

## BADANIA NAD POŁĄCZENIAMI SZKIELETOWYCH KONSTRUKCJI MEBLI Z DREWNA

### CZEŚĆ I. WYTRZYMAŁOŚĆ I SZTYWNOŚĆ POŁĄCZEŃ PRZY OBCIĄŻENIACH ZMIENNYCH<sup>1</sup>

*Stanisław Dziegielewski, Michał Zenkteler*

Instytut Mechanicznej Technologii Drewna  
i Instytut Tworzyw Drzewnych Akademii Rolniczej w Poznaniu

**Synopsis.** Zbadano wpływ zmiennych obciążeń na wytrzymałość meblarskich połączeń kątowych, sklejonych różnymi klejami. Zaproponowano warunki badania jakości tych połączeń.

#### WSTĘP

Różne funkcje spełniane przez meble w czasie ich użytkowania sprawiają, że konstrukcje meblowe poddawane bywają różnego rodzaju obciążeniom.

Rozróżnia się: a) obciążenia statyczne, powodowane przez siły charakteryzujące się niezmiennymi w czasie wartościami, kierunkami i punktami przyłożenia względem danego układu, b) obciążenia jednostronnie zmiennie, przykładane gwałtownie lub łagodnie, zmieniające się okresowo w taki sposób, że wartości graniczne zachowują te same znaki, c) obciążenia dwustronnie zmiennie, przykładane gwałtownie lub łagodnie, zmieniające się okresowo w taki sposób, że ich wartości graniczne są przeciwnego znaku.

Dynamicznego (gwałtownego) obciążania mebli w czasie ich normalnego użytkowania z reguły nie przewiduje się.

Użytkowe obciążenia statyczne nie bywają niebezpieczne dla konstrukcji meblowych, gdyż wywoływane przez nie naprężenia mieszczą się w przedziale sprężystości zarówno drewna, jak i spoin klejowych. Natomiast obciążenia zmiennie przykładane są do materiału, który na skutek opóźnienia sprężystego znajduje się jeszcze w stanie

<sup>1</sup> Praca została oparta na materiałach rozprawy doktorskiej pierwszego z autorów.

odkształcenia wywołanego poprzednim obciążeniem. Towarzyszy temu zjawisko zmęczenia materiału, które wyraźnie zmniejsza jego wytrzymałość.

Poszczególne rodzaje mebli bywają w czasie użytkowania narażone na działanie różnych obciążeń. Na meble skrzyniowe i na niektóre meble szkieletowe, służące do pracy i spożywania posiłków (np. stoły), działają głównie siły statyczne. Natomiast różnego rodzaju meble szkieletowe, służące do siedzenia, obciążane bywają siłami zmiennymi, które bardzo często mają charakter sił dwustronnie zmiennych<sup>2</sup>. Dzieje się to na przykład wówczas, gdy siedząca na krześle osoba okresowo wywiera górną częścią ciała nacisk na oparcie lub kołysze się na krześle. Niektóre złącza krzesła bywają wtedy poddawane działaniu wspomnianych obciążeń dwustronnie zmiennych.

Wytrzymałość połączeń drewna była dotąd tematem wielu prac. Niektóre z nich dotyczyły przede wszystkim zachowania się spoin klejowych różnych klejów pod działaniem obciążeń stałych lub zmiennych, jednakże w próbkach odbiegających swym kształtem od złączy meblowych [5, 9, 19, 21, 23, 24].

Z prac wykonanych na próbkach zawierających typowe złącza meblowe stosunkowo dużo dotyczyło łączenia tworzyw drzewnych, a zwłaszcza płyt wiórowych [8, 10, 11, 13, 14, 17, 20, 22].

Z badań poświęconych połączeniom meblowym łączącym elementy z drewna litego na uwagę zasługują przede wszystkim szeroko teoretycznie podbudowane prace W. N. Michajłowa [16] i N. M. Bielakowa [1], dotyczące złączy czopowo-klejowych obciążanych statycznie. Wspomnieć również należy o pracy F. Rónai [18], która, choć poświęcona połączeniom ram okiennych, zawiera jednak wnikliwie potraktowaną teoretyczną stronę zagadnienia. Godne uwagi są także prace C. A. Eckelmana [3] oraz C. A. Eckelmana i S. K. Sudartha [4], w których zastosowane zostały analityczne metody wyznaczania wytrzymałości i sztywności szkieletowych konstrukcji meblowych. Nie można również pominąć badań J. Curtu, J. Fleischera i F. Spercheza [2], w których podjęta została próba określenia naprężeń w połączeniach elementów krzeseł przy użyciu metody tensometrycznej. D. P. Hart [7] natomiast podał wielkości obciążeń zmiennych i liczbę cykli przy badaniu różnych rodzajów mebli.

Nowoczesne meble powinny odznaczać się, przy możliwie małym zużyciu materiałów, wystarczającą wytrzymałością i sztywnością. Wymaga to dokonywania, oprócz odpowiednich obliczeń przy projektowaniu konstrukcji<sup>3</sup>, również odpowiednich prób wytrzymałościowych przy sprawdzaniu jakości gotowych mebli. Problem ten nie został jednak dotąd jeszcze dostatecznie rozwiązany. Ciągłe bowiem brak definitywnie określonych warunków, w których próby takie powinny być przeprowadzane.

Na podstawie kilku prac wykonanych głównie w Instytucie Technologii Drewna opracowano krajowe normy badania mebli [6, 12, 15], według których gotowe wyroby należy poddawać w odpowiednich urządzeniach określonym cykлом ob-

<sup>2</sup>Twierdzenie autorów o występowaniu obciążeń dwustronnie zmiennych jest dyskusyjne (przyj. red.).

<sup>3</sup>Patrz część II niniejszej publikacji, zamieszczonej w tym zeszycie.

ciążeń zmiennych. Za kryterium jakości mebli przyjmuje się przy tym brak zauważalnych uszkodzeń konstrukcji po przeprowadzonym obciążaniu. Ten wizualny sposób sprawdzania jakości mebli bywa jednak ostatnio kwestionowany, gdyż nie umożliwia on ścisłego określania wytrzymałości konstrukcji.

Najdokładniejszych danych o wytrzymałości mebli może dostarczyć oddzielne badanie fragmentów konstrukcji, wyodrębnionych z mebla. Stwarza to dla projektanta mebli możliwość sprawdzenia słuszności jego obliczeń.

W związku z omówionym już charakterem użytkowania niektórych mebli szkieletowych, przy badaniu fragmentów tych konstrukcji nieodzowne jest uwzględnianie obciążeń zmiennych. Dotąd jednak brak danych na temat, jak zachowują się złącza różnego typu, sklejone różnymi klejami, pod działaniem jedno- i dwustronnie zmiennych obciążeń. Nie ustalone zostały również warunki, w których badania takie należałoby przeprowadzać.

## 1. CEL PRACY

Za bezpośredni cel podjętych badań przyjęto dokonanie próby określenia wpływu różnych obciążeń zmiennych na doraźną wytrzymałość, odkształcenia i sztywność niektórych połączeń meblowych.

Pośrednim celem badań było uzyskanie brakujących dotychczas danych, które mogłyby posłużyć do określenia warunków sprawdzania wytrzymałości konstrukcji mebli szkieletowych.

## 2. METODYKA BADAŃ

### 2.1. DOBÓR MATERIAŁU DOŚWIADCZALNEGO

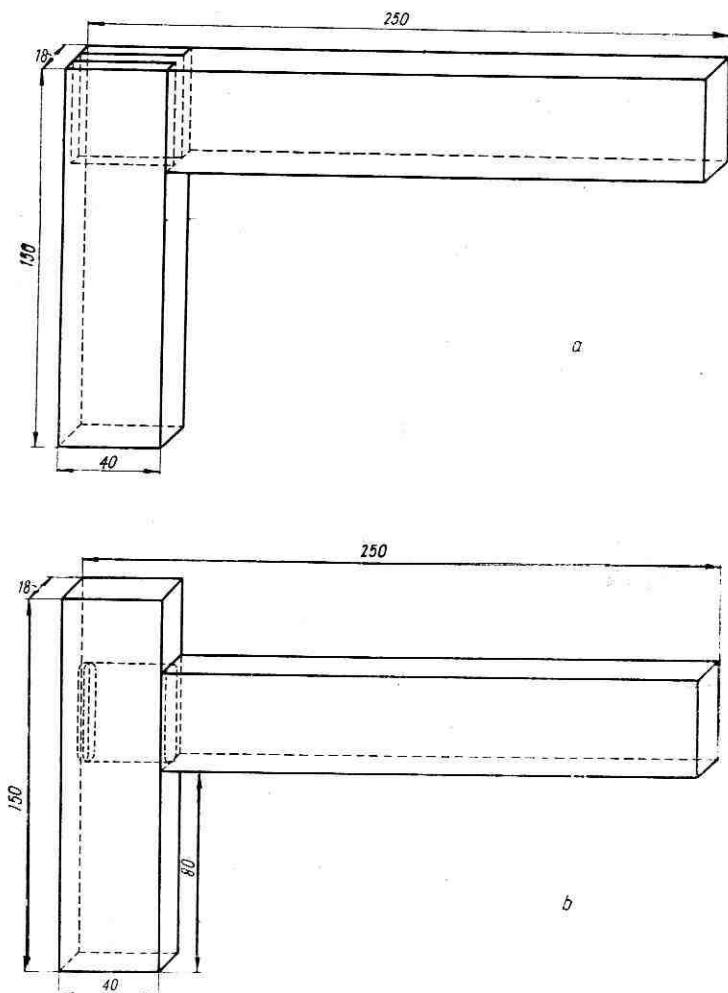
#### 2.1.1. Dobór rodzaju złączy

W szkieletowych konstrukcjach meblowych zasadniczą rolę grają połączenia kątowe, w których łączone elementy tworzą w płaszczyźnie układ o kształcie zbliżonym do litery L, w przypadku połączeń narożnych, lub litery T, w przypadku połączeń półkrzyżowych.

