

STANISŁAW KRUŚ

METROLOGIA TECHNICZNA A SPECYFIKA DREWNA NA PRZYKŁADZIE UKŁADU TOLERANCJI I PASOWAŃ

1. Wstęp

Metrologia wielkości geometrycznych w drzewnictwie opiera się całkowicie na metodach oraz sprzęcie pomiarowym stosowanym w odniesieniu do metali. Nie istnieje praktycznie wyodrębniona gałąź metrologii, która uwzględniałaby właściwości drewna. Najważniejszymi wielkościami oddziałującymi na pomiar są: anizotropowa budowa drewna, niewielka, w porównaniu z metalami, twardość drewna, duże powinowactwo do wody oraz struktura geometryczna powierzchni.

Niewielka twardość drewna uzewnętrznia się np. przy pomiarach narzędziami suwmiarkowymi, dość często stosowanymi i powszechnie zalecanymi, których powierzchnie miernicze, szczególnie do wymiarów wewnętrznych, są optymalne dla materiałów o większej twardości. Zastosowanie jednakowego nacisku pomiarowego dla metalu i dla drewna może dla tego drugiego być przyczyną błędu.

Bardzo poważną przeszkodą przy ustalaniu wymiarów drewna jest jego niestabilność wymiarowa przejawiająca się przy zmianach wilgotności. Spadek wilgotności np. o 1% dla sześcianu sosnowego o boku równym 100mm powoduje skurcz mierzony w kierunku wzdłużnym o 0.01mm, a więc niewielki, lecz w kierunku stycznym już o 0.31mm. A przecież zmiana wilgotności o 1% jest zmianą bardzo małą. Układ anizotropowy pęcznienia względnie skurczu dodatkowo komplikuje fakt, że w wyrobach z drewna podstawowe kierunki anatomiczne występują bardzo rzadko, najczęściej są to kierunki pośrednie, promieniowo-styczne. Doniosłość oddziaływania zmian wilgotnościowych widoczna jest wyraźnie w elementach kojarzonych wyrobów meblarskich, stolarki budowlanej itp., w których wilgotność w trakcie obróbki nie była wyrównana lub uległa zmianie w trakcie montażu bądź użytkowania.

Powyższe przykłady dotyczyły zmian wilgotności drewna w całej objętości elementu, czyli procesów długotrwałych. Znacznie częściej mamy do czynienia ze zmianami wymiarów pod wpływem krótkotrwałych wahań wilgotności powietrza zachodzących jedynie w strefie przypowierzchniowej.

Parameswaran i Liese [1] wykazali, że podczas procesów skrawania pod wpływem zmian elastoplastycznych tworzy się warstwa wierzchnia. W tejże warstwie mamy do czynienia z jednostronnie swobodnymi procesami pęcznienia lub kurczenia, zachodzącymi znacznie szybciej niż analogiczne zmiany w strefie rdzeniowej.

Struktura geometryczna powierzchni drewna, przy tradycyjnych sposobach obróbki, charakteryzuje się nierównościami o znacznych wysokościach, od około $10\mu\text{m}$ do $1600\mu\text{m}$. Zależnie od wielkości powierzchni pomiarowej użytego narzędzia, kontakt z mierzoną powierzchnią może odbywać się na wierzchołkach nierówności bądź we wgłębieniach. Biorąc pod uwagę znaczny rozstęp nierówności na powierzchni, osiągający kilka i więcej mm, a spowodowany dużymi posuwami, istnieje duże prawdopodobieństwo usytuowania się powierzchni mierniczych właśnie we wgłębieniach nierówności.

Przedstawione powyżej czynniki stanowią przyczynę trudności nastawienia obrabiarek na żądany wymiar. Łączne oddziaływanie czynników utrudnia kompleksowe ujęcie zagadnienia, przez co mamy do czynienia z pewnym opóźnieniem drzewnictwa w stosunku do wymogów współczesnej metrologii.

