

Istraživanje statičke i dinamičke čvrstoće stolica kao parametra njihove kvalitete**

Doc. dr hab. Stanislaw Dziejielewski
Mr ing. Ilona Giemza
Ivica Grbac, dipl. ing.*

UDK 634.0.836.1

Prispjelo: 15. rujna 1982.
Prihvaćeno: 11. listopada 1982.

Izvorni znanstveni rad

Sažetak

Rad sadrži rezultate istraživanja karakteristika čvrstoće triju tipova stolica. Ovi proizvodi bili su podvrgnuti destruktivnim statičkim ispitivanjima i ispitivanjima na zamor na prednji i bočni rub sjedala. Dobiveni rezultati svjedoče o tome da obvezni parametri opterećenja pri atestiranju namještaja ne odražavaju u potpunosti čvrstoću stolica, koje su podvrgnute različitim opterećenjima.

Ključne riječi: granična čvrstoća — ispitivanje na zamor — destrukcija — deformacija — statičko opterećenje.

EXAMINATIONS OF STATIC AND DYNAMIC STRENGTH OF CHAIRS AS A PARAMETER OF THEIR QUALITY

Summary

This article contains the results of examination of strength characteristics on the three types of chairs. These products have been exposed to the destructive statical examinations and the fatigue tests on the front and side edge of the seat.

The results obtained prove that the obligatory parameters of load in testing furniture do not reflect to the full the strength of chairs which have been exposed to different loads.

Key words: limit strength — tests on fatigue — destruction — deformation — statical load. (A. M.)

1.0. UVOD

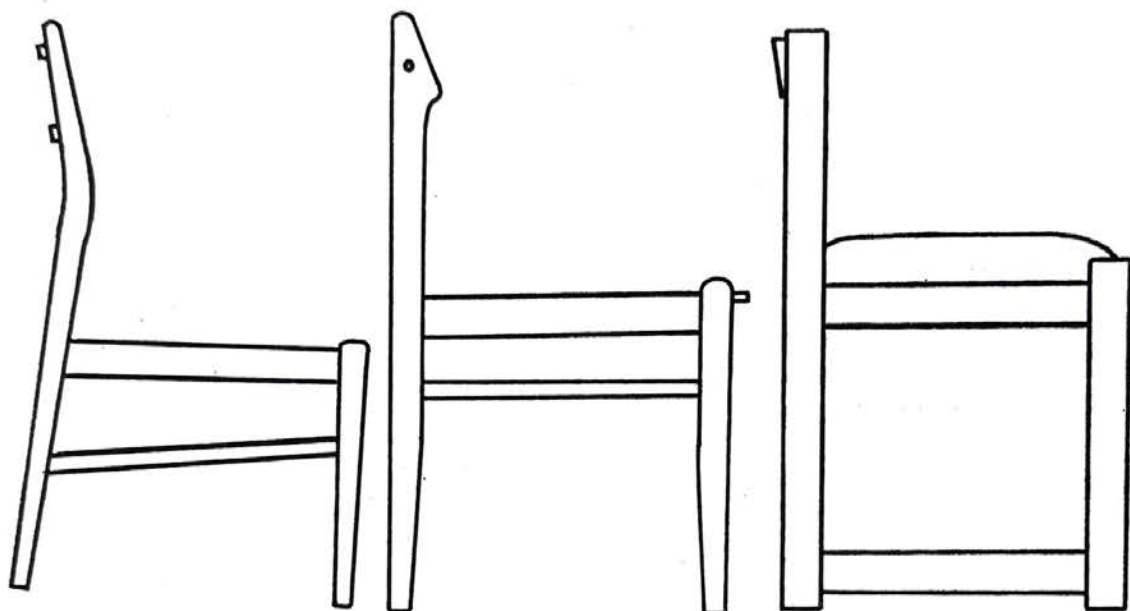
Za ocjenu kvalitete namještaja, kao pravilo, uzimaju se četiri osnovna kriterija: — vrsta i kvaliteta primijenjenih materijala; — kvaliteta izrade; — funkcionalnost i čvrstoća (izdržljivost).

