

POLITECHNIKA  **BIAŁOSTOCKA**

WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA



KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

PODSTAWY TECHNIKI I TECHNOLOGII

Kod przedmiotu: **ISO1123, INO1123**

Numer ćwiczenia: **7**

Temat: **Zastosowanie podstawowych metod i narzędzi pomiarowych w działalności inżynierskiej**

Opracowanie:

mgr inż. Elżbieta Krawczyk-Dembicka

Białystok 2015

1. WPROWADZENIE

Poznanie zasad budowy maszyn oraz nabycie umiejętności ich konstruowania, obsługi i remontowania wymaga opanowania wiadomości o elementach, z których buduje się maszyny i urządzenia.

Konstruowanie jest procesem projektowania konstrukcji (np. maszyny, urządzenia). Koncepcja tej konstrukcji jest zapisywana w postaci dokumentacji technicznej, w skład której wchodzi:

- *dokumentacja konstrukcyjna* obejmująca dokumenty związane z konstrukcją (budową, postacią geometryczną) projektowanego wyrobu (rysunki, obliczenia, opisy, itp.),
- *dokumentacja technologiczna* określająca technologię poszczególnych części i ich montażu.

W sensie konstrukcyjnym każda maszyna składa się z zespołów i części. **Zespołem** nazywa się zestaw części stanowiący gotowy wyrób produkowany przez wyspecjalizowane zakłady (np. silnik, sprzęgło) lub też zestaw wynikający z wymagań technologii montażu maszyny (np. w tokarce – suport, konik). Bardziej skomplikowane zespoły dzieli się na zespoły niższego rzędu (np. wrzeciono tokarki wraz z kołami zębatymi i łożyskami stanowi zespół drugiego rzędu w stosunku do wrzeciennika).

Każdą maszynę oraz jej zespoły można rozłożyć na proste elementy, nazywane **częściami maszyn**. Projektowanie maszyn wymaga zachowania wielu warunków. Do podstawowych **zasad konstruowania maszyn** zalicza się m.in.:

- przystosowanie maszyny o możliwie najprostszej budowie i optymalizacji do określonych zadań eksploatacyjnych,
- niezawodność i trwałość,
- łatwy montaż i demontaż,
- bezpieczeństwo produkcji, transportu i eksploatacji oraz ergonomiczność konstrukcji,
- zapewnienie względnie małej masy i wymiarów zewnętrznych,
- niskie koszty materiałów, produkcji i eksploatacji,
- dbałość o estetykę maszyny.

Większość powszechnie stosowanych części maszyn można podzielić na trzy zasadnicze grupy: części połączeń, łożyskowania, części napędów. **Połączeniem** (złączeniem) nazywa się fragment konstrukcji, w którym części łączone są powiązane za pomocą łączników, tworząc połączenia pośrednie. Łącznikami są np. śruby, wpusty; funkcje łączników spełniają także spoiny, zgrzeiny, itd. Są stosowane również połączenia bezpośrednie (bez łączników), np. połączenia kształtowe lub wciskowe. Elementami

łożyskowania są osie lub też wały i łożyska. **Części napędów** to przekładnie zębate, cięgnowe, cierne oraz mechanizmy śrubowe, dźwigniowe itd.

Napędami nazywa się urządzenia służące do napędzania, składające się ze źródła energii i elementu pośredniczącego w przekazywaniu tej energii od silnika do maszyny roboczej. Potocznie mianem napędu określa się głównie urządzenia pośredniczące, a więc np. przekładnie mechaniczne. Jako źródło energii najczęściej stosuje się silniki (elektryczne, spalinowe, itd.) o określonym rodzaju ruchu. W maszynach roboczych występują następujące rodzaje ruchów roboczych:

