarowej,
- szmatki i odczynniki do czyszczenia,
- treść niniejszego rozdziału i literatura wskazana przez nauczyciela.

4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zdefiniować kryteria doboru przyrządów kontrolno-pomiarowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) dobrać przyrząd pomiarowy na podstawie określonych kryteriów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić zasady konserwacji przyrządów kontrolno-pomiarowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) interpretować zapisy w instrukcji obsługi (dokumentacji technicznej)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dokonać podstawowej konserwacji przyrządu pomiarowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

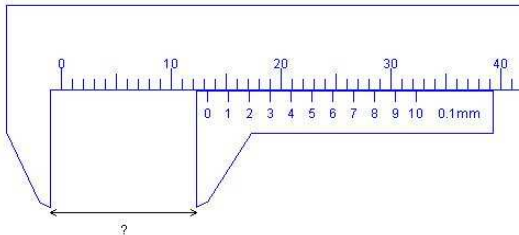
5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi.
5. Do zadań dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
6. Udzielaj odpowiedzi na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
7. Niektóre zadania wymagają stosunkowo prostych obliczeń lub wpisania krótkich odpowiedzi.
8. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
9. Jeśli udzielenie odpowiedzi na niektóre pytania będzie Ci sprawiało trudność, odłóż ich rozwiązanie na później i wróć do nich, gdy zostanie Ci czas wolny.
10. Na rozwiązanie testu masz 60 min.

Powodzenia!

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

- Metrologia to nauka o
 - warunkach atmosferycznych.
 - rodzajach skał i mineralnych surowcach kopalnych.
 - pomiarach teoretycznych i praktycznych.
 - zjawiskach chemicznych.
 - Prawidłowo zapisany wynik pomiaru to
 - $135,06 \pm 7,002$.
 - $152,138 \pm 8,170$.
 - $67,098 \pm 4,01$.
 - $92,2 \pm 2$.
 - Dokładność przyrządu pomiarowego
 - stanowi maksymalne odchylenie parametru rzeczywistego.
 - określa, jak dobrze został określony rezultat pomiaru, bez odnoszenia się do wartości prawdziwej.
 - to wartość wielkości mierzonej odpowiadająca działce elementarnej.
 - to zdolność przyrządu pomiarowego do dawania wskazań bliskich wartości prawdziwej (rzeczywistej) wielkości mierzonej.
 - Klasa dokładności przyrządu służy do
 - określenia, które błędy przyrządu są największe.
 - określenia wymagań metrologicznych dotyczących utrzymania błędów w odpowiednich granicach.
 - określenia powolnej zmiany charakterystyki metrologicznej przyrządu pomiarowego w czasie.
 - zdefiniowania, zrealizowania, zachowania lub odtworzenia jednostki miary.
 - Jaką wartość wskazuje noniusz pokazany na rysunku
 - 12,3 mm.
 - 19,0 mm.
 - 13,3 mm.
 - 19,3 mm.
- 
- The diagram shows a vernier caliper. The main scale is graduated in millimeters, with major markings every 10 mm (0, 10, 20, 30, 40) and minor markings every 1 mm. The vernier scale is graduated in 0.1 mm increments, with major markings every 10 divisions (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) and minor markings every 1 division. The zero of the vernier scale is aligned with the 19 mm mark on the main scale. The 3rd mark on the vernier scale is aligned with the 33rd mark on the main scale. A question mark is placed below the main scale between the 19 mm and 20 mm marks.

8. Wadą suwmiarek jest
- niespełnienie postulatów Gaussa, duża sztywność, opory na prowadnicach.
 - nierównomierność skali noniusza, giętkość uchwytu, niespełnienie postulatów Feynmana.
 - brak możliwości kalibracji, brak dokładności na poziomie $1 \cdot 10^6 \mu\text{m}$.
 - luzy na prowadnicach, mała sztywność, niespełnienie postulatów Abbego.
9. Działanie mikrometru oparte jest na zasadzie
- gwintowania nakrętki w sztywnym korpusie.
 - pomiaru siły w przesuwającej się śrubie mikrometrycznej.
 - różnicy między wskazaniem liniowym noniusza a jego obrotowym współczynnikiem przesunięcia.
 - proporcjonalności przesunięcia liniowego śruby, obracającej się w nieruchomej nakrętce, do kąta obrotu.
10. Częstym błędem grubym przy pomiarze mikrometrem jest
- źle zliczona ilość nagwintowanych zwojów.
 - niewwzględnienie połówki milimetra na skali noniusza.
 - niewwzględnienie siły sprężystości na śrubie mikrometrycznej.
 - nieprawidłowo uwzględniony współczynnik kątowy sprzęgła mikrometra.
11. Który ze wzorów umożliwia prawidłowy pomiar kąta rozwartego (a – wartość odczytana kąta)
- $\beta = 360^\circ - a$.
 - $\beta = 180^\circ + a$.
 - $\beta = 180^\circ - a$.
 - $\beta = 90^\circ - a$.
12. Tolerancja wymiaru jest to różnica pomiędzy wymiarami
- granicznymi górnym i dolnym.
 - nominalnymi na rysunku i w rzeczywistości.
 - nominalnym i największym.
 - nominalnym i najmniejszym.
13. Klasę tolerancji wałków oznacza się
- tylko małą literą.
 - tylko dużą literą.
 - małą literą i cyfrą.
 - dużą literą i cyfrą.
14. Pasowanie jest to
- skojarzenie pary elementów o tym samym wymiarze nominalnym.
 - skrócenie długości sworznia w otworze (aby nie wystawał).
 - nagrzanie elementu metalowego aby zwiększył swoją średnicę.
 - naniesienie wymiarów na materiał za pomocą przyrządów traserskich.