W Katedrze Wychowania Technicznego WSP w Bydgoszczy oraz w Katedrze Obrabiarek i Urządzeń Przemysłowych AR w Poznaniu podjęto badania nad oddziaływaniem wielkości wpływowych, szczególnie wilgotności, na wynik pomiaru wymiarów geometrycznych drewna.

Niniejsze opracowanie ma na celu analizę oddziaływania zmian wilgotności drewna na tolerancje i pasowania na tle układów GOST, ČSN i BN.

2. Wpływ zmian wilgotności drewna na tolerancje

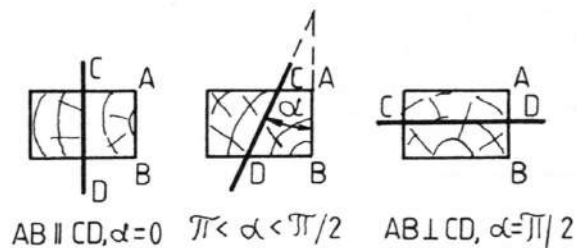
W przedziale wilgotności $W=5-20\%$ zmiany wymiarów drewna w funkcji wilgotności są w przybliżeniu zależnością wprost proporcjonalną. W tabeli 1. zestawiono wartości współczynników rozszerzalności drewna opracowanych przez CNIMOD, dla trzech podstawowych kierunków [2].

Tabela 1. Rozszerzalność drewna dla zakresu wilgotności 5-20%, wg CNIMOD

Kierunek	Oznaczenie	Sosna	Buk	Brzoza	Dąb
Styczny	β_{st}	0.31	0.34	0.43	0.28
Promieniowy	β_{st}	0.15	0.17	0.16	0.14
Wzdłużny	β_{st}	0.01	0.01	0.01	0.01

W praktyce w złączach najczęściej występują kierunki pośrednie, styczno-promieniowe (rys. 1), dla których rozszerzalność liniową można obliczyć ze wzoru [3]:

$$\beta_x = \beta_{st} \cos^2 \alpha + \beta_r \sin^2 \alpha \quad (1)$$



Rys. 1. Kształtowanie się kąta kierunkowego słoii na przekroju poprzecznym wyrzynka

Pasowanie elementów z drewna wzdłuż włókien w zasadzie nie występuje, dlatego tego przypadku w dalszych rozważaniach nie uwzględniono.

Pod wpływem zmian wilgotności procesy pęcznienia lub kurczenia drewna przebiegają zgodnie z zależnością (3):

$$N_k = N_p \left(\frac{\beta \Delta W + 100}{100} \right) \quad (2)$$

gdzie: N_k – wymiar końcowy, [mm]

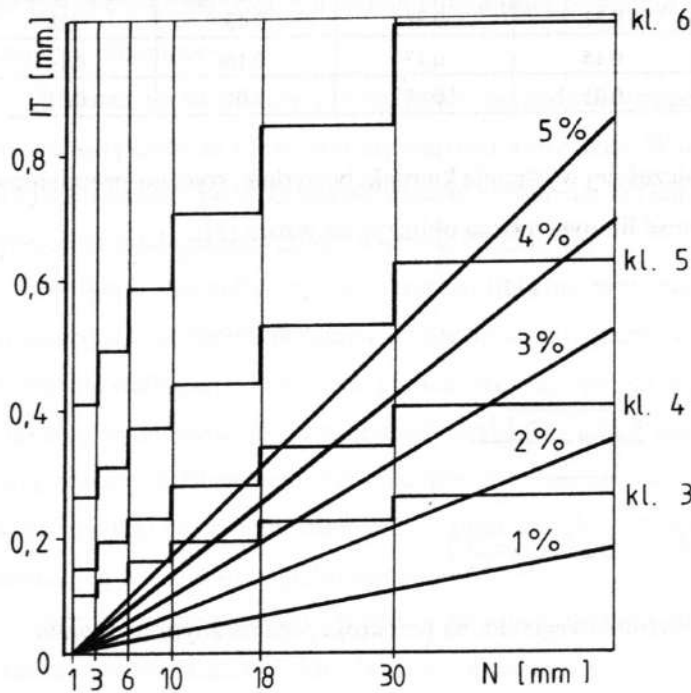
N_p – wymiar początkowy, [mm]