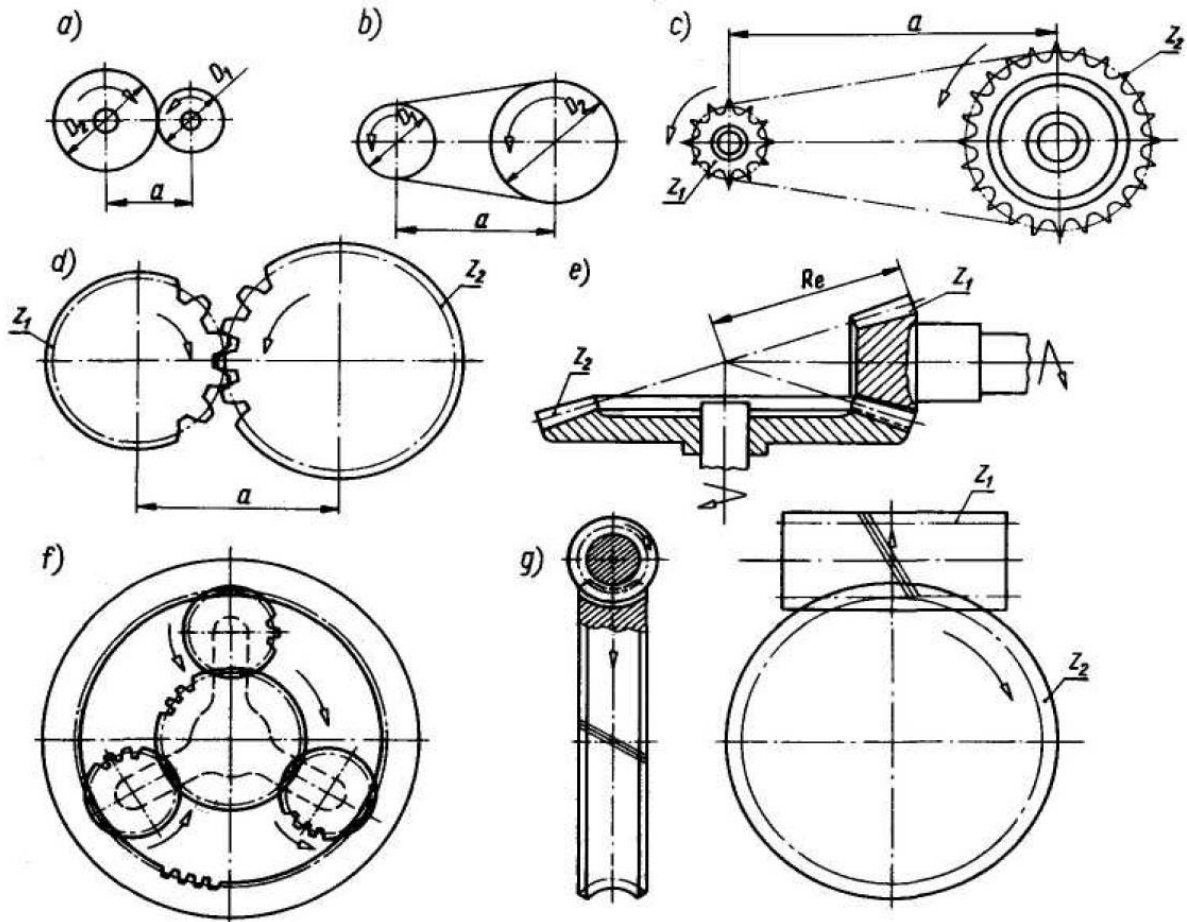
- obrotowy (np. w tokarce, wiertarce),
- postępowo-zwrotny (np. w dłutownicy, strugarce)

Napęd powinien być dostosowany do rodzaju ruchu silnika i maszyny roboczej. Do najczęściej stosowanych należą napędy mechaniczne. Realizowanie żadanego ruchu maszyny roboczej odbywa się wówczas przez zastosowanie mechanizmu, czyli zespołu części maszynowych połączonych ze sobą ruchowo w taki sposób, aby ruch jednej z części (rzadziej kilku) powodował ściśle określone ruchy użyteczne pozostałych części danego zespołu.

Napęd mechaniczny służący do przenoszenia ruchu obrotowego z wału czynnego (napędzającego) na wał bierny (napędzany) nazywa się **przekładnią mechaniczną**. Podstawowym zadaniem przekładni mechanicznej jest przeniesienie energii z wału czynnego na wał bierny, a ponadto dokonanie zmiany wartości momentu obrotowego, prędkości i sił. Potrzeba stosowania przekładni wynika z:

- w większości maszyn roboczych są potrzebne duże momenty obrotowe, co – przy określonej mocy – wymaga stosowania małych prędkości obrotowych, a tymczasem silniki są budowane na ogół jako wysokoobrotowe;
- stosowanie silników o małej prędkości obrotowej jest ekonomicznie nieuzasadnione, gdyż są one większe, cięższe i droższe;
- zakres regulacji prędkości obrotowych, niezbędnych w maszynach roboczych, jest najczęściej niemożliwy do osiągnięcia przez zmianę prędkości obrotowej silnika;
- ponadto istnieje wiele czynników, które nie pozwalają na bezpośrednie połączenie silnika z maszyną roboczą, np. względy konstrukcyjne, bezpieczeństwo pracy, wymiary zewnętrzne silnika, wygoda obsługi.