W najbardziej interesujących (bo poddawanych działaniu obciążeń zmiennych) konstrukcjach mebli do siedzenia stosuje się kilka rodzajów złączy. Wobec konieczności zachowania ograniczonych ram pracy uwzględniono w niej tylko po jednym rodzaju złączy służących do łączenia elementów zewnętrznych z zewnętrznymi oraz elementów zewnętrznych z wewnętrznymi. Wskazane było przy tym zastosowanie złączy najczęściej używanych w przemysłowej produkcji mebli. Za takie przyjęto złącza widlicowe pojedyncze (rys. 1a) i złącza czopowe kryte (rys. 1b).

Uznano za celowe, ażeby łączonym elementom i złączom nadać wymiary w możliwie największym stopniu zbliżone do stosowanych w praktyce. Przedstawione na rysunku 1 elementy doświadczalne warunek ten spełniają, stanowiąc przykład fragmentów podzespołów ramowych, często stosowanych w meblach szkieletowych.

Zwłaszcza elementowi poziomemu, przeznaczonemu do obciążenia zginającego, nadano długość odpowiadającą połowie przeciętnej długości ram w meblach.



Rys. 1. Schematy zastosowanych w badaniach elementów doświadczalnych: *a* — ze złączeniem widlicowym pojedynczym, *b* — ze złączeniem czopowym krytym

Nie bez znaczenia była również dokładność wykonania czopów, gniazd i widlic, warunkująca rodzaj pasowania elementów złącza. Radziecka norma GOST 6559 rozróżnia dla połączeń nierozłącznych 4 rodzaje pasowań: przylgowe, lekko wciskane, wciskane i wtlaczane. Różnią się one wielkością odchyłek od wymiaru nominalnego.

Dotychczas nie ustalono jeszcze, jak wpływa rodzaj pasowania na wytrzymałość przyjętej tu złączy. Pozostawiając to zagadnienie do rozwiązania w ramach innej pracy badawczej, postanowiono na podstawie badań orientacyjnych, których wyniki podano w tabeli 1, zastosować pasowanie lekko wciskane. Z pozostałych rodzajów

pasowanie wciskane nie różniło się wyraźnie, pasowanie przylgowe dawało połączenia o niskiej wytrzymałości, a przy składaniu połączeń o pasowaniu wtlaczanym wiele elementów doświadczalnych pękało.

Tabela 1

Wpływ rodzaju pasowania elementów złączy czopowych na wytrzymałość połączeń

Rodzaj pasowania wg GOST 6559	Graniczne odchyłki wymiarów dla II klasy dokładności			Rodzaj kleju	
	dla wymiarów nominalnych w mm	odchyłki w mm		mocznikowy	polioctanowinyłowy
					średnia (dla 20 połączeń) wytrzymałość <sup>a</sup> przy obciążaniu momentem gnącym w kG/cm <sup>2</sup>
Przylgowe	6—10	—0,10	+0,15	145	142
	30—40	—0,20	+0,20		
Lekko wciskane	6—10	0	+0,25	162	154
	30—40	0	+0,40		
Wciskane	6—10	+0,10	+0,35	168	162
	30—40	+0,15	+0,55		
Wtlaczane	6—10	+0,34	+0,47	178	164
	30—40	+0,47	+0,80		

<sup>a</sup> Obliczona wzorem de Saint-Venanta.

Jako materiału drzewnego użyto drewna bukowego, powszechnie w kraju stosowanego do wyrobu krzesel.

### 2.1.2 Dobór rodzajów kleju

Pomijając rzadkie jeszcze przypadki nagrzewania złączy meblowych przy ich sklejanii, na przykład przy użyciu prądów wielkiej częstotliwości, do sklejanii tych złączy używane bywają z reguły kleje wiążące na zimno.

Od wieków do tego celu stosowane były kleje glutynowe, skórne i kostne. Cechuje je wiele zalet, jak na przykład szybkie wiązanie łączonych powierzchni i duża wytrzymałość, a zwłaszcza sprężystość spoin [19]. Spoiny te wykazują jednak brak odporności na działanie wody. I choć cecha ta w przypadku normalnego użytkowania mebli nie jest wadą zbyt istotną, to jednak w nieprzewidzianych sytuacjach może ona stać się przyczyną zniszczenia połączeń, a od mebli nowoczesnych wymaga się, ażeby były one odporne również na działanie czynników mogących wystąpić w sytuacjach nienormalnych. Inną ujemną właściwość klejów glutynowych stanowi kłopotliwy sposób ich stosowania w postaci ciepłych roztworów, które już przy niewielkim oziębieniu przechodzą w galaretę nie wykazującą właściwości wiążących.

Z tych względów w przemyśle meblowym w coraz większym stopniu znajdują zastosowanie kleje syntetyczne.

W związku z niską ceną, stosunkowo szybkim przebiegiem procesu zestalania się i dużą wytrzymałością spoin, a zwłaszcza ich odpornością na działanie wody, w pierwszym okresie wprowadzania klejów syntetycznych zastosowano do sklejania złączy kleje mocznikowe. Kleje te jednak, jak się okazało, tworzą spoiny o niskiej wytrzymałości, gdy ich grubość przekracza 0,1 mm [25]. Wymaga to bardzo dokładnej obróbki elementów złączy lub stosowania klejów modyfikowanych, tworzących spoiny bardziej plastyczne niż spoiny z czystego kleju mocznikowego.

Najszerze zastosowanie do sklejania złączy meblowych znajdują u nas obecnie kleje poliocetanowinytowe. Zadecydowały o tym tak korzystne ich właściwości, jak znacznie wygodniejszy sposób nanoszenia na drewno niż klejów glutynowych, szybkie zestalanie się i duża wytrzymałość spoin. Spoiny tych klejów są jednak mało odporne na długotrwałe, stałe obciążenia [21], a także na stosunkowo niewielkie podwyższenie temperatury otoczenia [23]. Omawiane kleje są bowiem wyrabiane z żywic termoplastycznych.

Dotychczas nie przeprowadzono jeszcze badań, w których ściśle określono by przydatność różnych klejów krajowych do sklejania złączy meblowych. Wspomniane pokrótce cechy poszczególnych klejów określone zostały albo na podstawie obserwacji dokonywanych w praktyce, albo też w badaniach nie uwzględniających specyfiki wykonywania i użytkowania połączeń meblowych. W celu wyjaśnienia tych kwestii zdecydowano się na użycie do badań wszystkich trzech omówionych klejów, a więc glutynowego, mocznikowego i poliocetanowinytowego.

## 2.2. DOBÓR SPOSOBÓW OKREŚLANIA WŁAŚCIWOŚCI POŁĄCZEŃ

### 2.2.1. Dobór rodzajów obciążeń zmiennych

Jak już we wstępie wspomniano, na konstrukcje niektórych mebli szkieletowych mogą działać obciążenia jedno- i dwustronnie zmiennie. Ponieważ w dostępnej literaturze nie napotkano danych na temat ich wpływu na właściwości połączeń, uznano za celowe uwzględnienie obu rodzajów obciążeń. W grę wchodziły tu jednak tylko siły działające z niewielką częstotliwością, gdyż na obciążenia pulsujące lub wahające zwykle meble, nawet w szczególnych sytuacjach normalnego użytkowania, nie bywają narażone.

### 2.2.2. Dobór kierunku działania obciążeń zmiennych

Zarówno na całe meble, jak i na fragmenty ich konstrukcji, mogą w czasie użytkowania działać różne układy sił, doprowadzające wyrób do różnych odkształceń.

Można rozróżnić dwa zasadnicze kierunki działania tych sił: a) prostopadły do jednej z większych powierzchni elementów lub podzespołów, b) równoległy do tych powierzchni.

Prostopadłe do płaszczyzny obciążane bywają zwłaszcza płytowe elementy w meblach skrzyniowych. Ich odkształcenia polegają zwykle na odchyleniu naroży od płaszczyzny płyty. Równoległe do płaszczyzny działają obciążenia wywierane zwłaszcza na połączenia lub podzespoły ramowe, powodując ich odkształcenia objawiające się zmianami długości przekątnych.



W niniejszej pracy uwzględniono przy rozpatrywaniu zagadnień, związanych z wytrzymałością konstrukcji szkieletowych, kierunek obciążeń równoległy do płaszczyzny.

### 2.2.3. Dobór wielkości obciążeń zmiennych

Wytypowane do badań złącza bywają najczęściej stosowane w meblach do siedzenia. Dobierając wielkość obciążeń trzeba więc było uwzględnić z jednej strony obciążenia użytkowe, jakie daje ciężar ciała ludzkiego, z drugiej zaś strony obciążenia przypadkowe, wynikające na przykład z nagłych przesunięć obciążanego mebla przez siedzącego człowieka. Podczas tych przesunięć sposób obciążania mebli może być różny. Mogą mianowicie być obciążane dwie lub cztery nogi krzesła i tym samym siła może być przenoszona przez dwa lub cztery połączenia.