Detaljni zahtjevi, cilj kojih je garantiranje odgovarajuće razine kvalitete namještaja, sadržani su u opće dostupnim standardima. Među njima je grupa standarda koji određuju zahtjeve čvrstoće (izdržljivosti) namještaja. Osnovno je kod tih standardiziranih metoda podvrgavanje konstrukcije opterećenjima u određenim smjerovima, koja izazivaju promjenljiva naprezanja u skladu s uvjetima upotrebe namještaja. Mjera čvrstoće (izdržljivosti), u tom slučaju, jest karakter i veličina destrukcije elementa i spoja konstrukcije ili nepostojanje takve destrukcije u ovisnosti o broju i intenzitetu naprezanja.

Velike sumnje izaziva način određivanja parametara opterećenja, osobito broj ciklusa opterećenja, koji se određuje tzv. eksploatacijskom silom. Teško je naći osnovu koja bi poslužila za ustanovljavanje obveznih standardiziranih uvjeta. Neka objašnjenja koja se odnose na taj problem sadržana su u specijaliziranoj literaturi Korolev (1973), Dziuba, Kwiatkowski (1976), Dziejielewski (1971). Ipak ni u toj literaturi ovo pitanje nije riješeno u potpunosti. Zbog toga se javlja neophodnost da se usporedi stvarna čvrstoća na zamor u uvjetima upotrebe s pretpostavkama koje su uzete u standardima. Bit problema je u tome da se ustanovi ovisnost među graničnim čvrstoćama na zamor, definiranim određenim brojem ciklusa pri ustanovljenom nivou naprezanja, koja odgovaraju standardiziranim naprezanjima. U vezi s tim, u ovom su radu sprovedena ispitivanja za određivanje granične čvrstoće na zamor odabranog tipa stolica. Prikupljeni rezultati eksperimenata omogućuju analizu čvrstoće (izdržljivosti) ovih konstrukcija, jer uzimaju u obzir niz mjerljivih pokazatelja kvalitete namještaja. Ova su istraživanja trebala utvrditi objektivnost standardiziranih kriterija kod ispitivanja čvr-

* Doc. dr hab. Stanislaw Dziejielewski
Akademija Rolnicza, Institut mehaničke tehnologije drva,
Poznanj — Poljska
Mr ing. Ilona Giemza
Akademija Rolnicza, Institut mehaničke tehnologije drva
Poznanj — Poljska
Ivica Grbac, dipl. ing., Sumarski fakultet
Zagreb — Yugoslavia

** Ovaj je rad u sažetom obliku iznesen na savjetovanju »Istraživanje i razvoj proizvoda u drvnoj industriji«, Kumrovec 1982.



Sl. 1 — Stolica tip. 200 — 213
Fig. 1 — Chair type 200 — 213

Sl. 2 — Stolica tip »MEDEO«
Fig. 2 — Chair type »MEDEO«

Sl. 3 — Stolica tip »PINUS«
Fig. 3 — Chair type »PINUS«

stoće (izdržljivosti) stolica i tako doprinijeti produbljivanju znanja u oblasti konstrukcija namještaja i optimizaciji metoda za ocjenu izdržljivosti (trajnosti) namještaja.

2.0. OPIS UZORAKA I METODA ISTRAŽIVANJA

Predmetom istraživanja bile su konstrukcije triju različitih tipova stolica:

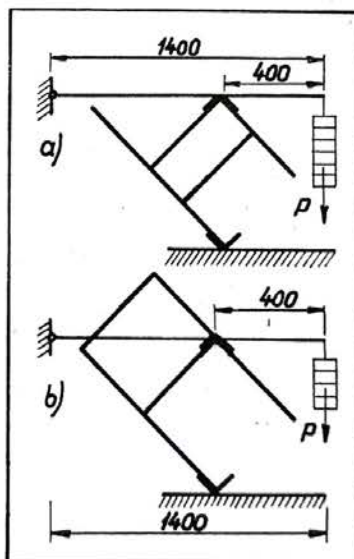
- stolica iz bukvine tipa »200-213«, slika 1
- stolica iz bukvine tipa »MEDEO«, slika 2
- ojasna stolica iz borovine tipa »PINUS«, slika 3.