Najprostsza przekładnia mechaniczna składa się z dwóch kół współpracujących ze sobą bezpośrednio lub rozsuniętych i opasanych wspólnym cięgnem. W zależności od sposobu przenoszenia ruchu obrotowego rozróżnia się przekładnie cierne i cięgnowe. Wśród przekładni cięgnowych można wyróżnić przekładnie pasowe, łańcuchowe oraz zębate. Rodzaje przekładni mechanicznych przedstawiono na Rys. 1.



Rys. 1. Rodzaje przekładni mechanicznych: a) cierna, b) pasowa, c) łańcuchowa, d÷g) przekładnie zębate (d – walcowa, e – stożkowa, f – planetarna, g – ślimakowa).

Podstawowe cechy użytkowe przekładni mechanicznych

Ruch obrotowy kół przekładni można scharakteryzować przez podanie prędkości kątovej ω , obrotowej n lub obwodowej v danego koła. Relacje między wymienionymi prędkościami określają zależności (indeks 1 odnosi się zawsze do elementu czynnego, a indeks 2 do elementu biernego):

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} ; \quad \omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} \quad (1)$$

gdzie:

ω_1, ω_2 – prędkości kątovej [rad/s]

n_1, n_2 – prędkości obrotowe [obr/min].

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60}; \quad v_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_2}{60}$$

gdzie:

(2)

v_1, v_2 – prędkości liniowe [m/s]

D_1, D_2 – średnice [m].

Podstawową cechą każdej przekładni jest **przełożenie**. **Przełożeniem kinematycznym** przekładni nazywa się stosunek prędkości kątowej koła czynnego do prędkości kątowej koła biernego. Przełożenie kinematyczne można również określić jako stosunek prędkości obrotowych:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (3)$$

W zależności od wartości przełożenia rozróżnia się następujące rodzaje przekładni:

- **reduktory** (przekładnie zwalniające, $i > 1$) – prędkość kątowa koła biernego jest mniejsza od prędkości kątowej koła czynnego
- **multiplikatory** (przekładnie przyspieszające, $i < 1$) – prędkość kątowa koła biernego jest większa od prędkości kątowej koła czynnego.

Stosowanie przełożeń różnych od jednościi wymaga dobrania odpowiednich wymiarów kół. W celu ich ustalenia należy rozpatrzyć współpracę dwóch kół ciernych, toczących się po sobie bez poślizgu. Prędkości obwodowe obu kół są w tym przypadku jednakowe ($v_1 = v_2$). Podstawiając wartości v_1 i v_2 zgodnie ze wzorem (2) otrzymamy:

$$v_1 = v_2 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60} = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n_2}{60} \quad (4)$$

a po przekształceniu wzoru (3) otrzymamy:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (5)$$

Poślizg kół lub ciągną na kole powoduje zmianę wartości przełożenia kinematycznego.

W przekładniach zębatych wartość przełożenia może być wyrażona stosunkiem średnic podziałowych (odpowiadających omówionym średnicom kół ciernych) lub stosunkiem liczby zębów

$$i = \frac{D_2}{D_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} \quad (6)$$

Takie przełożenie nazywane jest **przełożeniem geometrycznym** i jest ono stałe dla danej przekładni. Przełożenie kinematyczne różni się nieznacznie od przełożenia

geometrycznego, m.in. ze względu na poślizgi kół lub pasów, wskutek błędów wykonawczych i podatności zębów oraz innych czynników.

