

Džinčić I., Skakić D., Nestorović B. 2008. *Factors affecting rigidity and durability of chairs*. Bulletin of the Faculty of Forestry 97: 259-276.

Игор Џинчић
Душан Скакић
Бисерка Несторовић

UDK: 684.43
Оригинални научни рад

УТИЦАЈНИ ФАКТОРИ НА ЧВРСТОЋУ И ТРАЈНОСТ СТОЛИЦА

Извод: Кроз праксу се показало да је трајност столица највећим делом у функцији издржљивости и избору елемената везе за различите конструкције столица. Да би се могло вршити упоређивање столица на основу издржљивости, а због различитих врста конструкције столица, извршена је њихова подела на 6 група, а према начину спајања у критичним тачкама. На чврстоћу критичног споја утичу површина лепљења, тачност израде, вид налегања, врста и влажност дрвног материјала, квалитет лепка и режими лепљења. Истраживање утицајних фактора на чврстоћу критичног споја извршено је на две групе столица са сарговима и на две групе детаља који чине критичне спојеве. Приликом израде узорака за испитивање варијанти су следећи утицајни фактори: тачност израде, вид налегања и површина лепљења.

Кључне речи: столица, чврстоћа, сила, број циклуса, трајност

FACTORS AFFECTING RIGIDITY AND DURABILITY OF CHAIRS

Abstract: Strength and durability of different types of chairs is mostly function of rigidity and type of joints. Classification of chairs was completed upon their critical points. Based on this divide, chairs were classified into six categories. Based on previous research, strength of joints have been influenced by gluing surface, machining quality, type of fit, species and humidity of wood material, glue quality and gluing parameters. Research have been carried out on two groups of chairs, and two groups of joints. Machining quality, type of fit and gluing surface, have been varied during experiment.

Key words: chair, strength, force, number of tilting, durability

*мр Игор Џинчић, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
др Душан Скакић, ред. проф., Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
мр Бисерка Несторовић, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет,
Београд*

1. УВОД

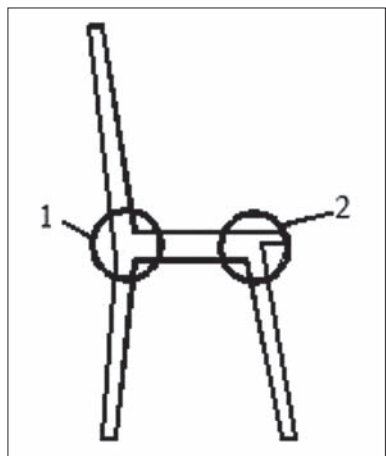
Квалитет производа представља један од кључних циљева сваке савремено организоване производње, што га сврстава у групу основних излазних карактеристика производног процеса. Према националном стандарду СРПС Д.Е2.100, оцена квалитета намештаја за седење се доноси на основу испитивања карактеристика квалитета које су подељене у четири групе услова: функционалност (функционалне мере и стабилност), издржљивост, отпорност површина и квалитет материјала и тачност израде.

Кроз праксу показало се да је трајност столица највећим делом у функцији издржљивости и у избору елемената везе за различите конструкције столица. Како на чврстоћу споја утиче већи број фактора основни циљ овог рада је да се добије одговор на питање: Да ли је могуће успостављање везе између чврстоће лепљеног споја и броја циклуса приликом испитивања издржљивости?

2. ПРЕДМЕТ, ЦИЉ И ПРОГРАМ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Предмет истраживања

Предмет истраживања овог рада обухвата лоцирање критичних места у конструкцији столица, одређивање издржљивости столица са сарговима и утврђивање фактора који утичу на квалитет конструкције.