Dążąc do określenia wielkości obciążeń, jakie miały być zastosowane w podjętych badaniach, wybrano wariant, w którym mebel pod działaniem siły około 100 kG przesuwa się w taki sposób, że obciążane zostają tylko dwa jego połączenia, na skutek czego na każde z nich działa siła około 50 kG. Uwzględniając moment powstający w związku z działaniem wspomnianego obciążenia na nogę mebla długości około 40 cm, jak również siłę tarcia nogi o drewnianą podłogę, uzyska się obciążenie jednego połączenia wynoszące 1120 kGcm. Obliczyć to można według wzoru

$$M = \frac{\sqrt{2}}{4} (G + C) \cdot l \cdot \mu \quad [\text{kGcm}] \quad (1)$$

gdzie

$M$  — moment działający na połączenie w kGcm,

$l$  — długość ramienia w cm,

$G$  — ciężar użytkowy w kG,

$C$  — ciężar wyrobu w kG,

$\mu$  — współczynnik tarcia drewna o drewno (0,4).

Należy wspomnieć o tym, że w obowiązujących normach krajowych [6, 12, 15] przewiduje się przy badaniach mebli ich zmienne obciążanie siłami w granicach 25-100 kG, a więc w sposób podobny, jak to przyjęto w dokonanych tu rozważaniach. Różnica polega jedynie na tym, że we wspomnianych normach przewiduje się obciążanie całych konstrukcji.

Warunkiem możliwości zastosowania obliczonego w podany sposób obciążenia zmiennego było przejście przez drewno przyłożonej siły zginającej, odpowiadającej temu obciążeniu bez objawów zniszczenia.

Ze wzoru  $\delta g = \frac{M_g}{W}$ , przy przyjęciu  $M_g = 1120 \text{ kGcm}$  i  $W = 1,6 \text{ cm}^3$  dla czopa grubości 0,6 cm wynika, że naprężenie zginające, odpowiadające przyjętemu obciążeniu zmiennemu, wynosi  $\delta g = 694 \text{ kG/cm}^2$ , a ponieważ przeciętna wytrzymałość na zginanie statyczne przygotowanego do badań drewna wynosiła  $\delta g = 1396 \text{ kG/cm}^2$ , założony więc warunek był spełniony.

#### 2.2.4. Dobór liczby cykli obciążeń zmiennych

Liczba cykli obciążeń działających na konstrukcję lub jej elementy podczas użytkowania wyrobu uzależniona jest od jego funkcji i przeznaczenia.

Niektóre normy na określenie jakości mebli przewidują poddawanie gotowych mebli obciążeniom zmiennym, przy czym wielkość tych obciążeń i liczba cykli obciążania są różne. W normach tych, jak już o tym wspomniano, za kryterium odpowiedniej wytrzymałości mebli przyjęto brak wystąpienia na nich widocznych uszkodzeń.

W podjętych badaniach kryterium to uznano jednak za niewystarczające. Konieczne bowiem było dokładne określenie zmian wytrzymałości i sztywności połączeń w zależności od liczby cykli obciążeń.

W celu ustalenia kilku różnych co do ilości cykli obciążeń wykonano doświadczenia orientacyjne przy użyciu 15 elementów doświadczalnych, które zawierały złącza czopowe o pasowaniu lekko wciskanym, sklejone klejem poliioctanowinylowym. Elementy te poddawano następnie — aż do zniszczenia — obciążeniom jednostronnie zmiennym w sposób opisany w punkcie 3.2. Liczba cykli, przy których połączenia ulegały zniszczeniu, zamykała się w granicach 2600-3200. W celu uniknięcia więc niszczenia elementów przed określeniem ich wytrzymałości doraźnej postanowiono połączenia obciążać siłą przykładową 800, 1600 i 2400 razy.

#### 2.2.5. Dobór sposobu określania odkształceń i sztywności połączeń

Przy obciążaniu połączeń meblowych odkształceniom ulega zarówno drewno, jak i spoina klejowa, a więc odkształcenie połączenia jest wypadkową odkształceń obu tych materiałów.

W podjętych badaniach, których zadaniem było między innymi również ustalenie przydatności różnych krajowych klejów do tworzenia sztywnych połączeń, celowe było dobranie sposobu pozwalającego na określenie odkształceń samej tylko spoiny klejowej. Sposób taki podali R. Rinkefeil i W. Wienert [17].

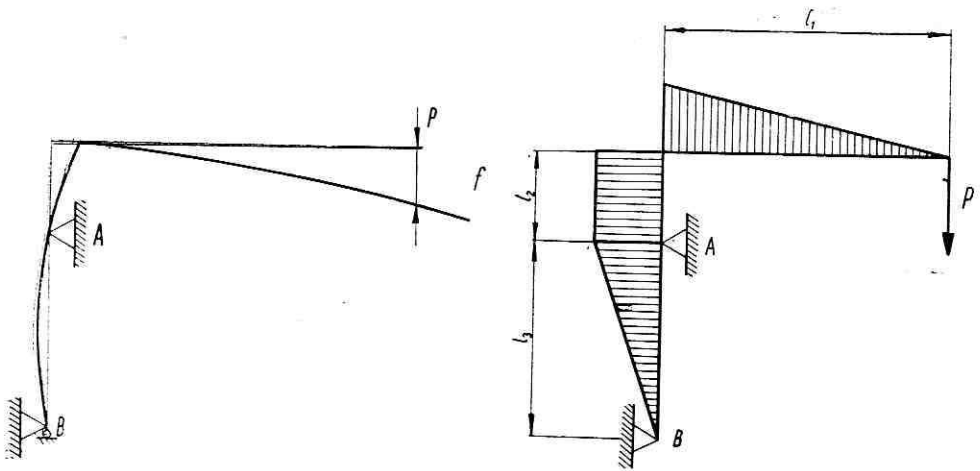
Według tych autorów, w celu oznaczenia odkształceń drewna umożliwiających określenie odkształceń spoiny, ramiona połączenia kąтового należy podzielić na trzy odcinki ( $l_1$ ,  $l_2$ , i  $l_3$ ) zgodnie ze sposobem podparcia badanych elementów przedstawionym na rysunku 2.

Ten sposób określania odkształceń drewna trzeba było jednak w niniejszej pracy zmodyfikować. Uwzględnienie tu bowiem obciążeń zmiennych, a nie, jak to stosowali wspomniani autorzy, długotrwałych obciążeń statycznych, wymagało innego zamocowania próbek w urządzeniu obciążającym. Próbką w tym urządzeniu musiała być mocowana w sposób przedstawiony na rysunku 3, w związku z czym na ramionach połączenia można było wyróżnić tylko dwa odcinki ( $l_1$  i  $l_2$ ).

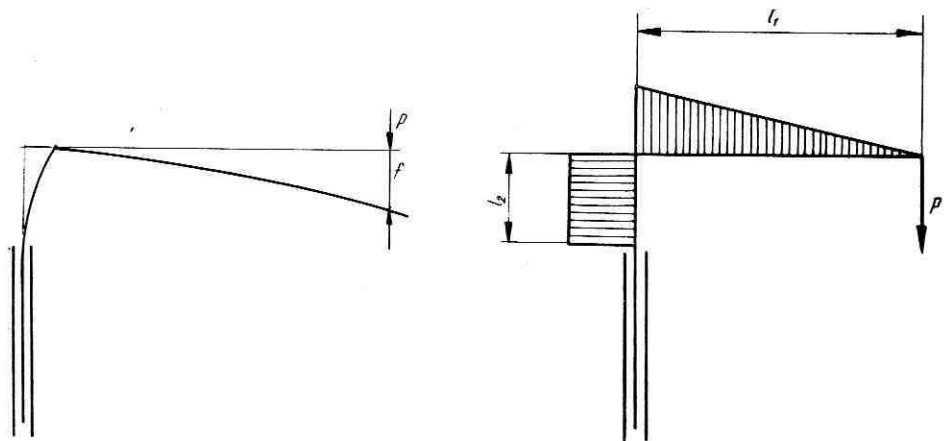
Przy obliczaniu odkształceń tych odcinków postanowiono posłużyć się wzorami podanymi przez wymienionych autorów.

Do obliczenia ugięcia ramienia, które stanowi odcinek  $l_1$ , jednostronnie podparty i obciążony siłą skupioną  $P$ , służy wzór





Rys. 2. Schemat odkształceń połączenia kąтового przy statycznym obciążeniu siłą zginającą (wg R. Rinkefeila i W. Wienerta)



Rys. 3. Schemat odkształceń połączenia kąтового przy zastosowanym w badaniach zmiennym obciążeniu siłą zginającą

$$f_1 = \frac{P \cdot l_1^3}{3 E I} \text{ [cm]} \quad (2)$$

gdzie

$P$  — siła obciążająca w kG,

$l_1$  — długość obciążanego ramienia w cm,

$E$  — moduł sprężystości drewna w kG/cm<sup>2</sup>,

$I$  — moment bezwładności dla przekroju prostokątnego w cm<sup>4</sup>.

Do obliczenia ugięcia drugiego, pionowo zamocowanego ramienia, które stanowi odcinek  $l_2$ , służy wzór

$$f_2 = \frac{P l_1^2 \cdot l_2}{E I} \text{ [cm]}. \quad (3)$$

Całkowite zaś odkształcenie obu odcinków wynosi

$$f = f_1 + f_2 = \frac{P l_1^2}{E I} \left( \frac{l_1}{3} + l_2 \right) \text{ [cm]}. \quad (4)$$

W związku z tym odkształcenie powstałe w spoinie klejowej połączenia będzie wynosiło<sup>4</sup>

$$\Delta f = f_u - f \text{ [cm]} \quad (5)$$

gdzie

$f_u$  — ugięcie całkowite połączenia w cm,

$f$  — obliczone, całkowite odkształcenie obu ramion połączenia w cm.