β – współczynnik rozszerzalności liniowej

ΔW – zmiana wilgotności, [%]

Uzyskane z powyższej zależności wyniki porównano z tolerancjami normalnymi układów GOST [4], ČSN [5] i BN [6], uzyskując odpowiedź, w jakim stopniu zmiany wilgotności wpływają na tolerancje. Dla uwypuklenia istotności wpływu zmian wilgotności w analizie

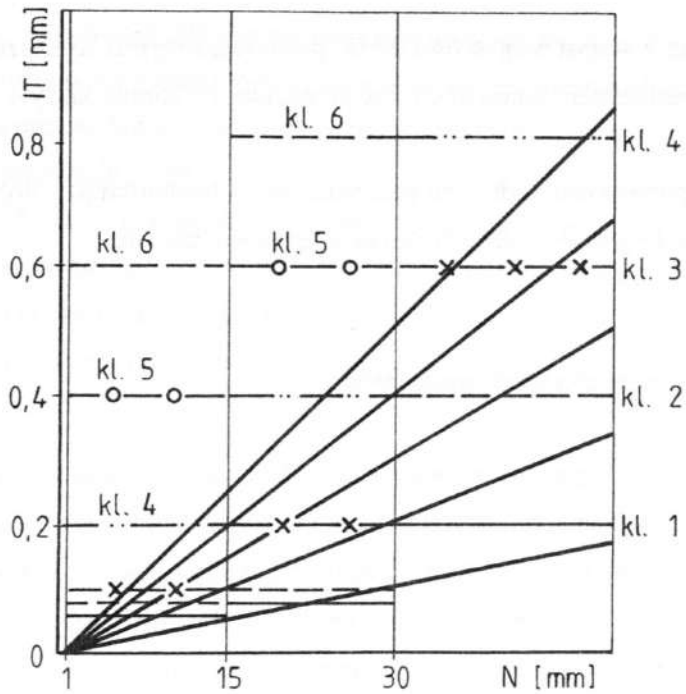
uwzględniono wyniki uzyskane dla drewna bukowego, tolerowanego w kierunku stycznym do słoï. Rezultaty zobrazowano na rys. 2. 3. i 4.



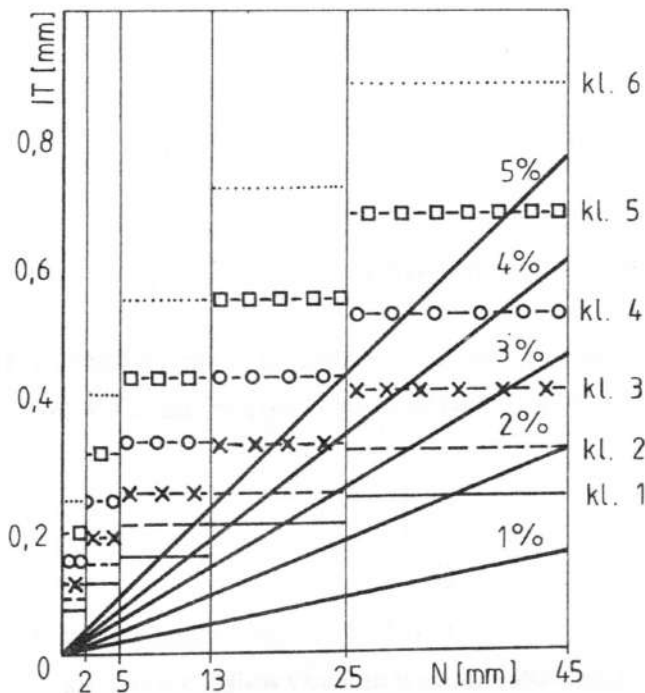
Rys. 2. Związek zmian wilgotności drewna bukowego, tolerowanego w kierunku stycznym do słoï, z tolerancjami normalnymi wg GOST