Слика 1. Шема столице са назначеним критичним тачкама у конструкцији

Figure 1. Model of chair, with critical points

На основу досадашњих истраживања и искустава из праксе показало се да је трајност столица највећим делом у функцији издржљивости, а издржљивост у функцији избора елемената везе за различите конструкције столица. Да би се могло вршити поређење столица различитих конструкција, на основу издржљивости, нужно је извршити њихову поделу која ће омогућити анализу између група. Подела столица ће бити извршена према начину спајању детаља у критичним тачкама. На основу резултата досадашњих истраживања и искуства из праксе, дошло се до закључка да се као најкритичније тачке у конструкцији столица јављају:

- спој бочног сарга и задње ноге;
- спој бочног сарга и предње ноге (сл. 1).

По начину спајања детаља у критичним тачкама, столице се могу поделити у 6 група:

- I група - столице израђене од плоча из масивног дрвета;
- II група - столице израђене од савијених елемената;
- III група - столице код којих саргови формирају трапез или квадрат;
- IV група - столице са укрштеним сарговима;
- V група - склопиве (баштенске) столице;
- VI група - столице од слојевитог дрвета.

У складу са овом поделом, а на основу података из литературе (Рудигер, 1995, Јершић, Синковић, 1982), као и према подацима Завода за контролу квалитета намештаја Шумарског факултета у Београду, најзаступљеније су столице треће групе. Наиме, ове столице према подацима Завода за контролу квалитета намештаја Шумарског факултета у Београду, чине 64,8% од укупног броја столица које су испитиване у периоду од 2000-2004. године. Из ових разлога, посебна пажња ће се посветити испитивању издржљивости столица са сарговима, као најзаступљенијој групи столица. Такође, према досадашњим истраживањима, као критично место појавио се спој бочни сарг-задња нога, па ће се испитивање сконцентрисати на овај спој.

2.2. Циљ рада

Чврстоћа лепљених спојева испитује се на два начина: мерењем силе лома проба бочни сарг - задња нога и мерењем броја циклуса клаћењем на столица са примењеним спојем. У том смислу, циљ овог рада је:

- утврђивање утицаја врсте споја на чврстоћу столица са сарговима;
- утврђивање утицаја тачности израде на чврстоћу столица са сарговима;
- утврђивање утицаја вида налегања на чврстоћу столица са сарговима.

2.3. Програм истраживања

У зависности од типа примењеног споја, столице различитих конструкција пружаће различите чврстоће критичних спојева. Према ранијим истраживањима на чврстоћу критичног споја утичу следећи фактори: врста споја, површина лепљења, тачност израде, вид налегања, врста дрвета, влажност дрвета, квалитет лепка и режими лепљења. Поред површине лепљења (у овом испитивању константа), врста споја, тачност израде и вид налегања представљају најутицајније факторе на квалитет конструкције. Сходно томе истраживање ће бити усмерено на утврђивање њиховог утицаја на чврстоћу и издржљивост столица са сарговима.

3. МЕТОД ИСТРАЖИВАЊА

3.1. Избор узорка

Испитивање утицајних фактора на чврстоћу критичног споја извршиће се на две групе столица са сарговима и на две групе детаља који чине критичне спојеве, у условима контролисаног лабораторијског експеримента.

3.1.1. Избор врсте дрвета за израду узорака

Будући да дрво букве у шумама Србије обухвата 50,4% запремине свих врста дрвећа и 43,0% запреминског прираста дрвета (Шошкић, Скакић, 1995), наметнула се потреба да се узорци израде од ове, у нас, индустријски најважније врсте дрвета.

Узорци су израђивани из резане грађе која је добијена од стабала из газдинства Гоч-Гвоздац Жељин-Столови. Газдинство Гоч-Гвоздац је део планинског подручја Гоч. Стабла су расла у одељењу 41/1 Гоч-Гвоздац А на надморској висини 1.020-1.180 *m*, експозиција север-североисток, на падини уједначеног нагиба. Тип шуме у којој су се налазила стабла је била висока пребирна шума јеле и букве у фази разградње. Просечни годишњи запремински прираст је био 3,88 $m^3 \cdot ha^{-1}$.