Do obliczenia sztywności połączeń kątowych postanowiono zastosować wzór

$$S = \frac{P \cdot l_1^2}{\Delta f} \text{ [kGcm]} \quad (6)$$

gdzie:

$P$  — siła obciążająca w kG,

$l_1$  — długość obciążanego ramienia w cm,

$\Delta f$  — odkształcenie spoiny klejowej w cm.

Ze względów technicznych uznano za celowe określanie odkształceń i sztywności połączeń przy badaniu ich doraźnej wytrzymałości. Natomiast z określenia odkształceń wywołanych obciążeniami zmiennymi postanowiono zrezygnować.

## 2.2.6. Dobór sposobu określania doraźnej wytrzymałości połączeń

Doraźną wytrzymałość połączeń postanowiono określać na podstawie wielkości momentu gnącego, ustalonego przy obciążaniu połączenia aż do zniszczenia w maszynie probierczej i przy użyciu wzoru de Saint-Venanta

$$\tau \max + \frac{Mg}{2 a b l^2} \text{ [kGcm}^2\text{]} \quad (7)$$

gdzie

$Mg$  — moment gnący w kGcm,

$b$  — szerokość czopa w cm,

$l$  — długość czopa w cm,

$a$  — współczynnik zależny od stosunku  $b : l$  (przyjęto wartość 0,220).

## 3. OPIS PRZEPROWADZONYCH DOŚWIADCZEŃ I ICH WYNIKI

### 3.1. PRZYGOTOWANIE MATERIAŁU DOŚWIADCZALNEGO

Materiał doświadczalny w postaci połączeń kątowych przygotowano w warunkach przemysłowych w Swarzędzkich Fabrykach Mebli.

<sup>4</sup>Założono, że odkształcenie połączenia  $\Delta f$  można uznać za odkształcenie spoiny klejowej.

Z fryzów bukowych o wilgotności  $9,4 \pm 0,3\%$ , gęstości  $0,78 \pm 0,04 \text{ g/cm}^3$  wytrzymałości na zginanie statyczne  $1396 \pm 134 \text{ kG/cm}^2$  i wytrzymałości na ścinanie wzdłuż włókien<sup>5</sup>  $225 \pm 15 \text{ kG/cm}^2$  wycięto listwy, których grubość po ostruganiu wynosiła 18 mm, a szerokość 40 mm. Z listew tych wyrobiono następnie około 900 odcinków długości około 500 mm, które podzielono na 4 równe części, przeznaczając każdą z nich do wykonania innego rodzaju złączy.

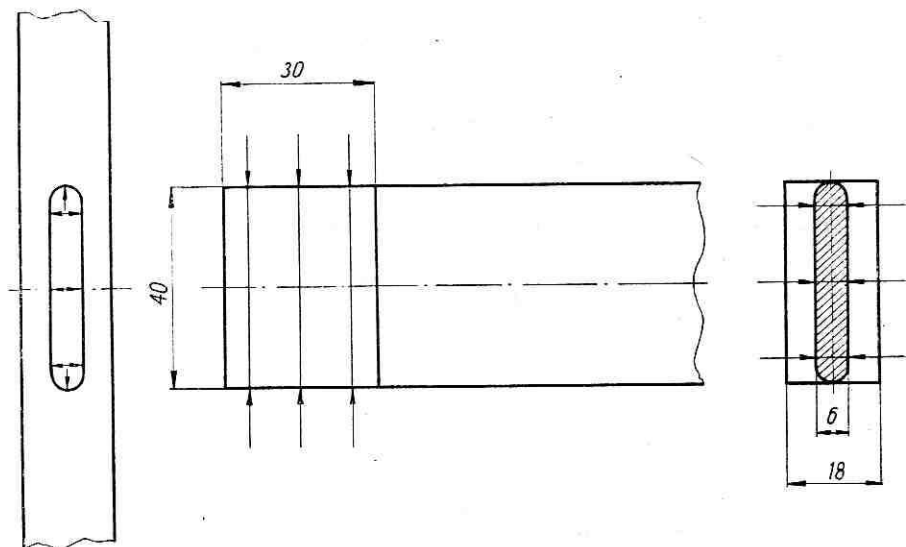
Na obu końcach każdego odcinka pierwszej grupy wykonano czopy o bokach zaokrąglonych, a następnie odcinki te przecinano w połowie długości, uzyskując w ten sposób po dwa elementy, którym nadano ostateczną długość 250 mm.

Odcinki drugiej grupy zaopatrzone na końcach w czopy o bokach prostokątnych i również wyrobiono z nich elementy długości 250 mm.

Z trzeciej grupy odcinków przygotowano elementy długości 150 mm zaopatrzone w gniazda.

Odcinki czwartej grupy zaopatrzone w widlicę pojedynczą, a następnie pocięto je na elementy długości 150 mm.

Dokładność zachowania wymiarów grubości, szerokości i wysokości czopów i gniazd skontrolowano na 50 elementów pobranych losowo z każdej grupy, dokonując pomiarów z dokładnością do 0,01 mm w sposób pokazany na rysunku 4. Wyniki tych pomiarów wraz z granicznymi odchyłkami podano w tabeli 2.



Rys. 4. Zastosowany w badaniach sposób pomiaru elementów złącza

Na podstawie wspomnianej tabeli można stwierdzić, że odchyłek wymiarów wykazywanych przez czopy i gniazda nie udało się ściśle utrzymać w granicach podanych w tabeli 1. Rodzaj pasowania przygotowanych złączy należałoby więc

<sup>5</sup>Wartość wytrzymałości na ścinanie drewna bukowego wg literatury wynosi 65-80-190 kG/cm<sup>2</sup> (przyj. red.).

Tabela 2

Wymiary elementów złączy doświadczalnych

Elementy złącza	Kierunek pomiaru	Wymiary nominalne w mm	Średnia arytmetyczna w mm	Odchylenie standardowe	Graniczne odchyłki wymiarów w mm	
Czopy	grubość	6	6,08	0,05	-0,03	+0,19
	wysokość	40	40,55	0,21	+0,08	+1,02
Gniazda	szerokość	6	6,21	0,09	+0,01	+0,41
	wysokość	40	40,32	0,12	+0,09	+0,55

określić jako lekko wciskany do wciskanego. Zwłaszcza wysokość czopów przekroczyła wartość nominalną w większym stopniu niż to przewiduje norma GOST. Nie mogło to jednak wpłynąć ujemnie na wytrzymałość połączeń, gdyż, jak w innych pracach wykazano, w ten właśnie sposób można zwiększyć wytrzymałość połączenia bez narażenia go na pęknięcie przy montażu.

Określono również, według normy PN-65/D-01005, chropowatość powierzchni elementów złączy. W tym celu pobrano losowo po 20 elementów zawierających gniazda, czopy prostokątne i czopy o bokach zaokrąglonych, przy czym elementy z gniazdami przecinano w celu odkrycia wewnętrznych powierzchni.

Gniazda oraz czopy prostokątne wykazały 4 klasę chropowatości (100-200  $\mu\text{m}$ ), natomiast czopy o zaokrąglonych bokach, klasę 5 (50-100  $\mu\text{m}$ ).

Do sklejenia złączy użyto kleju poliocetanowinylowego Wikol w postaci gotowej do użycia emulsji, 35-proc. roztworu kleju skórniego oraz kleju mocznikowego o składzie: żywica mocznikowa KM 70 — 100 cz.w., mąka żytnia typ 800 — 20 cz.w., woda — 40 cz.w., 25-proc. wodny roztwór chlorku amonowego — 10 cz.w.

W przypadku złączy widlicowych po wciśnięciu czopa w widlicę pomiędzy ich powierzchniami stykowymi tworzyły się szczeliny na skutek rozchylania widlicy przez pasowanie lekko wciskowe lub wciskane. W celu uzyskania dobrego kontaktu pomiędzy powierzchniami elementów złącza wywierano na nie nacisk za pomocą zwornicy śrubowej.

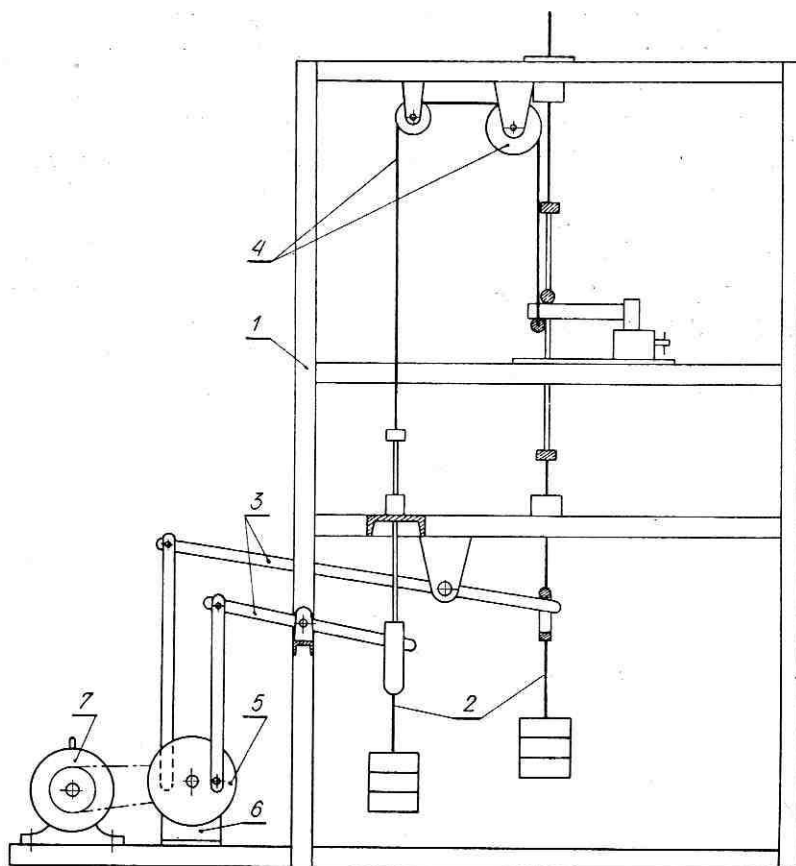
Sklejone połączenia sezonowano przez okres 1 miesiąca w warunkach pracowni. Moment niszczący tych połączeń wynosił średnio 1869 kGcm.