Stolice su bile izrađene od elemenata međusobno povezanih čepom s napregnutim dosjedom, slijepjenim polivinilacetatnim ljepilom. Uzorci navedenih tipova stolica bili su izrađeni u industrijskim uvjetima, što omogućuje znatno približenje istraživanja k stvarnim uvjetima u eksploataciji. Iz istog su razloga opterećenja kod ispitivanja odabrana u skladu s uvjetima u upotrebi.

U vezi s tim statička destruktivna opterećenja poslužila su tek za određivanje granične čvrstoće proizvoda u uvjetima njihova cikličkog opterećenja. S tim ciljem stolice su opterećivane, u skladu s poznatim shemama (slika 4), polaganim opterećivanjem od 20 daN do loma ili destrukcije konstrukcije. Istovremeno se mjerila deformacija na spojevima konstrukcije, koja je bila izazvana ovim opterećenjima s točnošću do 1 mm. Označavanje točaka i način mjerenja deformacije prikazani su na slici 5,

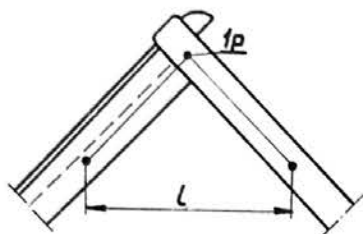
Jednostrana promjenljiva opterećenja, koja su djelovala na stolice, iznosila su 40, 60 i 80% od

onih određenih ranije destrukcijom statičkim opterećenjem. Ova opterećenja primjenjivala su se do loma. Na taj način bio je određen kritičan broj ciklusa, koji omogućuje da se ustanove karakteristike čvrstoće konstrukcije. Opterećenje stolica pro-



Sl. 4 — Shema opterećenja stolica
a) prednji rub sjedala
b) bočni rub sjedala

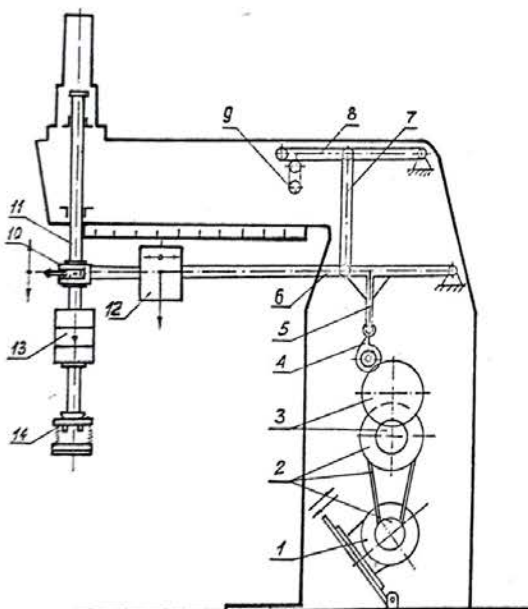
Fig. 4 — Scheme of load on the chair
a) front edge of the seat
b) side edge of the seat



Sl. 5 — Metoda mjerenja deformacija sklopova konstrukcija
Fig. 5 — Method of measuring deformation of the construction sets

vodilo se promjenljivim silama na eksperimentalnom uređaju (sl. 6) s primjenom slijedećih parametara opterećenja:

- maksimalna veličina oscilacije — 120 mm,
- učestalost oscilacije — 40 ciklusa/min.



Sl. 6 — Pokusni uređaj (naprava) za ispitivanje stolica

Schema pokusnog pogonskog uređaja:

1 — motor, 2 — remenski prigon, 3 — zupčani reduktor, 4 — koljenasta osovina, 5 — potpora poluge, 6 — glavna poluga, 7 — spojka poluge, 8 — pomoćna poluga, 9 — konzola poluge, 10 — ležaj glavne poluge, 11 — tlačna osovina, 12 — promjenljivo opterećenje, 13 — tanjurasti teret, 14 — tlačni stap.