3.1.2. Избор врсте спојева, видова налегања и тачности израде

У складу са циљем рада израђене су две групе столица и две групе Т-спојева (група А и група Б) са различитим типом елемента везе. Узорци прве групе су спајани помоћу овалног чепа и жљеба, док су у другој групи као елемент везе коришћени типлови.

У оквиру сваке партије израђено је пет узорака столица и тридесет узорака Т-споја (спој бочни сарг-задња нога), што за целокупно испитивање износи 120 Т-спојева и 20 столица. У оквиру прве групе, од 15 столица и 90 Т-спојева, израђено је три партије узорака (партије А₁, А₂, А₃), док је у другој групи израђена једна партија (Б₁). Између партија прве групе варирани су следећи фактори: тачност израде и вид налегања, док су површина лепљења, врста дрвета, влажност материјала, квалитет лепка и режими лепљења контролисани и одржавани константним.

У табели 1 дат је преглед група и партија узорака са варираним факторима споја.

Табела 1. Табеларни преглед група и партија узорака са варираним фактора споја
Table 1. A varied factors of wood joints given by groups and batches of samples

Група Group	Примењени елемент везе Type of joint	Ознака партије Batch	Номиналне мере Nominal dimensions			Тачност израде Machine accuracy	Вид налегања Fit type
			<i>mm</i>				
			Л	Б	Д		
А	чеп-жљеб	А ₁	30	40	10	ТД40	$K/p \begin{matrix} p \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} k \\ 0 \end{matrix}$
		А ₂				ТД25	$K/p \begin{matrix} p \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} k \\ 0 \end{matrix}$
		А ₃				ТД25	$K/p \begin{matrix} r \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} k \\ 0 \end{matrix}$
Б	типл/рупа	Б ₁	45	/	>10	ТД40	$K/p \begin{matrix} p \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} k \\ 0 \end{matrix}$

Пре израде узорака, испитана је тачност рада машина за израду елемената везе.

Влажност свих узорака је контролисана пре израде елемената везе и износила је $8\pm 2\%$.

3.1.2.1. Израда узорака

У складу са циљем рада у оквиру сваке партије израђено је пет узорака столица и тридесет узорака Т-споја (спој бочни сарг-задња нога), што за целокупно испитивање износи 120 Т-спојева и 20 столица.

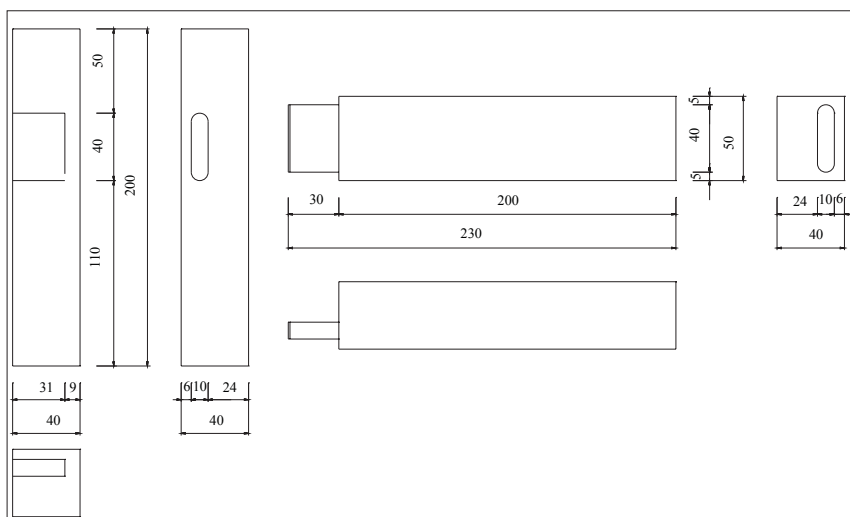
А) Израда Т-спојева

У складу са циљем рада израђене су четири партије узорака бочни сарг-задња нога са 30 узорака, што даје укупно 120 узорака за целокупно испитивање. Спојеви бочни сарг-задња нога називају се још и Т-спојеви.