### 3.2. BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI I SZTYWNOŚCI POŁĄCZEŃ

Elementy doświadczalne w postaci połączeń czopowo-klejowych (rys. 1) podzielono na grupy według rodzajów złączy, rodzajów kleju użytego do ich sklejenia oraz sposobów obciążenia. Liczba próbek w poszczególnych grupach wynosiła 20.

Do zmiennego obciążania połączeń zastosowano urządzenie prototypowe, oparte na wzorze opracowanym przez prof. T. Perkitnego, przystosowane jednak do wywierania również obciążeń dwustronnie zmiennych przez wyposażenie go w dodatkowe elementy (rys. 5).

W urządzeniu tym ruch obrotowy zamieniany jest przez korbowody na ruch posuwisto-zwrotny. Przegubowe połączenie korbowodów z ramionami dźwigni po-



Rys. 5. Schemat urządzenia do badania wytrzymałości połączeń na obciążenia zmienne: 1 — rama stalowa wolno stojąca, 2 — pręty pionowe z naporami, 3 — dźwignie ramienne, 4 — krażki i linka stalowa, 5 — koła z mimośrodkowo zamocowanymi korbowodami, 6 — przekładnia ślimakowa, 7 — silnik elektryczny

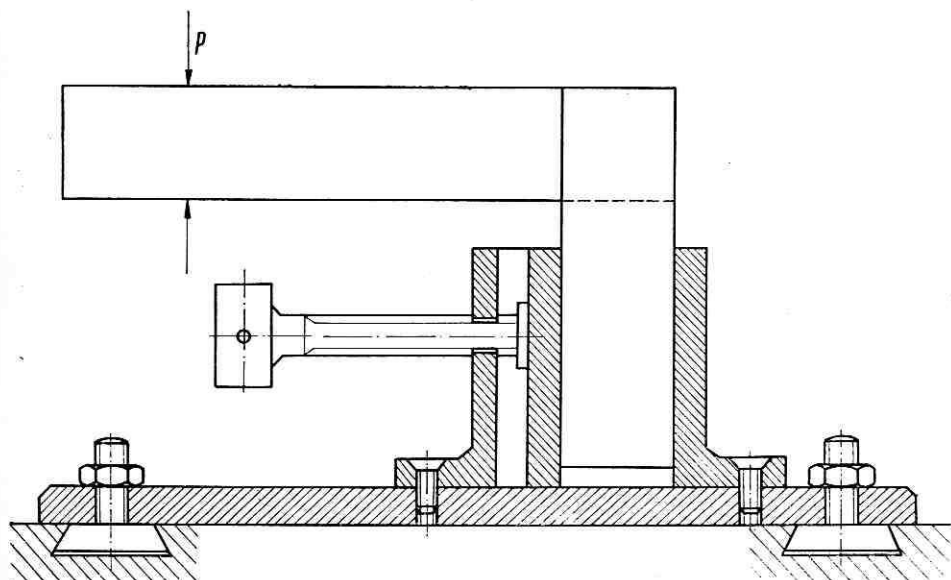
woduje na przemian unoszenie się i opuszczanie prętów pionowych wraz z naporami. Dźwignie te są tak ustawione, że w momencie opuszczania się prętów pionowych ku dołowi napora zatrzymuje się na próbce, odpowiednio zamocowanej na belce poprzecznej, a dźwignia przesuwają się jednym końcem jeszcze około 10 mm w dół od sworznia podporowego. Umożliwia to obciążanie próbki z siłą, która odpowiada obciążnikowi zawieszonemu na dolnym końcu pręta łącznie z ciężarem samego pręta. Częstotliwość obciążeń może być regulowana za pomocą przekładni pasowej w granicach 27-39 cykli na minutę.

Poszczególne próbki, zamocowane w sposób pokazany na rysunku 6, obciążano jedno- lub dwustronnie z prędkością 100 mm na minutę przy częstości zmian obciążenia wynoszącej 27 cykli na minutę. Liczba cykli zmian obciążenia wynosiła 800, 1600 lub 2400, a wielkość obciążenia 1120 kGcm.

Nie wszystkie jednak rodzaje połączeń zniósły zastosowane parametry prób zmęczeniowych bez zniszczenia. Zwłaszcza w przypadku obciążeń dwustronnie

zmiennych. Przy liczbie cykli wynoszącej 2400 prawie wszystkie próbki, z wyjątkiem złączy sklejonych klejem glutynowym, uległy zniszczeniu na skutek ścięcia w spoinie klejowej.

Z kolei dla wszystkich połączeń, a więc zarówno poddawanych obciążeniom zmiennym, jak i nie poddawanych tym obciążeniom połączeń porównawczych, określono siłę niszczącą i odkształcenie w chwili zniszczenia. Oznaczeń tych dokonano za pomocą 10-tonowej maszyny probierczej typu Schopper, umieszczając w niej badane próbki w sposób podany na rysunku 6. Badania przeprowadzono przy zakresie do 2 T i prędkości swobodnego posuwu głowicy 10 mm/min, dokonując odczytów siły z dokładnością do 2,5 kG, a odkształceń — do 1 mm.



Rys. 6. Schemat sposobu zamocowania elementu doświadczalnego w urządzeniu pomocniczym przy obciążaniu zmiennym i przy określaniu wytrzymałości doraźnej

Na podstawie uzyskanych wyników obliczono wytrzymałość połączeń oraz ich odkształcenia i sztywność, stosując wzory podane w metodyce badań (punkty 2.2.5 i 2.2.6). Wartości te zestawiono w tabelach 3-6.

#### 4. ANALIZA WYNIKÓW

Dążąc do wyjaśnienia problemu wpływu różnych obciążeń zmiennych na wytrzymałość połączeń meblowych, przeprowadzono badania na 2 rodzajach złączy sklejanых 3 rodzajami kleju. Wyniki tych doświadczeń, przedstawione w tabelach 3-6, stwarzają więc podstawę do wyciągnięcia wniosków nie tylko co do wpływu sposobu obciążania na wytrzymałość połączeń, lecz także i wpływu na tę wytrzymałość rodzaju połączenia i rodzaju kleju.



Tabela 3

Niektóre właściwości czopowych połączeń kątowych określone po jednostronnie zmiennym obciążaniu momentem gnącym

Rodzaj kleju użytego do sklejenia złączy	Liczba cykli obciążeń zmiennych	Właściwości połączeń (średnie dla 20 próbek)					
		wytrzymałość ( $\tau$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )		odkształcenie ( $\Delta f$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )		sztywność ( $S$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )	
		$\tau$ kG/cm <sup>2</sup>	$\nu$ %	$\Delta f$ cm	$\nu$ %	$S$ kGcm	$\nu$ %
Glutynowy	0	179	8	1,3	23	17 938	20
	800	178	9	1,3	23	17 273	18
	1600	154	43	1,3	46	15 041	44
	2400	135	52	1,4	50	13 027	55
Mocznikowy	0	165	11	0,7	23	39 952	25
	800	159	9	0,7	22	37 783	21
	1600	154	19	0,8	23	31 118	24
	2400	144	19	1,0	30	26 417	45
Poliocetanowinyłowy	0	159	16	1,0	30	28 823	27
	800	153	23	1,1	27	22 976	28
	1600	142	30	1,0	40	22 002	39
	2400	116	21	2,1	108	11 009	44

Tabela 4

Niektóre właściwości czopowych połączeń kątowych określone po dwustronnie zmiennym obciążaniu momentem gnącym

Rodzaj kleju użytego do sklejenia złączy	Liczba cykli obciążeń zmiennych	Właściwości połączeń (średnie dla 20 próbek)					
		wytrzymałość ( $\tau$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )		odkształcenie ( $\Delta f$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )		sztywność ( $S$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )	
		$\tau$ kG/cm <sup>2</sup>	$\nu$ %	$\Delta f$ cm	$\nu$ %	$S$ kGcm	$\nu$ %
Glutynowy	0	179	8	1,3	20	17 938	20
	800	139	46	1,5	44	12 164	47
	1600	121	56	1,5	45	11 310	58
	2400	92	81	1,8	68	8 221	82
Mocznikowy	0	165	11	0,7	23	39 952	25
	800	158	7	0,9	22	29 222	21
	1600	110	45	1,0	50	14 969	52
	2400	—	—	—	—	—	—
Poliocetanowinyłowy	0	159	16	1,0	20	28 823	27
	800	82	60	2,1	124	9 436	71
	1600	—	—	—	—	—	—
	2400	—	—	—	—	—	—

Tabela 5

Niektóre właściwości widlicowych połączeń kątowych określone po jednostronnie zmiennym obciążaniu momentem gnącym