Fig. 6 — Experimental device for testing of chairs.

Scheme of experimental driving gear:

1 — motor, 2 — belt drive, 3 — reduction gear, 4 — crankschaft, 5 — lever support, 6 — main lever, 7 — rod coupling, 8 — auxiliary lever, 9 — lever bracket, 10 — main lever bearing, 11 — pressure shaft, 12 — load variable, 13 — plate-like load, 14 — pressure piston.

Kod statičkog, kao i kod dinamičkog opterećenja, hvatište sile odabrano je, u skladu s Poljskim standardima, na prednjem rubu sjedala i na bočnom rubu sjedala (slika 4).

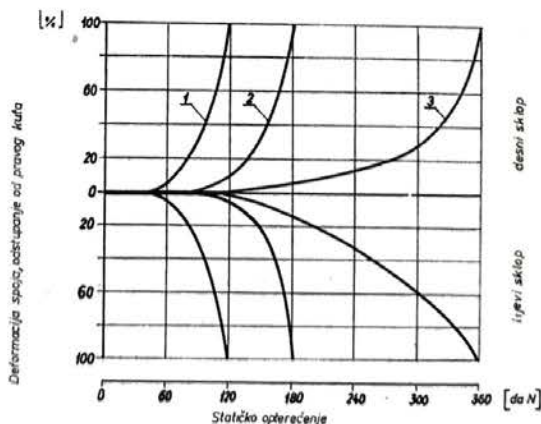
3.0. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NJIHOVA ANALIZA

Za objašnjenje uvjeta eksploatacije stolica treba upozoriti na njihovu konstrukciju kao nosivi sistem. Poznato je da se stolica sastoji, shematski gledano, iz štapova i spojeva koji tvore plošni okvir s krutim čvorovima. U tipičnoj konstrukciji stolice postoje četiri plošna okvira:

- stražnji okvir, u sastav kojeg ulaze noge i horizontalni nosači koji ih spajaju i naslon;
- prednji okvir, koji se sastoji od nogu s horizontalnim veznim elementima;
- dva simetrično smještena bočna okvira. Svaki od njih se sastoji od stražnje i prednje noge s horizontalnim veznim elementima, te s rukonaslonima koji se nalaze u bočnim ravninama.

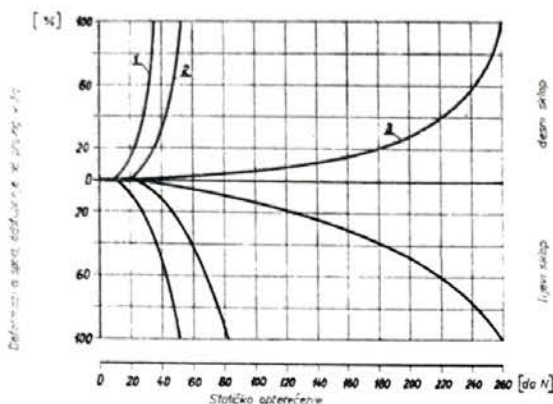
Karakteristika stolica je ne samo rešetkasti sistem nego i simetrija u jednom smjeru. Zato se istraživanja čvrstoće vrše tako da se stolice opterećuju simetrično (sheme na slici 4).

Destrukciji se mogu podvrgnuti spojevi koji povezuju horizontalne elemente s nogama, a također i sami elementi. Provedena malobrojna istraživanja pokazala su da u 80 % slučajeva dolazi do destrukcije baš u samom spoju. U ovom radu autori nisu namjeravali baviti se rasporedom unutrašnjih sila u elementima i spojevima konstrukcije, jer je na tome izvršeno niz istraživanja, Dziejielewski i Zenkteler (1971), Korolev (1973), Haberkzak (1975) i Dziuba i Kwiatkowski (1976) i dr. U skladu s ciljem danog rada bio je izveden pokus da se ustanovi eksperimentalnim putem granična čvrstoća (izdržljivost) triju različitih tipova stolica. Obračunavao se broj ciklusa pri opterećenju, uzevši u obzir različite nivoe naprezanja, a također i deformacije pri dinamičkom i statičkom opterećenju u granicama elastičnosti. Dobiveni rezultati analizirani su zasebno za svaki tip konstrukcije stolice.