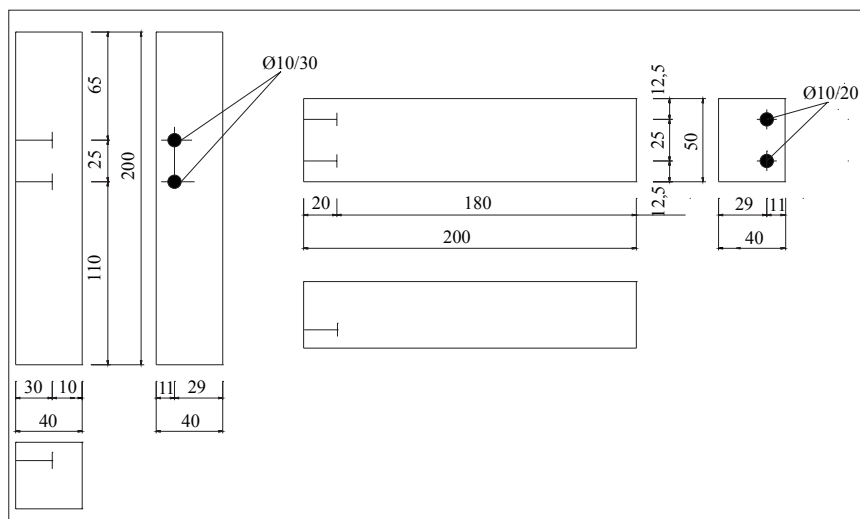
Испитивања су обављена на буковим гредицама димензија $40\times 40\times 200\text{ mm}$ (нога) и $50\times 40\times 200\text{ mm}$ (сарг). Димензије елемената везе дати су на сликама 2 и 3.

Б) Израда столица

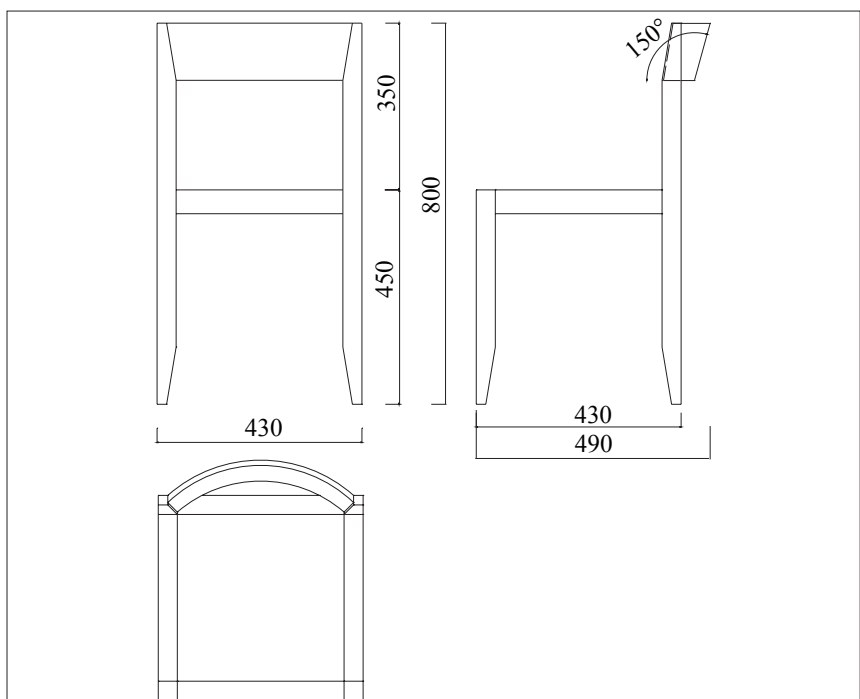
За испитивање чврстоће спојева на столицама израђене су, четири партије узорака. Испитивање је обављено на столицама код којих саргови формирају траpez или квадрат (трећа група столица). У оквиру сваке партије израђено је по пет узорака што износи укупно 20 столица за целокупно испитивање.