Z rys. 2. wynika, że zmiana wilgotności o 5% powoduje zwiększenie wymiarów poza wartości tolerancji normalnych dla klasy dokładności 3, 4 i 5 w przedziale $N=30-50\text{mm}$ (dla przedziału $0-50\text{mm}$ norma nie przewiduje klas dokładności 1 i 2). W pozostałych przedziałach wymiarowych przyrost wymiaru powoduje przekroczenie 3 względnie 3 i 4 klasy. Jedynie mało istotny przedział do 6mm jest nieczuły na zmiany wilgotności.

Z danych przedstawionych na rys. 3. wynika również istotny wpływ zmiany wilgotności na tolerancje. I tak dla klas dokładności od 1 do 4 wzrost wilgotności o 5% powoduje przekroczenie założonych tolerancji. W obu układach istnieją jednak takie klasy, dla których zmiany wilgotności nie będą istotne.



Rys. 3. Związek zmian wilgotności drewna bukowego, tolerowanego w kierunku stycznym do słoj, z tolerancjami normalnymi wg ČSN



Rys. 4. Związek zmian wilgotności drewna bukowego, tolerowanego w kierunku stycznym do słoj, z tolerancjami normalnymi wg BN

Z rys. 4. wynika natomiast, iż wzrost wilgotności o 5% spowoduje przyrost wymiarów poza tolerancje klasy 1 i 2 w przedziale 5-13mm, klasy 3 w przedziale 13-25mm, klasy 4 i 5 w przedziale 25-45mm.

W porównaniu z dwoma pierwszymi, układ ten pozwala na najswobodniejszy dobór klasy dokładności w odniesieniu do przewidywanych zmian wilgotności drewna.

3. Wpływ zmian wilgotności drewna na rodzaj pasowania

Zmiany wilgotności elementów kojarzonych mogą w sposób istotny wpływać na połączenia ciasne i mieszane. Przy połączeniach luźnych istnieje natomiast możliwość doboru odpowiednich luzów minimalnych zapewniających utrzymanie charakteru połączeń. Dla obu przypadków wyłania się potrzeba opracowania sposobu postępowania umożliwiającego obliczenie zmian rodzaju pasowania w zależności od zmian wilgotności i układu słoii.

Analiza dowolnego połączenia wałka i otworu, np. luźnego w kontekście zmiennej wilgotności, pozwala na wyróżnienie następujących przypadków:

I. Zmiana wilgotności otworu ΔW_o przy:

a) $W_o < W_w$

b) $W_o > W_w$

II. Zmiana wilgotności wałka ΔW_w przy:

a) $W_o < W_w$

b) $W_o > W_w$

gdzie: W_o - wilgotność otworu, W_w - wilgotność wałka

Przyjmując jako kryterium luz minimalny L_{min} można stwierdzić, że w przypadkach Ia i IIa luz minimalny końcowy będzie większy od luzu początkowego $L_{min k} > L_{min p}$, a w przypadkach Ib i IIb $L_{min k} < L_{min p}$.

Z zależności ogólnej (3):

$$L_k = 0.01 N \left(\beta_o \Delta W_o - \beta_w \Delta W_w \right) + L_p \quad (3)$$