Sl. 7 — Deformacija spoja pod utjecajem statičkog opterećenja na prednji rub sjedala

Fig. 7 — Joint deformation under the influence of static load on the front edge of the seat

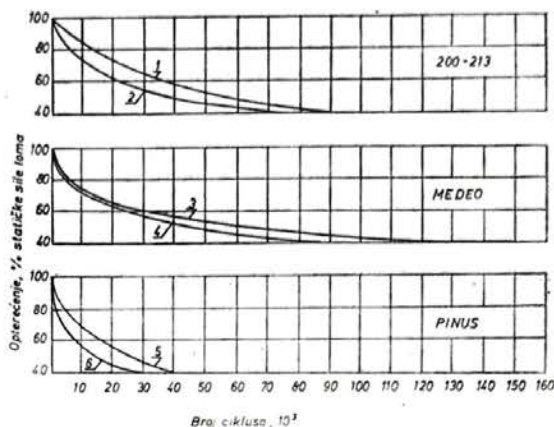


Sl. 8 — Deformacija spoja pod utjecajem statičkog opterećenja na bočni rub sjedala

Fig. 8 — Joint deformation under the influence of statical load on the side edge of the seat

Stolica tipa »200-213«, prikazana na slici 1, bila je podvrgnuta opterećenjima kako je navedeno u opisu metode istraživanja. Dobiveni rezultati prikazani su krivuljama 1, slike 7. i 8.

Kod opterećenja na prednji rub stolice postižu se više vrijednosti. Razlika katkada iznosi i 100%. To je razumljivo, jer su u upotrebi naprezanja u tom smjeru znatno veća (sjedenje, naslanjanje, njihanje i ustajanje). Ove krivulje smještene su u glavnom simetrično u odnosu na os apcise. Čvrstoća stolice tipa »200-213«, pri opterećenju na prednji dio sjedala, kretala se u granicama 60—80 daN. Ove vrijednosti odnose se na elastično područje uz deformacije od 10—14% odstupanja od pravog kuta. Više, tj. kod 40—80% odstupanja od



Sl. 9 — Karakteristike čvrstoće stolica na zamor

Fig. 9 — Characteristics of chair strength on fatigue

vulje prikazuje čvrstoću stolice tipa »200-213« opterećenu u prednjem dijelu stolice (shema sl. 4a). U ovisnosti o razini naprezanja, maksimalni broj ciklusa, za spomenuti način opterećenja, iznosi oko 90.000. Pri opterećenju na bočni rub sjedala, broj ciklusa iznosi nešto više od 60.000, (krivulja 2).

Interesantni su rezultati koje sadrži tablica I. U njoj se nalaze rezultati deformacije spojeva, izmjereni povećanjem dužine dijagonale, kako je to prikazano na slici 5. Izraženi su u postocima odstupanja od pravog kuta. U tablici je prikazan i konačni broj ciklusa za različite nivoe opterećenja izražene u postocima od statičkog opterećenja do loma. Takve ovisnosti ne susreću se u specijalnoj literaturi i zato se smatraju posebno interesantnim.

OVISNOST IZMEĐU DEFORMACIJA I BROJA CIKLUSA, PRI RAZLICITOM NIVOU PROMJENLJIVIH OPTEREĆENJA

DEPENDENCE OF THE DEFORMATIONS UPON THE NUMBER OF CYCLES AT DIFFERENT LEVEL OF VARIABLE LOADS

Tablica I

Table I

Tip stolice koja se istražuje	Nivo primijenjenog opterećenja		Deformacije odstupanja od pravog kuta %	Granični broj ciklusa primijenjenih opterećenja	
	% statičkog opterećenja	daN		n	koeficijent varijacije %
200—213	80	117	67	11600	12
	60	88	58	44600	16
	40	59	42	77400	13
MEDEO	80	232	61	1700	14
	60	174	48	29100	16
	40	116	31	120300	19
PINUS	80	312	72	2400	9
	60	234	74	10200	11
	40	156	78	36448	15

pravog kuta, zapaža se granica tečenja (puzanja) i zatim destrukcija. Treba pretpostaviti da u tom momentu dolazi do smicanja u sljubnici u samom spoju. Nešto drugačije izgledaju rezultati istraživanja zamora koje ilustrira slika 9. Tok prve kri-