Слика 2. Димензије чепова и жљобова
Figure 2. Sample dimensions - tenon and mortise



Слика 3. Димензије типлова и рупа
 Figure 3. Sample dimensions - tenon and hole



Слика 4. Представник 3. групе столица
 Figure 4. Representative of 3rd group of chairs

УТИЦАЈНИ ФАКТОРИ НА ЧВРСТОЋУ И ТРАЈНОСТ СТОЛИЦА

Према СРПС Д.Е2.002, којим се дефинише број потребних узорака за поједина испитивања, број узоркованих столица за одређивање квалитета је три. У случају да један узорак не испуни услове прописане стандардима узимају се још два додатна узорка, тако да је максимални број узорака за одређивање квалитета столица пет. На основу овог стандарда за испитивање чврстоће спојева на столицама израђено је по пет узорака по свакој партији. Испитивања су вршена на столицама габаритних димензија $430 \times 490 \times 800 \text{ mm}$ (слика 4).

Приликом израде спојева између партија у оквиру група варирано су следећи фактори: тачност израде и вид налегања, док су површина лепљења, врста дрвета, влажност материјала, квалитет лепка и режими лепљења контролисани и одржавани константним. Број узорака по пробама приказан је у табели 2.

Табела 2. Број узорака по пробама
Table 2. Number of samples given by batches

Група Group	Примењени елемент везе Type of joint	Тачност израде Machine accuracy	Вид налегања Fit type	Број узорака Number of samples		Ознака партије Batch mark	
				Т-спој T-joint	Столице Chairs		
А	чеп/жљеб	ТД40	К/п	30	5	АТ ₁	АС ₁
		ТД25	К/п	30	5	АТ ₂	АС ₂
		ТД25	К/п	30	5	АТ ₃	АС ₃
Б	тип/рупа	ТД40	К/п	30	5	БТ ₁	БС ₁

3.1.3. Мерни прибор и мерење спојева

Пре међусобног спајања делова обављено је мерење димензија елемената спојева. Мерење димензија елемената спојева обављено је на следећи начин:

- мерење ширина чепова и жљебова обављено је кљунастим мерилом тачности $0,05 \text{ mm}$;
- мерење дебљине чепова и висине жљебова вршено је помоћу еталона, који су урађени за све комбинације тачности израде и видова налегања, а за ову прилику израђени су еталони од метала са тачношћу од $0,01 \text{ mm}$.

3.1.4. Избор лепка

За лепљење елемената везе у оквиру овог истраживања коришћен је ПВА лепак фирме RAKOLL тип EXPRESS 35. Лепљење свих спојева (и код Т-спојева и код столица) обављено је лепком из исте шарже. Лепак је наносен на елементе веза обо-страно, и на затварач и у отвор ручно. Приликом доношења лепка контролисана је оквашеност спајајућих површина. По доношњу лепка на елементе везе обављено је мерење количине нанетог лепка гравиметријском методом. Количина нанетог лепка износила је $189 \pm 5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$.