15. Która litera lub cyfra oznacza klasę dokładności otworu w zapisie pasowania 40H7/d8
- 40.
 - H.
 - 7.
 - d.
16. Celem wymiany ciepła między obiektem a czujnikiem, umożliwiającym prawidłowy pomiar temperatury jest
- oddanie części ciepła przez obiekt.
 - przejęcie części ciepła przez czujnik.
 - obniżenie temperatury obiektu.
 - wyrównanie temperatury między nimi.
17. Do prawidłowego pomiaru temperatury powierzchni stosuje się
- pastę termoprzewodzącą.
 - pastę termoizolującą.
 - taśmę elektroizolacyjną.
 - taśmę termoprzewodzącą.
18. Wagi służą do porównania
- ciężarów ciał.
 - mas ciał.
 - ciężaru przedmiotu i masy odważnika.
 - ciężaru odważnika i masy przedmiotu.
19. Prawdziwe jest równanie, że tara równa się
- netto – brutto.
 - brutto + netto.
 - brutto – netto.
 - netto + netto.
20. Metoda geometryczna pomiaru objętości cieczy polega na
- ważeniu masy cieczy wypełniającej naczynie i wyznaczeniu na jej podstawie objętości.
 - wyznaczeniu geometrii strumienia wylewającej się cieczy ze zbiornika wzorcowego.
 - wlewaniu cieczy o nieznannej objętości do pojemnika o znanej objętości lub do pojemnika z podziałką mianowaną w jednostkach objętości.
 - zmierzeniu głównych wymiarów liniowych zbiornika i obliczeniu jego pojemności z odpowiedniego wzoru.
21. Ciśnienie jest to stosunek
- napięcia powierzchniowego do powierzchni na którą działa.
 - siły powierzchniowej do powierzchni na którą działa.
 - powierzchni do siły która na nią działa.
 - powierzchni do napięcia powierzchniowego cieczy.

22. Prawo Pascala mówi o tym, że ciśnienie
- działa przeciwnie do kierunku strugi cieczy lecącej z węża.
 - rozchodzi się równomiernie w całym obszarze cieczy.
 - rozchodzi się równomiernie tylko w objętości pompy jako źródła ciśnienia.
 - działa zgodnie z kierunkiem ruchu cieczy lecącej z węża.
23. Strata ciśnienia oznacza spadek
- wartości objętości cieczy na danym odcinku.
 - wartości prędkości chwilowej przepływu cieczy .
 - wartości ciśnienia na danym odcinku.
 - oporów rurociągu transportującego medium.
24. Jaka jest średnica tłoka siłownika zasilanego ciśnieniem 23 MPa, który przesuwa przenośnik zgrzebłowy z siłą 20 kN
- ~33 mm.
 - ~86 mm.
 - ~60 mm.
 - ~25 mm.
25. Przy doborze przyrządów kontrolno-pomiarowych należy uwzględnić ich dokładność
- nigdy.
 - zawsze.
 - tylko gdy są analogowe.
 - tylko gdy są ręczne.
26. Elektryczne przyrządy przystosowane do pracy w podziemnych wyrobiskach górniczych, w których może wystąpić niebezpieczne stężenie metanu, powinny posiadać
- podwójne oznaczenie parametrów znamionowych.
 - napis: „urządzenie bezpieczne”.
 - własne zasilanie.
 - oznaczenie Ex.
27. Nadrzędnym dokumentem określającym sposób posługiwania się i konserwacji przyrządu jest
- świadczenie wzorcowania wydane przez Główny Urząd Miar.
 - świadczenie legalizacji wydane przez Okręgowy Urząd Miar.
 - procedura opisująca sposób magazynowania przyrządów w narzędziowni.
 - instrukcja obsługi użytkownika.
28. Jaki ma zakres manometr pomiarowy o klasie dokładności 0,1 i błędzie granicznym dopuszczalnym 0,5 bar
- 500 bar.
 - 0,2 bar.
 - 50 bar.
 - 20 bar.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Wykonywanie pomiarów warsztatowych