Stolica tipa »MEDEO« (slika 2) pokazala je nešto veću čvrstoću, prosječno za 80%, krivulja 2 (slike 7. i 8). Kao i u prvom slučaju, čvrstoća konstrukcije stolice tipa »MEDEO«, opterećene u prednjem dijelu sjedala, gotovo je 6 puta veća

nego pri opterećenju na bočni rub sjedala. Već sada se može zaključiti da su granična opterećenja stolice, pri bočnom opterećenju, niža nego u slučaju opterećenja prednjeg ruba sjedala. Ova zakonitost proistječe iz uvjeta eksploatacije stolica. Deformacije spojeva koji se nalaze na suprotnoj strani neposrednog opterećenja slične su, pa bi se isti odnosi mogli očekivati kod opterećenja na stražnji rub sjedala. Kod deformacije u iznosu od 20%, opterećenje za prednji rub sjedala iznosi ≈ 130 daN, a pri opterećenju na bočni rub ≈ 35 daN. Destrukcija spoja događa se u prvom slučaju pri opterećenju koje iznosi 180 daN, a u drugom pri 50 daN. U rezultatu istraživanja zamora dobiveni su također značajno viši rezultati nego što je bilo u prethodnom slučaju (slika 9). To se dobro vidi kod opterećenja prednjeg ruba sjedala (krivulja 3). Za opterećenje koje iznosi 40% statičkog opterećenja kod loma, granični broj ciklusa iznosi oko 150.000.

Za bočno opterećenje ova veličina iznosi 90.000 ciklusa. Takva značajna razlika u čvrstoći u korist stolice tipa »MEDEO« može proizlaziti iz konstrukcije i izrade tog drugog tipa stolice. Za razmotren slučaj ova razlika iznosi oko 60.000 ciklusa. Ovu pojavu ne treba razmatrati kao isključivi slučaj ili kao odstupanje u istraživanjima, jer ovi rezultati predstavljaju srednju vrijednost izračunatu iz deset pokusa. Ovo je vjerojatno posljedica nepostojanja konstruktivnih elemenata koji bi konstrukciji dali krutost bočnih okvirnih podsklopova stolice.

Prosječne vrijednosti za prvi slučaj i drugi način opterećenja prikazane su u tablici I. Za 40% nivoa opterećenja granični broj ciklusa iznosi 120.000, a deformacija 31% odstupanja od pravog kuta. Kao što slijedi iz tablice 1, s povećanjem broja ciklusa maksimalna deformacija je sve manja.

Stolica tipa »PINUS« (slika 3) u konstrukciji je karakterizirana većim poprečnim presjecima elemenata. Osim toga, stolica je izrađena od borovine. Statička čvrstoća ove stolice, kako proizlazi iz točkova krivulje 3 predočenih na slici 7. i 8, mnogostruko premašuje čvrstoću ranije analiziranih stolica. Posebno se zapaža postupno povećanje deformacija. Pri opterećenju na prednji rub sjedala do deformacije od 20% dolazi pri utjecaju sile od 280 daN, a pri opterećenju na bočni rub sjedala veličina sile iznosi oko 170 daN. Destrukcija konstrukcije, u prvom slučaju opterećenja, dogodila se pri sili 360 daN, a u drugom slučaju ova vrijednost je iznosila 260 daN. Ovaj rezultat za nekoliko puta je veći od rezultata dobivenih za konstrukcije »200—213« i »MEDEO«. Značajna razlika čvrstoće povezana je s povećanim poprečnim presjecima nosivih elemenata. Potpuno drugačije izgledaju rezultati istraživanja čvrstoće na zamor. Granični broj ciklusa (slika 8), koji je bio dobiven za dani tip stolice, ne premašuje 40.000 (krivulja 5). To iznosi manje od postavljenih normativnih zahtjeva standarda u Poljskoj. Dobivena deformacija