Rodzaj kleju użytego do sklejania złączy	Liczba cykli obciążeń zmiennych	Właściwości połączeń (średnie dla 20 próbek)					
		wytrzymałość ( $\tau$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )		odkształcenie ( $\Delta f$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )		sztywność ( $S$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )	
		$\tau$	$\nu$	$\Delta f$	$\nu$	$S$	$\nu$
		kG/cm <sup>2</sup>	%	cm	%	kGcm	%
Glutynowy	0	99	16	1,5	20	21 071	27
	800	96	15	1,5	20	19 550	20
	1600	96	16	1,6	15	18 717	22
	2400	62	55	1,6	48	12 880	60
Mocznikowy	0	98	22	1,0	25	30 844	18
	800	76	15	1,2	19	18 879	23
	1600	72	44	1,0	39	20 115	46
	2400	65	42	1,3	41	17 288	48
Poliocetanowinylowy	0	94	19	0,9	22	32 754	27
	800	90	16	1,2	17	23 546	22
	1600	84	34	1,2	35	21 974	47
	2400	70	55	1,4	159	15 589	68

Tabela 6

Niektóre właściwości widlicowych połączeń kątowych określone po dwustronnie zmiennym obciążaniu momentem gnącym

Rodzaj kleju użytego do sklejania złączy	Liczba cykli obciążeń zmiennych	Właściwości połączeń (średnie dla 20 próbek)					
		wytrzymałość ( $\tau$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )		odkształcenie ( $\Delta f$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )		sztywność ( $S$ ) i współczynnik zmienności ( $\nu$ )	
		$\tau$	$\nu$	$f$	$\nu$	$S$	$\nu$
		kG/cm <sup>2</sup>	%	cm	%	kGcm	%
Glutynowy	0	99	16	1,5	20	21 071	27
	800	80	40	1,6	26	16 459	44
	1600	62	52	1,6	36	11 905	57
	2400	52	69	1,7	47	9 601	75
Mocznikowy	0	98	22	1,0	25	30 844	18
	800	50	63	1,3	48	13 435	65
	1600	30	115	1,6	44	7 338	119
	2400	—	—	—	—	—	—
Poliocetanowinylowy	0	94	19	0,9	22	32 754	27
	800	69	46	1,2	49	17 863	51
	1600	61	61	1,3	46	14 043	68
	2400	—	—	—	—	—	—

W celu określenia wpływu rodzaju obciążeń zmiennych na doraźną wytrzymałość połączeń obliczono na podstawie tabel 3-6 średnie ważone dla wszystkich rodzajów złączy sklejoných różnymi klejami i obciążanych przy różnej liczbie cykli obciążeń. Wartości te podano w tabeli 7.

Tabela 7

Średnie wartości ważone obliczone dla złączy czopowych i widlicowych, sklejoných klejami glutynowym, mocznikowym i polioctanowinylowym po 800-, 1600- i 2400-krotnym działaniu obciążeniem zmiennym, wynoszącym 60% momentu niszczącego

Rodzaj obciążenia zmiennego	Wytrzymałość $\tau$ kG/cm <sup>2</sup>	Odształcenie	Szywność $S$ kGcm
		w chwili zniszczenia $\Delta f$ cm	
—	147	1,12	27 572
Jednostronnie zmienne	126	1,27	22 029
Dwustronnie zmienne	95	1,63	18 011

Na podstawie wspomnianej tabeli można stwierdzić bardzo wyraźny wpływ obciążeń zmiennych, a zwłaszcza dwustronnie zmiennych, na wytrzymałość i sztywność połączeń.

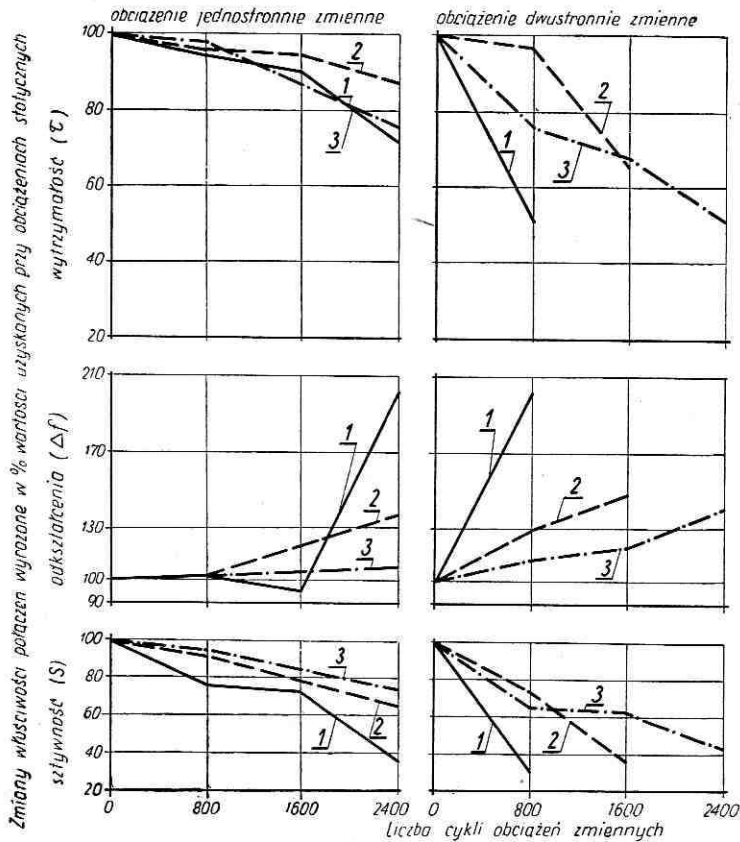
Stwierdzenie to może mieć duże znaczenie praktyczne, jeśli się zważy, że w obecnie przeprowadzanych badaniach mebli obciąża się je najczęściej w sposób jednostronnie zmienny. Meble przeznaczone, zwłaszcza do siedzenia, stosunkowo często bywają w praktyce narażone na działanie sił dwustronnie zmiennych, a zatem dotychczasowy sposób ich badania można by uznać za niezupełnie właściwy, gdyż stosujący warunki zbyt łagodne. Warto tu jeszcze raz podkreślić, że na skutek dwustronnie zmiennego obciążania wytrzymałość połączeń uległa zmniejszeniu około 35%, obciążenia zaś jednostronnie zmienne obniżyły ją tylko około 15%.

W celu wyraźniejszego zobrazowania wpływu klejów na wytrzymałość, odkształcenia i sztywność połączeń sporządzono rysunki 7 i 8, w których wartości uzyskane dla połączeń poddawanych obciążeniom zmiennym wyrażono w procentach wartości wykazanych przez połączenia nie poddawane tym obciążeniom.

Analizując przebieg krzywych charakteryzujących zmiany wytrzymałości spoin poszczególnych klejów oraz odkształcenia i zmiany sztywności połączeń uzyskanych za pomocą tych klejów, można zauważyć pewne różnice pomiędzy klejami polioctanowinylowym, mocznikowym i glutynowym. Szczególnie wyraźnie zarysowały się te różnice przy dwustronnie zmiennym obciążaniu połączeń.

Klej polioctanowinylowy użyty do sklejanja złączy czopowych (rys. 7) już po 800 cyklach obciążeń zmiennych, wynoszących 60% obciążenia niszczącego, wykazał spadek wytrzymałości spoiny klejowej około 50%. Przy zwiększeniu liczby cykli do 1600 wszystkie połączenia uległy zniszczeniu. Spoiny kleju mocznikowego okazały się w tych warunkach bardziej odporne, gdyż jeszcze po 1600 cyklach obciążeń ich wytrzymałość wynosiła około 65% w stosunku do wytrzymałości wyjściowej. Przy

dalszym zwiększaniu liczby cykli do 2400 wszystkie połączenia uległy jednak zniszczeniu. Najbardziej odporne na dwustronnie zmienne obciążanie połączeń okazały się spoiny kleju glutynowego. Jeszcze bowiem po 2400 cyklach ich wytrzymałość wynosiła około 50% wytrzymałości wyjściowej.



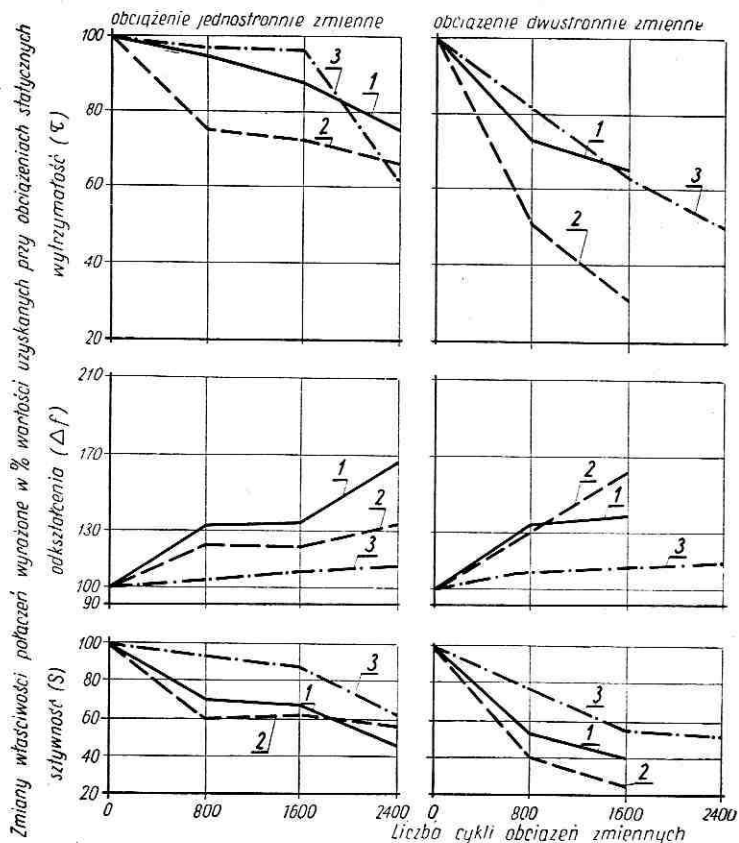
Rys. 7. Wpływ obciążeń zmiennych na właściwości złączy czopowych krytych, sklejonych klejami: 1 — polioctanowinylowym, 2 — mocznikowym i 3 — glutynowym

Mniej lub bardziej intensywnemu spadkowi wytrzymałości połączeń towarzyszył szybszy lub wolniejszy wzrost ich odkształceń. Wzrost ten był największy w przypadku użycia kleju polioctanowinylowego, a najmniejszy — dla kleju glutynowego. Podobnie kształtowały się zmiany sztywności połączeń.