W przekładniach złożonych wielostopniowych, składających się z kilku przekładni pojedynczych ustawionych szeregowo, przełożenie całkowite jest iloczynem przełożeń na kolejnych stopniach

$$i_c = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n \quad (7)$$

W napędach maszyn są również stosowane przekładnie cierne o zmiennym przełożeniu, za pomocą których uzyskuje się zmianę przełożenia w sposób ciągły (bezstopniowo). Zakresem regulacji przełożenia (rozpiętością przełożenia) nazywa się wówczas stosunek największych i najmniejszych prędkości obrotowych lub przełożeń

$$k = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{i_{max}}{i_{min}} \quad (8)$$

Kolejną wielkością charakterystyczną dla przekładni mechanicznych jest przenoszony **moment obrotowy**. Wartość momentu obrotowego na każdym wale i kole oblicza się z zależności $M = \frac{P}{\omega}$ (gdzie M – moment obrotowy [N·m], P – moc [W], ω – prędkość kątowa [rad/s]) lub wg wzoru liczbowego

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n} = F \cdot r \quad (9)$$

gdzie: M – moment obrotowy [N·m], P – moc [kW], n – prędkość obrotowa [obr/min], F – siła obwodowa [N] oraz r – promień [m].

Z powyższego wzoru wynika, że stosując silnik wysokoobrotowy, uzyskuje się na jego wale niewielki moment, a tym samym niewielkie siły obwodowe. Pozwala to na zmniejszenie wymiarów silnika, a pośrednio również na zmniejszenie wymiarów przekładni stosowanych na pierwszym i drugim stopniu (licząc od silnika).

W czasie przenoszenia mocy z wału czynnego na wał bierny powstają straty energii, spowodowane oporami tarcia, poślizgiem itp., zatem moc P_2 na wale biernym jest mniejsza od mocy P_1 na wale czynnym. Stosunek mocy P_2 do mocy P_1 nazywamy **sprawnością mechaniczną η** .

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (10)$$

Sprawność pojedynczych przekładni mechanicznych jest wysoka ($\eta = 0,95 \div 0,99$), co jest jedną z ich zalet. Wyjątek stanowią przekładnie samohamowne, w których sprawność jest niewielka ($\eta < 0,5$). Sprawność całkowita przekładni złożonych wielostopniowych jest równa iloczynowi sprawności przekładni pojedynczych

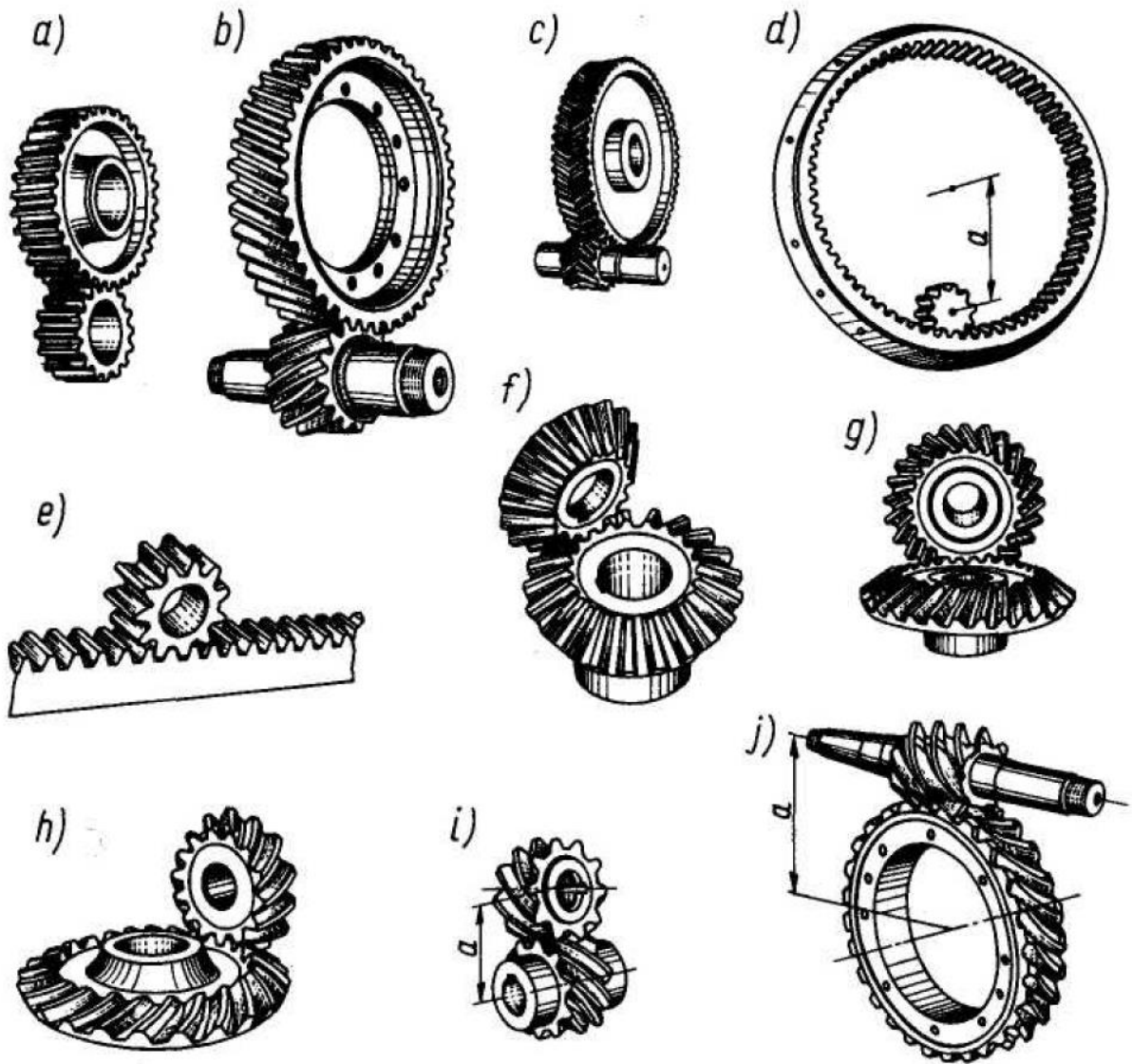
$$\eta_c = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n \quad (11)$$