spoja (tablica I), izmjerena prirastom dijagonale, također se znatno razlikuje od prethodne. Broj ciklusa iznosi za primijenjeni nivo 80% od statičkog opterećenja — 2.400, za razinu opterećenja 60% — 10.200, a razinu 40% — 36.448 ciklusa. Deformacije spojeva slične su i neovisne od primijenjene razine opterećenja. Obrazloženje tako značajnog smanjenja čvrstoće na zamor, u odnosu na statičku, treba tražiti u izboru spojeva, vezova i u načinu nanošenja ljepila na njihovu površinu, elastičnosti konstrukcije i dr.

4.0 ANALIZA I ZAKLJUČCI

Dobiveni rezultati istraživanja daju dovoljno osnove za odgovor na pitanja koja su postavljena u cilju rada i koja se odnose na bolji izbor parametara opterećenja stolica pri provjeri njihove eksploatacijske čvrstoće. Na temelju istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Rezultati istraživanja pokazuju da se normativni uvjeti ne odražavaju u potpunosti na čvrstoću stolica. Ova tvrdnja ističe potrebu sprovođenja daljih intenzivnijih istraživanja tog problema.
2. Deformacija spojeva ili vezova, u istraženim konstrukcijama, nalazi se u tijesnoj vezi s nivoom napreznja i brojem ciklusa napreznja na zamor.
3. Deformacije vezova, smještenih simetrično u odnosu na smjer napreznja, su podjednake.
4. Primjena prevelikih presjeka nosivih elemenata ne utječe na povećanje čvrstoće proizvoda. Dobiveni rezultati istraživanja upozoravaju na velik utjecaj pravilno odabranih i pažljivo izrađenih vezova na krutost i čvrstoću konstrukcije.
5. Kao što su potvrdili rezultati ispitivanja, statička istraživanja ne prezentiraju dovoljno eksploatacijske karakteristike proizvoda. Atestiranje namještaja mora se oslanjati pretežno na rezultate ispitivanja zamora.

LITERATURA

- [1] BELJAKOV, N. M.: Rasčot pročnosti šipovyh soedinenij. Lenjingrad 1960.
- [2] DZIEGIELEWSKI, S. i ZENKTELER, M.: Badania nad polaczeniami szkieletowych konstrukcij mebli z drewna. AR — Poznan 1971.
- [3] DZIUBA, T. i KWIATKOWSKI, K.: Doswiadczenie weryfikacja metody obliczen konstrukcji krzesel. AR — Poznan 1976.
- [4] KOROLEV, W. I.: Osnovy racionalnogo konstruirovanija mebli. Moskva 1973.
- [5] HABERZAK, A.: Analiza rozkladu naprezen w spoinie klejowej w polaczeniu na czopy elementow drewnianych. Przemysl Drzewny z. 10, 1975.
- [6] BEREZNICKA, D. i GORONSKI, M.: Badania wytrzymałości i odkształcen wybranych mebli do siedzenia. AR — Poznan 1981.
- [7] BROWARNY, Z.: Badania wytrzymałości i odkształcen krzesel. AR — Poznan 1981.
- [8] MAGZATOW, T.: Lądania zmierzające do określenia granicznej wytrzymałości wybranych typów mebli do siedzenia. AR — Poznan 1981.
- [9] LJULJKA, B.: Ispitivanje čvrstoće i trajnosti naslonjača (fotelja) i počivaljki (sofa i kaučeva). Drvna industrija, Zagreb 1976, br. 1-2.
- [10] LJULJKA, B.: Namještaj za sjedenje, neka njegova svojstva i metode ispitivanja. Drvna industrija, Zagreb 1976, br. 1-2.

Recenzent: prof. dr B. Ljuljka