Przy badaniu złączy widlicowych (rys. 8) zdecydowanie gorszy od kleju polioctanowinylowego okazał się klej mocznikowy. Po 1600 cyklach dwustronnie zmiennych obciążeń sklejone tym klejem połączenia wykazały tylko około 30% wytrzymałości wyjściowej, a w przypadku obu pozostałych klejów — przeszło 60%.

Omówione wyniki wymagają nieco szerszego naświetlenia. Na podstawie literatury i obserwacji dokonywanych w praktyce można stwierdzić, że kleje syntetyczne, a więc użyte tu kleje mocznikowy i polioctanowinylowy, przy doraźnym określaniu

wytrzymałości spoin klejowych na ścinanie górują nad klejami naturalnymi, a więc również i nad użytym tu klejem glutynowym. Potwierdzają to także wartości podane w tabeli 1 II części niniejszego opracowania. Stwierdzeniu temu nie przeczy podana w tabelach 3-7 największa wytrzymałość połączeń sklejonych klejem glutynowym, gdyż o wytrzymałości połączeń decyduje nie tylko wytrzymałość spoiny klejowej na ścinanie, co bliżej omówiono w II części opracowania.



Rys. 8. Wpływ obciążeń zmiennych na właściwości złączy widlicowych pojedynczych, sklejonych klejami: 1 — poliocetanowinylowym, 2 — mocznikowym i 3 — glutynowym

Większa wytrzymałość na ścinanie spoin klejów syntetycznych jest w praktyce argumentem za stosowaniem tych klejów do sklejanego złączy meblowych. W nielicznych jedynie publikacjach zwraca się uwagę na niekorzystne zachowanie się spoin klejów mocznikowych i poliocetanowinylowych w pewnych określonych warunkach. M. Zenkteler [23] oraz F. Walter [21] wykazali na przykład wrażliwość spoin kleju poliocetanowinylowego na działanie długotrwałych obciążeń i nieznacznie podwyższonej temperatury, a R. Keylwerth i W. Höfer [9] oraz E. Sauer [19] stwierdzili dużą wrażliwość spoin kleju mocznikowego na obciążenia zmienne. Ci sami autorzy wykazali brak wrażliwości spoin klejów glutynowych na te obciążenia.

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki są zgodne z tymi stwierdzeniami. Na ich podstawie można więc uznać za najwłaściwszy do sklejanego złącza meblowych, zwłaszcza w konstrukcjach narażonych na działanie obciążeń zmiennych, klej glutynowy. Warto przy tym zaznaczyć, że klej ten w tym zastosowaniu przeszedł pomyślnie próbę stuleci.

Niekorzystny sposób zachowania się spoin kleju polioctanowinyloвого związany jest niewątpliwie z ich budową wewnętrzną. Struktura ta, złożona z cząstek liniowych, nadaje zestalonej substancji znaczną plastyczność pod wpływem podwyższonej temperatury oraz obciążeń.

Gorsze właściwości połączeń sklejonych klejem mocznikowym niż sklejonych klejem glutynowym spowodowane zostały najprawdopodobniej większą sztywnością spoin mocznikowych. Cecha ta wpływa ujemnie na wytrzymałość tych spoin, zwłaszcza przy ich zwiększonej grubości.

W związku z postawionym sobie pośrednim celem pracy, którym było określenie warunków sprawdzania wytrzymałości konstrukcji mebli szkieletowych, uznać należy badanie oddzielnych złączy danej konstrukcji za niezwykle ważny element tych badań. Uzyskane wyniki odpowiednio przeprowadzonych prób mogą dostarczyć zarówno projektantowi, jak i wykonawcy mebli, bardzo cennych danych, umożliwiających kontrolę ich działania.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że zastosowane warunki przeprowadzania prób umożliwiają wystarczająco dokładną charakterystykę połączeń. Wydaje się również uzasadnione, ażeby złącza meblowe, sklepane różnymi klejami, wykazywały odporność na obciążenia zmienne nie mniejszą niż połączenia sklepane przy użyciu kleju glutynowego. Postawienie takiego warunku zmusiłoby do odpowiedniej modyfikacji produkowanych obecnie u nas klejów mocznikowego i polioctanowinyloвого.

## 5. WNIOSKI

Na podstawie wyników badań i ich analizy sformułować można następujące wnioski.

1. Kątowe połączenia meblowe (czopowe kryte i widlicowe) wykazują znacznie większą wrażliwość na obciążanie dwustronnie zmienne siłą zginającą niż na obciążanie jednostronnie zmienne.

2. Możliwość narażenia konstrukcji meblowych, a zwłaszcza konstrukcji mebli do siedzenia, na obciążenia dwustronnie zmienne przemawia za stosowaniem tego sposobu obciążania w badaniach kontrolnych w miejsce stosowanego obecnie obciążania jednostronnego.

3. Doraźna wytrzymałość połączeń kątowych obciążanych momentem gnącym jest w przypadku sklejanego złączy różnymi klejami w dużym stopniu zbliżona. Jednakże pod wpływem obciążeń zmiennych wytrzymałość ta, jak i sztywność połączeń, ulegają obniżeniu w sposób wyraźnie zależny od rodzaju kleju. W najmniejszym stopniu właściwości te ulegają pogorszeniu w przypadku kleju glutynowego. Po 2400 cyklach dwustronnie zmiennego obciążania siłą równą 60% siły



niszczącej, przykładaną z prędkością 100 mm na minutę i z częstotliwością 27 razy na minutę, wytrzymałość tych połączeń wynosiła jeszcze około 50% wytrzymałości wyjściowej. Połączenia wykonane przy użyciu kleju mocznikowego uległy zniszczeniu po przekroczeniu liczby cykli obciążeń wynoszącej 1600, a kleju polioctanowinylowego — 800.

4. W kontrolnych badaniach wytrzymałości połączeń kątowych celowe wydaje się stawianie warunku, ażeby wytrzymałość tych połączeń po 2400 cyklach dwustronnie zmiennego obciążenia siłą równą 60% siły niszczącej, przykładaną z prędkością 100 mm na minutę i z częstotliwością około 30 razy na minutę, nie uległa obniżeniu więcej niż o 50%.

#### LITERATURA

1. Bielakow N.M.: Rasziot procnosti szypowych sojedinienij. Leningrad 1960.
2. Curtu J., Fleischer H., Sperchez F.: Cercetări asupra tensiunilor ce se produc intr-un scaun. „Industria Lemnului” 1969, nr 2, s. 52.
3. Eckelman C.A.: The stiffness matrix method of furniture frame analysis. „Wood Science” 1970, nr 4, s. 221.
4. Eckelman C.A., Suddarth S.K.: Analysis and design of furniture frames. „Wood Science and Technology” 1969, nr 4, s. 239.
5. Fidyk A.: Badania nad wpływem obciążeń dynamicznych na wytrzymałość spoiny klejowej w niektórych połączeniach meblowych. „Prace Instytutu Technologii Drewna” 1964, nr 1, s. 3.
6. Fotele. Wymagania i badania w zakresie wytrzymałości i odkształcalności. BN-69/7103-06.
7. Hart D.P.: Structural performance testing. „FIRA Bulletin 1970”, nr 29, s. 7.
8. Janson A.J., Kaczan W.F.: Badanie wytrzymałości złączy stolarskich płyt wiórowych. „Przemysł Drzewny” 1966, nr 2, s. 28.
9. Keylwerth R., Höfer W.: Rheologische Untersuchungen an Leimfugen bei Querszugbelastung. „Holz als Roh-und Werkstoff” 1962, nr 3, s. 91.
10. Kontek W.: Z badań wytrzymałości połączeń kolkowo-klejowych. „Prace Komisji Budowy Maszyn i Elektrotechniki PTPN” 1964, t. 3, nr 2.
11. Kotaś T.: Sztywność mebli skrzyniowych. „Przemysł Drzewny” 1958, nr 10, s. 15 i nr 11, s. 10.
12. Krzesła. Wymagania i badania w zakresie wytrzymałości oraz odkształcalności. BN-70/7103-07.
13. Leśnikowski A., Drouet T., Kuczyński E.: Badania w zakresie połączeń elementów mebli z płyt wiórowych. Warszawa 1959 (Dokumentacja ITD nr DK 308).
14. Łapszyn J.G.: O normach procnosti ugiłowych sojedinienij korpusnoj miebii. „Dieriewboorabatywajuszczaja promyslnennost” 1969, nr 5, s. 17.
15. Meble skrzyniowe mieszkaniowe. Wymagania i badania wytrzymałości oraz sztywności. BN-65/7103-01.
16. Michajłow W.N.: Stolarno-miechaniczieskije proizwodstwa. Moskwa—Leningrad 1951.
17. Rinkefeil R., Wienert W.: Prüfungen and Winkelverbindungen. „Holztechnologie” 1967, nr 1, s. 58.
18. Rónai F.: Untersuchungen zur Festigkeit von Fensterfügel—Eckverbindungen. „Holz als Roh-und Werkstoff” 1969, nr 3, s. 103.
19. Sauer E.: Chemie und Fabrikation der tierischen Leime und der Gelatine. Berlin—Göttingen—Heidelberg 1958.
20. Trusewicz A., Wojno S.: Badania odporności na obciążenia użytkowe podstawowych form konstrukcyjnych mebli skrzyniowych. Warszawa 1963 (Dokumentacja ITD nr DK 506).