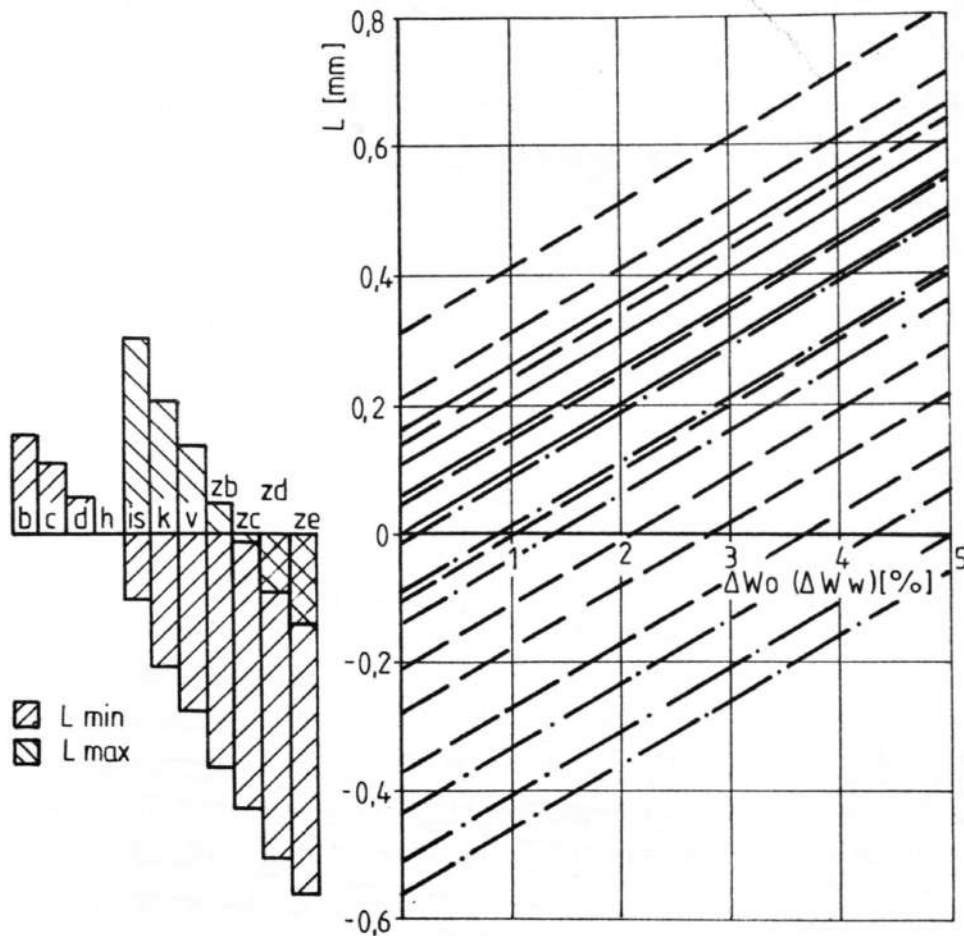
gdzie: N - wymiar nominalny,

β_o / β_w - współczynnik rozszerzalności liniowej otworu / wałka

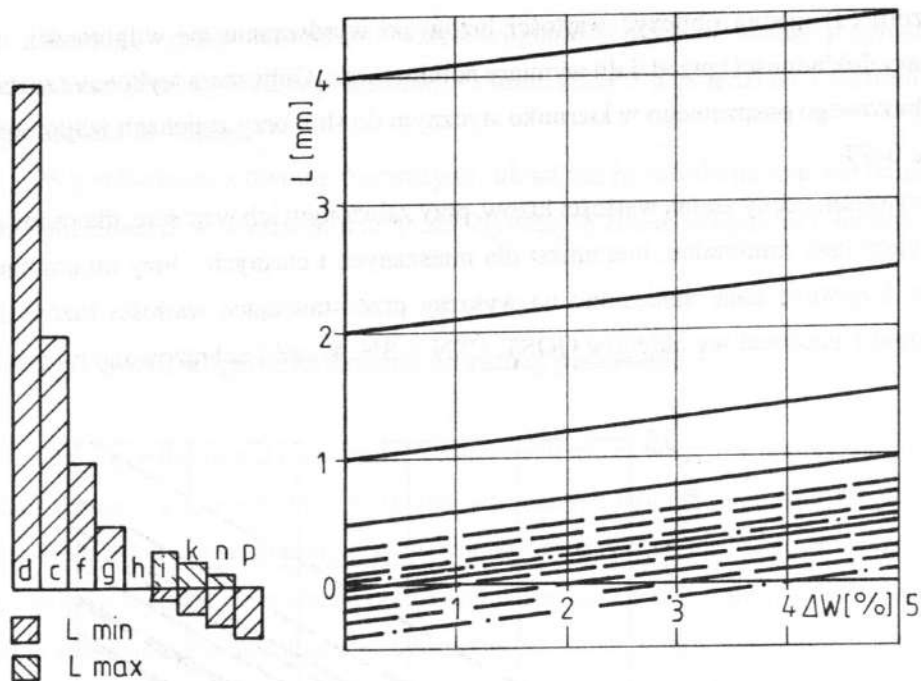
wynika, że ilościowe zmiany luzów są takie same przy zmianie wilgotności zarówno wałka jak i otworu. Ponadto można stwierdzić, że zmiany luzów co do wartości bezwzględnej są również takie same przy równym wzroście jak i spadku wilgotności.