3.2. Израда и оптерећење проба

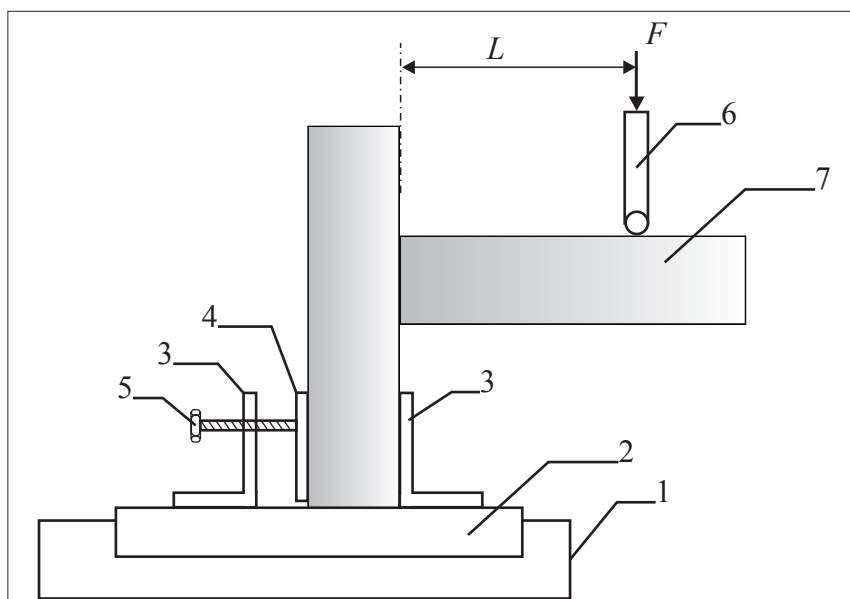
3.2.1. Оптерећење спојева на пробама задња нога-бочни сарг

У оквиру сваке партије урађено је по 30 проба, значи укупно 120 за целокупно испитивање. Начин оптерећења проба дат је на слици 5. Како се са слике 5 види, чврстоћа спојева је испитивана при оптерећењу проба на савијање, на машини за кидање. Чврстоћа спојева је изражена преко момента савијања $M [Nm]$, који се добија као производ силе лома $F [N]$ и крака $L [m]$ ($L=0,155 m$). За величине чврстоћа спојева узимане су вредности које су регистроване приликом попуштања лепка.

Испитивање чврстоће спојева обављено је 30 дана после њихове израде. За ово време пробе су биле кондициониране на собној температури од $23\pm 2^\circ C$ и релативној влажности ваздуха од $50\pm 5\%$. Влага проба мерена је електровлагомером пре израде елемената везе и после кондиционирања и кретала се у интервалу $8\pm 2\%$.

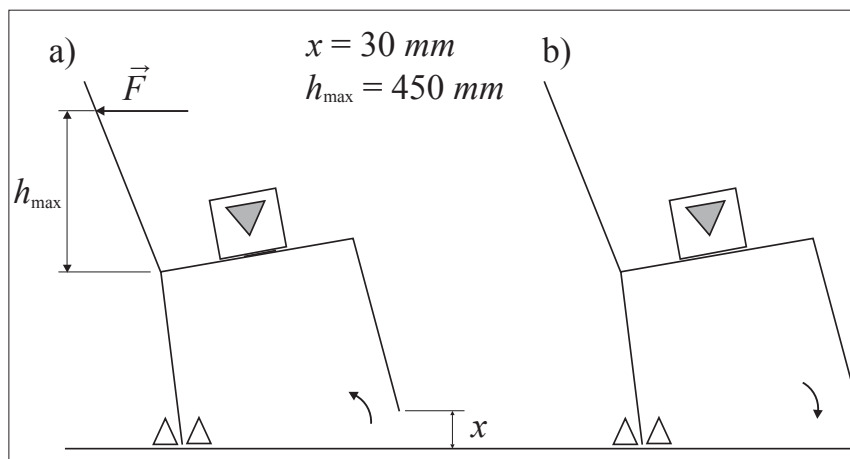
3.2.2. Оптерећење спојева на столицама

У оквиру сваке партије урађено је по 5 проба, односно укупно 20 проба за целокупно испитивање. Столице су израђене по устаљеном начину рада, уз контролисану израду елемената везе.



Слика 5. Начин оптерећења узорака: 1. постоље машине; 2. постоље стезача; 3. заварени L-профил; 4. плочица за стезање; 5. вијак за стезање; 6. притискивач; 7. узорак

Figure 5. Manner of sample loading: 1. machine base; 2. clamp support; 3. fixed "L" profile; 4. clamping plate; 5. clamping screw; 6. force device; 7. sample



Слика 6. Шематски приказ испитивања издржљивости столица клаћењем
Figure 6. Chair durability test

По преузимању узорка, сагласно СРПС Д.Е2.218, столице су кондиционаране 7 дана на температури ваздуха од $23 \pm 2^\circ\text{C}$ и релативној влажности ваздуха $50 \pm 5\%$. По завршетку кондиционарања, свим детаљима је мерена влага и она је износила $8 \pm 2\%$.