W poniższej tabeli przedstawiono graniczne wartości cech użytkowych przekładni osiągane w przekładni pojedynczej. Wartości te mają charakter orientacyjny, ponieważ ze względu na ciągły postęp techniczny, zwłaszcza w zakresie nowych rozwiązań konstrukcyjnych oraz dzięki stosowaniu nowych materiałów o coraz lepszych własnościach, podane wartości cech użytkowych mogą być przekraczane.

rodzaj przekładni	przełożenie		sprawność η	moc przenoszona P [kW]	prędkość obrotowa n [obr/min]	prędkość obwodowa v [m/s]	siła obwodowa F [kN]	moment skręcający M [kN·m]	
	zwykle	wyjątkowo							
zębata zwykła	8	20	0,96 ÷ 0,99	19 000	100 000	200	-	-	
zębata planetarna	8	13	0,99 ÷ 0,99	7 500	40 000	-	-	-	
ślimakowa	60	100	0,45 ^{*)} ÷ 0,97	750	30 000	70	5 000	250	
łańcuchowa	6	10	0,97 ÷ 0,98	3 700	5 000	17 ÷ 40	280	-	
pasowa	z pasem płaskim	5	10	0,96 ÷ 0,98	1 700	18 000	90	50	175
	z pasami klinowymi	8	15	0,94 ÷ 0,97	1 100	-	26	-	20
cierna	6	10	0,95 ÷ 0,98	150	-	20	-	-	
*) samohamowna									

Przekładnią zębatą pojedynczą nazywa się mechanizm utworzony z dwóch kół zębatach, mogących przenosić ruch dzięki wzajemnemu zazębieniu się ich zębów. Wśród głównych rodzajów przekładni zębatych można wymienić (Rys. 2):

- *walcowe o zazębieniu zewnętrznym*, składające się z kół walcowych o zębach prostych, (rys. 2a);
- *walcowe o zazębieniu zewnętrznym*, składające się z kół walcowych o zębach skośnych (rys. 2b);
- *walcowe o zazębieniu zewnętrznym*, składające się z kół walcowych o zębach daszkowych (rys. 2c);
- *walcowe o zazębieniu wewnętrznym* (rys. 2d);
- *zębatkowe* (rys. 2e);
- *stożkowe*, składające się z kół stożkowych o zębach prostych (rys. 2f);
- *stożkowe*, składające się z kół stożkowych o zębach skośnych (rys. 2g);
- *stożkowe*, składające się z kół stożkowych o zębach krzywoliniowych (rys. 2h);
- *śrubowe* (rys. 2i);
- *ślimakowe* (rys. 2j).



Rys. 2. Przekładnie zębate: a ÷ d) walcowe, e) zębatkowa, f ÷ h) stożkowe, i) śrubowa, j) ślimakowa.

2. CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z zasadami konstruowania podstawowych elementów maszyn oraz z możliwościami prowadzenia podstawowych pomiarów z wykorzystaniem dostępnych narzędzi pomiarowych stosowanych w technice inżynierskiej.

Zakres ćwiczenia obejmuje wykonanie pomiarów elementów maszyn, wykonanie obliczeń konstrukcyjnych oraz przygotowanie dokumentacji konstrukcyjnej badanych części maszyn.

3. PRZEBIEG ĆWICZENIA

Sposób realizacji ćwiczenia:

1. Zapoznanie studentów ze stanowiskiem pomiarowym
2. Zapoznanie studentów z różnymi rodzajami przekładni zębatych
3. Wykonanie pomiarów niezbędnych do określenia parametrów technicznych przekładni.
Policzyć:
 - liczbę zębów
 - prędkość obrotową
 - przełożenie kinematyczne
 - przełożenie geometryczne
 - moment obrotowy
 - sprawność przekładni
4. Wykonanie pomiarów geometrii wałków za pomocą dostępnych przyrządów pomiarowych
5. Zidentyfikowanie rodzaju badanych przekładni (wykorzystaj książkę: Kurmaz L., Kurmaz O., *Projektowanie węzłów i części maszyn*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2004).
6. Przygotowanie dokumentacji technicznej badanej przekładni.

Stanowisko pomiarowe:



Rys. 3. Przekładnia planetarna.

Sprawozdanie powinno zawierać

1. Imiona, nazwiska, kierunek i rok studiów oraz nr grupy laboratoryjnej członków zespołu
2. Temat ćwiczenia
3. Datę wykonania ćwiczenia
4. Krótki opis stosowanej metody badawczej
5. Schemat stanowiska
6. Wyniki wykonanych pomiarów przedstawione w tabelach
7. Rysunek techniczny badanej przekładni
8. Wnioski z przeprowadzonego ćwiczenia

Przykładowe pytania kontrolne:

1. Wymienić i zdefiniuj trzy zasadnicze grupy części maszyn.
2. Podaj definicję przekładni mechanicznej. Podaj powody stosowania przekładni.
3. Wymień rodzaje przekładni mechanicznych.
4. Wyjaśnij różnicę między reduktorem a multiplikatorem.
5. Wymień rodzaje przekładni zębatych.
6. Czym się różni przełożenie kinematyczne od przełożenia geometrycznego? Podaj niezbędne wzory.

Przepisy BHP

1. Prowadzący ćwiczenia laboratoryjne, przed przystąpieniem do ćwiczenia, zapoznaje studentów z obsługą stanowiska. Kontrolę przestrzegania przez studentów instrukcji BHP (przedstawioną na zajęciach wprowadzających) pełni prowadzący zajęcia.
2. Studenci obsługują stanowisko pod nadzorem prowadzącego.
3. Stanowiska niebezpieczne pod względem BHP obsługuje prowadzący, a w przypadku konieczności, po udzieleniu osobnego instruktażu, dopuszcza do obsługi stanowiska konieczną ilość studentów.
4. Studenci odbywający ćwiczenia zobowiązani są do zachowania maksymalnej ostrożności i uwagi przy obsłudze stanowiska i absolutnego stosowania się do zaleceń prowadzącego.

5. Podczas pobytu przy stanowisku laboratoryjnym zabrania się studentom wykonywania jakichkolwiek czynności, które nie są związane z realizowanym ćwiczeniem.

Literatura przedmiotu

1. Dobrzański T., *Rysunek techniczny maszynowy*, WNT, Warszawa 2013.
2. Fischer U., Heinzler M., Näher F., Paetzold H., Gomeringer R., Kilgus R., Oesterle S., Stephan A., oprac. merytor. wersji pol. Potrykus J. [tł. z niem.], *Poradnik mechanika*, Wydawnictwo REA, Warszawa 2014.
3. Górecki A., *Technologia ogólna: podstawy technologii mechanicznych*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 2014.
4. Kurmaz L., Kurmaz O., *Projektowanie węzłów i części maszyn*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2004.
5. Müller L., *Przekładnie zębate. Projektowanie*, WNT, Warszawa 1979.
6. Rutkowski A., *Części maszyn*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, 2011.