Ze wzoru (3) można obliczyć wartości luzów po wyrównaniu się wilgotności, dla wybranej klasy dokładności i przedziału wymiaru nominalnego. Obliczenia wykonane zostały dla drewna bukowego pasowanego w kierunku stycznym do słoï, przy zmianach wilgotności w przedziale 0-5%.

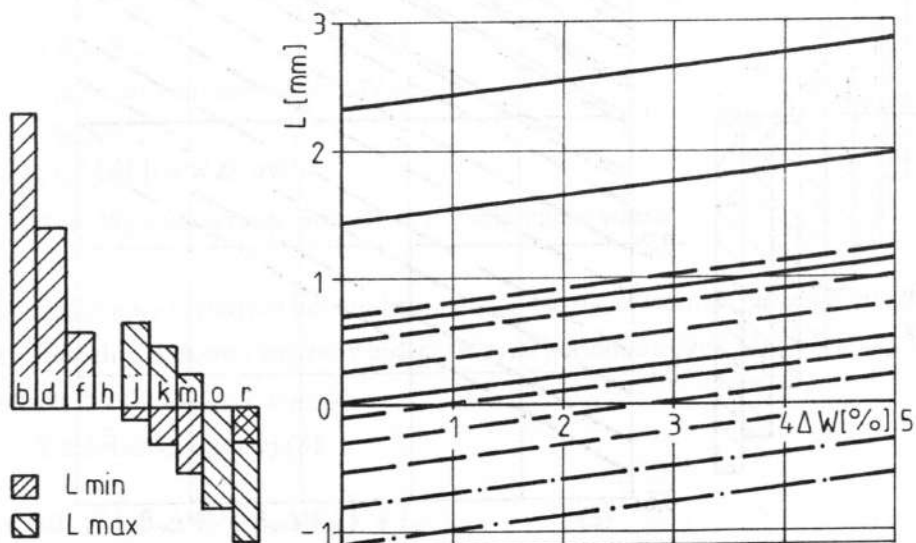
Jako kryterium oceny zmian wartości luzów, przy założonym ich wzroście, dla pasowań luznych przyjęto luzy minimalne, natomiast dla mieszanych i ciasnych - luzy minimalne i maksymalne. Uzyskane dane naniesiono na wykresy przedstawiające wartości luzów dla różnych rodzajów pasowań wg układów GOST, ČSN i BN. Wyniki zobrazowano na rys. 5. 6. i 7.