21. Walter F.: Fragen der Entwicklung und Vereinheitlichung der mechanisch-technologischen Prüfung von Klebstoffen. „Holztechnologie“ 1964, Sonderheft, s. 60.
22. Zenkteler M.: Eckverbindungen von Spanplatten auf Gehrung mit scheibenförmigen Dübeln bei Verwendung von PVAc—Klebern. „Möbel und Wohnraum“ 1967, nr 1, s. 9.
23. Zenkteler M.: Co należy wiedzieć o klejach poliocetanowinyłowych. „Przemysł Drzewny“ 1968, nr 7, s. 15.
24. Zenkteler M., Paul A.: Wytrzymałość spoin klejowych na ścianie po wielokrotnym zginaniu sklejonnych elementów. Poznań 1969 (praca nie publikowana).
25. Zenkteler M., Trojanowska A.: Wpływ grubości spoin niektórych krajowych klejów na wytrzymałość połączeń. „Prace Komisji Technologii Drewna PTPN“ 1973, t. 1, z. 2.

### Streszczenie

Różnego rodzaju meble szkieletowe, służące do siedzenia, obciążane bywają w czasie ich użytkowania siłami zmiennymi, które bardzo często mają charakter sił dwustronnie zmiennych. Dotąd jednak brak jeszcze danych, jak zachowują się złącza tych konstrukcji, sklezione różnymi klejami pod działaniem wspomnianych obciążeń.

W badaniach zastosowano dwa rodzaje złączy kątowych: czopowe kryte i widlicowe pojedyncze. Elementy doświadczalne, wykonane z drewna bukowego w warunkach przemysłowych, sklezione zostały na zimno klejami: glutynowym, mocznikowym i poliocetanowinyłowym.

Elementy doświadczalne, po podzieleniu na grupy obejmujące po 20 próbek, poddawano w prototypowym urządzeniu jedno- lub dwustronnie zmiennemu obciążaniu siłą równą 60% siły niszczącej, przykładaną z prędkością 100 mm na minutę i z częstotliwością 27 razy na minutę. Liczba cykli zmian obciążeń wynosiła 800, 1600 i 2400. Po tym wstępnym obciążaniu zmiennym określono za pomocą maszyny probierczej dla wszystkich próbek siłę niszczącą oraz odkształcenie w chwili zniszczenia. Na podstawie tych danych obliczono wytrzymałość spoiny klejowej za pomocą wzoru (7), odkształcenie spoiny klejowej za pomocą wzorów (2)-(5) oraz sztywność połączeń za pomocą wzoru (6).

Na podstawie wyników badań sformułowano następujące wnioski:

1. Kątowe połączenia meblowe wykazują znacznie większą wrażliwość na obciążanie dwustronnie zmienne siłą zginającą niż na obciążenie jednostronnie zmienne.
2. Częste narażenie konstrukcji meblowych, a zwłaszcza konstrukcji mebli do siedzenia, na obciążenia dwustronnie zmienne przemawia za zastosowaniem tego sposobu obciążania w badaniach kontrolnych w miejsce stosowanego obecnie obciążania jednostronnego.
3. Doraźna wytrzymałość połączeń kątowych jest w przypadku sklejenia złączy różnymi klejami w dużym stopniu zbliżona. Jednakże pod wpływem obciążeń zmiennych wytrzymałość ta, jak i sztywność połączeń, ulegają obciążeniu w sposób wyraźnie zależny od rodzaju kleju. W najmniejszym stopniu właściwości te ulegają pogorszeniu w przypadku kleju glutynowego, w większym stopniu mocznikowego, a w największym poliocetanowinyłowego.
4. W kontrolnych badaniach wytrzymałości złączy kątowych celowe wydaje się stawianie warunku, ażeby wytrzymałość tych złączy po 2400 cyklach dwustronnie zmiennego obciążania siłą równą 60% siły niszczącej, przykładaną z prędkością 100 mm/min i z częstotliwością około 30 razy na minutę, nie uległa obniżeniu poniżej 50% (w przeprowadzonych badaniach warunk ten spełniły tylko połączenia sklezione klejem glutynowym).

Станислав Дзенгелевски, Михал Зэнктелер

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ КАРКАСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЕРЕВЯННОЙ МЕБЕЛИ

### Ч. I. ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ

#### Краткое содержание

Каркасная мебель разного рода, предназначенная для сидения, подвергается во время эксплуатации воздействию переменных сил, являющихся часто двухсторонне переменными силами. Однако в области сведений о том, как под влиянием вышеуказанной нагрузки ведут себя эти конструктивные соединения, склеенные разными клеями, существует серьезный пробел.

Предпринятые в связи с этим исследования проводились с двумя типами соединений: с угловыми глухими шиповыми соединениями и с соединениями одинарного открытого шипа. Экспериментальные детали были изготовлены в промышленных условиях и склеивались глютиновым, мочевиным и полиацетатвиниловым клеями холодного клеения.

Образцы полученным таким образом соединений подвергались — в группах по 20 штук — нагрузке в прототипном испытательном устройстве силой, составлявшей 60% разрушающей силы, при чем скорость нагрузки равнялась 100 мм в минуту, а частота ее приложения — 27 раз в минуту. Число циклов изменения нагрузки составляло 800, 1600 и 2400.

После выполнении этой предварительной серии переменных нагрузок со всеми образцами соединений производилось с помощью испытательной машины определение разрушающей силы и величины деформации в момент разрушения. Затем на основании полученных данных вычислялась с помощью формулы (7) прочность клевого шва, с помощью формул (2—5) — деформация клевого шва и с помощью формулы (6) — жесткость соединений.

Результаты этих испытаний послужили основанием для следующих выводов:

1. Угловые мебельные соединения гораздо более чувствительны к воздействию двусторонне переменной, чем к воздействию односторонне переменной сгибающей силы.

2. В виду того, что конструкции мебели — особенно мебели для сидения — часто подвергаются влиянию двусторонне переменной нагрузке, рекомендуется применение именно этого рода нагрузки при контрольных испытаниях — вместо односторонне переменной.

3. Непосредственно измеряемая прочность угловых соединений, изготовленных с помощью разных клеев, не проявляет существенных различий. Однако, падение, как прочности, так и жесткости этих соединений под действием переменной нагрузки уже определенно зависит от вида примененного клея. Меньше всего снижается под влиянием нагрузку прочность соединений на глютиновом клее, средним образом — соединений на мочевином и больше всего — соединений на полиацетатвиниловом клее.

4. Целесообразным кажется принять за условие при контрольных испытаниях прочности угловых соединений, что после приложения 2400 циклов двусторонне переменной нагрузки силой, составляющей 60% разрушающей силы, и прилагаемой со скоростью 100 мм/мин и частотой около 3 раз в минуту — соединения не должны терять более 50% своей исходной прочности (в проведенных испытаниях это требование удовлетворяли только соединения на глютиновом клее).

*Stanisław Dziegielewski, Michał Zenktelel*

INVESTIGATIONS ON JOINTS IN CARCASS FURNITURE CONSTRUCTIONS OF WOOD  
PART I. THE STRENGTH AND RIGIDITY  
OF JOINTS UNDER VARIABLE LOADING

S u m m a r y

Different types of furniture, intended for sitting, are subjected to variable loadings during service, and these are, very often of alternative character. Up to now there is a scarcity of data concerning the behaviour of joints in these constructions, glued with various glues, under the influence of mentioned above loadings.

Two kinds of angle joints were investigated viz. stop housed joint and forked tenon joint. Experimental members produced of beech wood under commercial conditions were cold glued with glutin, urea, and polyvinyl acetate glues. These members, after dividing them into groups embracing 20 samples each, were subjected to fluctuating or alternative loads with forces equal to 60% of ultimate force, applied with the speed of 100 mm per minute and frequency 27 per minute. Number of cycles in loading changes was 800, 1600, and 2400. After this initial changing loading, the ultimate strength and the stress at failure were determined for all samples on the testing machine. On the basis of obtained data, glue line strength was calculated from the formula No 7 strain in glue line from formulae No. 2-5, and rigidity of joints from formula 6.

Investigation results enabled to draw the following conclusions:

1. Angle joints in furniture members are pointedly more susceptible to alternating loadings with bending forces than to fluctuating loadings.
2. Frequent exposure of furniture members, especially in furniture intended for sitting, to alternative loadings in service, suggests application of this kind of loading when testing furniture members instead of commonly used fluctuating loadings for that purpose.
3. Short-time strength of angle joints glued with different used adhesives was comparable to a great degree. However, under the influence of changing loads, this strength as well as rigidity of joints, are decreasing depending on the kind of used glue. Glutin glue proved the least susceptible, while urea glue more and PVC most susceptible to the decrease of mentioned properties.
4. When testing the strength of angle joints it seems justifiable to demand, that the strength of these joints must not decrease below the level of 50% after 2400 cycles of alternating load with the force equal to 60% of ultimate force, applied with speed of 100 mm per minute and frequency of about 30 per minute. In the carried out tests this demand was met only by joints glued with glutin glue.