Zakreśl poprawną odpowiedź, wpisz brakujące części zdania lub wykonaj rysunek.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1.	a	b	c	d	
2.	a	b	c	d	
3.	a	b	c	d	
4.	a	b	c	d	
5.	a	b	c	d	
6.	a	b	c	d	
7.	a	b	c	d	
8.	a	b	c	d	
9.	a	b	c	d	
10.	a	b	c	d	
11.	a	b	c	d	
12.	a	b	c	d	
13.	a	b	c	d	
14.	a	b	c	d	
15.	a	b	c	d	
16.	a	b	c	d	
17.	a	b	c	d	
18.	a	b	c	d	
19.	a	b	c	d	
20.	a	b	c	d	
21.	a	b	c	d	
22.	a	b	c	d	
23.	a	b	c	d	
24.	a	b	c	d	
25.	a	b	c	d	
26.	a	b	c	d	
27.	a	b	c	d	
28.	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Buksiński T., Szpecht A.: Rysunek Techniczny. WSiP Warszawa 1994
2. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A.: Metrologia elektryczna. WNT, Warszawa 2003
3. Dietrych J., Kocańda S., Korewa W.: Podstawy konstrukcji maszyn. WNT Warszawa 1964
4. Figurski J., Kornowicz-Sot A.: Montowanie i sprawdzanie układów automatyki. 019 Wybrane fragmenty. Poradnik dla ucznia. Instytut Technologii Eksploatacji. Radom 2007
5. Fodemski R.: Pomiary cieplne. Część I. Podstawowe pomiary cieplne. WNT Warszawa 2001
6. Jakubiec W., Malinowski J.: Metrologia wielkości geometrycznych. WNT, Warszawa 2004
7. Praca zbiorowa: Mały poradnik Mechanika. WNT, Warszawa 1988
8. Skubis T.: Opracowanie wyników pomiarów. Przykłady. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2003
9. Zakrzewski J.: Czujniki i przetworniki pomiarowe. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej 2004
10. <http://fizyka.polsl.pl/download/suwmiarka.html>
11. http://home.agh.edu.pl/~kca/an_zaozncV_valid.ppt
12. <http://home.agh.edu.pl/~kmtmipa/dydaktyka/automatyka/1/tolerancjeipasowania.pdf>
13. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Manometr>
14. <http://portalwiedzy.onet.pl/encyklopedia.html>
15. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f6/Vernier_caliper.svg/800px-Vernier_caliper.svg.png
16. http://wlodzimierz.webpark.pl/jedn_cis.html
17. http://wlodzimierz.webpark.pl/jedn_tem.html
18. http://www.bhkarcz.pl/pdf/rpp266_299.pdf
19. <http://www.cn-nitto.com/fuji.xls>
20. http://www.cyfronika.com.pl/semi/cz_wilg.htm
21. <http://www.ftj.agh.edu.pl/zdf/przyrzady.pdf>
22. <http://www.imiue.polsl.pl/~wwwzmiape/laboratoria/M/M03-11.pdf>
23. <http://www.irpomiar.pl/index.php?id=branza&itemid=2>
24. <http://www.goose.friko.pl/praca/luzywciskipasowananychczesci.htm>
25. http://www.ktmia.pb.bielsko.pl/pl/zorm/metro/student/labmetro/mechs2/2mech_1.pdf
26. <http://www.ktmia.p.o.opole.pl/materialy%20dyd/Cwiczenie3.pdf>
27. http://www.narzedzia-profesjonalne.pl/przymiar_kreskowy_polsztywny_mlpd-137.html
28. http://www.narzedziowy.pl/product_info.php?cPath=133_541_548&products_id=3129¤cy=PLN
29. http://www.netblok.pl/~bartek/Wyk%B3ady/wyklad_6/WYKLAD_6.PPT
30. <http://www.pneumatig.eu/manometry>
31. <http://www.pracownia.friko.pl/1/index.html>
32. <http://www.samochodowka.koszalin.pl/warsztaty/inne/>
33. <http://www.termoaparatura.com.pl/index.php?go=1328>
34. <http://www.vis.com.pl/>
35. http://www.zslit.tuchola.pl/zasoby/prz_pom.htm
36. www.gum.gov.pl
37. www.mechanizator.pl
38. www.wikipedia.pl