Rys. 5. Wpływ zmian wilgotności ΔW_0 (ΔW_w) na wartości luzów dla 3 klasy dokładności, wymiar nominalny $N=30\text{mm}$, drewno bukowe- $\beta=0.34$, W_0W_w , wg GOST



Rys. 6. Wpływ zmian wilgotności ΔW_0 (ΔW_w) na wartości luzów dla 3 klasy dokładności, wymiar nominalny $N=30\text{mm}$, drewno bukowe- $\beta=0.34$, W_0W_w , wg ČSN



Rys. 7. Wpływ zmian wilgotności ΔW_0 (ΔW_w) na wartości luzów dla 3 klasy dokładności, wymiar nominalny $N=30\text{mm}$, drewno bukowe- $\beta=0.34$, W_0W_w , wg BN

Z rys. 5. wynikają następujące spostrzeżenia:

- pasowania luźne - linie ciągłe - następuje przekroczenie luzów poza zakres przyjętych przez system pasowań,
- pasowania mieszane - linie kreskowe - wszystkie pasowania zmieniają charakter na pasowania luźne, przy czym większość nadal przekracza założone wartości luzów minimalnych,
- pasowania ciasne - linie jednopunktowe - jedno pasowanie, mianowicie "zc" przechodzi nawet w luźne, natomiast dwa pozostałe przechodzą w mieszane.

Układ GOST nie przewiduje zatem zmian wilgotności.

Z rys. 6. wynika, że omawiana zmiana wilgotności wałka lub otworu powoduje w pasowaniach luźnych zmianę o jeden rodzaj ("h") względnie utrzymanie pasowania. Natomiast pasowania mieszane i ciasne zmieniają charakter na luźne. Układ ČSN przewiduje zmiany wilgotności, jednakże tylko w odniesieniu do pasowań luźnych.

Z rys. 7. wynika z kolei, iż układ BN przewiduje zmiany wilgotności dla pasowań luźnych i mieszanych. Zachowanie pasowania ciasnego można uzyskać tylko przy zmianach wilgotności poniżej 3%.

4. Wnioski

W oparciu o przeprowadzoną analizę wpływu zmian wilgotności na tolerancje i pasowania wymiarów liniowych drewna, można sformułować następujące wnioski uogólniające:

1. Specyfika drewna wyrażona za pośrednictwem jego anizotropii i higroskopijności powoduje, że wpływ niewielkich nawet zmian wilgotności wywołuje istotne zmiany tolerancji i rodzajów pasowań normalnych.
2. Specyfika drewna i jej oddziaływanie uzasadnia potrzebę podjęcia szerokich badań zmierzających do stworzenia podstaw metrologii drzewnictwa.

Sformułowanie „metrologia drzewnictwa” użyto po raz pierwszy w literaturze przedmiotu dla podkreślenia rangi zagadnienia.

LITERATURA

- [1] Parameswaran N., Liese W., Surface modifications of wood due to machining processes. Materiały na IV Sympozjum Naukowe pt. Modyfikacja drewna, Poznań, wrzesień 1983, cz. II, s.377-388
- [2] Kulikov J., Novoje v tjechnologii sborki izdelij iz drevjesiny. Izd. Les. Prom., Moskva 1968
- [3] Marzymiski W., Staniszewski J., Porankiewicz B., Staniszewska A., Analiza związku wilgotności drewna z tolerancjami i pasowaniem. PTPN Poznań, t.VIII, 1978, s.85-93
- [4] GOST 6449-76, Izdella iz drevesiny i drevesnych materialov. Dopuski i posadki
- [5] ČSN 49 0010, Telerančni soustava pro dřevo, 1971
- [6] BN-81/7140-11, Układ tolerancji i pasowań dla meblarstwa

TECHNICAL METROLOGY AND WOOD SPECIFICITY TAKING AS EXAMPLE TOLERANCES AND FITS SYSTEM**Summary**

The paper deals with the problem of influence of wood moisture content changes the tolerances and fits in comparison with current tolerances and fits systems according to GOST, ČSN and BN.

That was revealed for beech wood, the moisture content changes in the range 1-5% cause essential differences in tolerances and fits. Tolerances and fits systems according to GOST and partially to ČSN do not take into account the influence of moisture content changes of wood elements. However that influence is taken into consideration in the BN system owing to choice of proper values of clearances and a lot number of fits.