У току мерења одбачене су пробе AC_{1-4} , AC_{3-1} и AC_{3-2} због великог одступања мерене величине.

Издржљивост столица испитивана је према СРПС Д.Е8.201 на уређају за испитивање клаћењем (слика 6).

3.3. Обрада резултата испитивања

Резултати испитивања (мерења) су обрађени методом математичке статистике. У приказу резултата испитивања за све статистичке скупове дате су вредности n , \bar{x} и σ , као основне статистичке величине на основу којих се могу израчунати и остали статистички показатељи (кофицијент варијације, грешка аритметичке средине и показатељ тачности), као и спровести тестирање статистичке значајности.

Како је број резултата за спојеве 30, а код испитивања столица 5, изабран је метод статистичке обраде тестирањем разлике између аритметичких средина малих узорка помоћу студентовог t -теста.

На основу добијених величина чврстоћа лепљеног споја и броја циклуса приликом испитивања издржљивости, успостављена је веза преко једначине линеарне регресије, где је као независно променљива величина узета сила која настаје приликом попуштања лепка у споју, а као зависно променљива број циклуса.

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

4.1. Резултати добијени испитивањем спојева

Резултати испитивања чврстоће спојева приказани су у табели 3, по групама узорака, а упоредни приказ сила лома по групама узорака на слици 7.

Табела 3. Резултати испитивања чврстоће спојева
Table 3. Strength of joints - test results

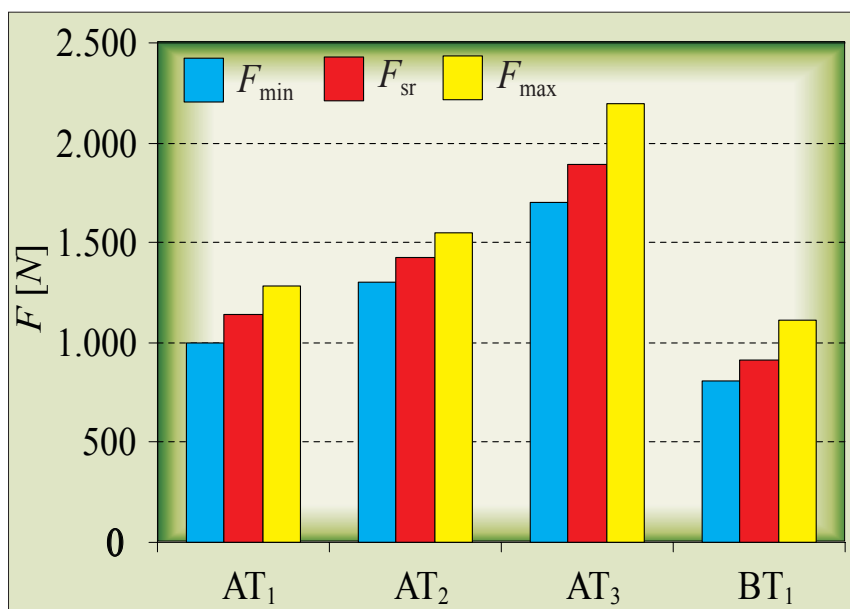
Ознака партије Т-спојева T-joints batch mark	Дужина крака Moment arm	Сила лома Breaking force	Момент лома Breaking torque
	$L [m]$	$F [N]$	$M [Nm]$
AT ₁	0,155	$\bar{F}=1.137,3$	$M=176,18$
		$\sigma_F=90,81$	$\sigma_M=14,202$
		$v=\pm 8,7\%$	$v=\pm 8,0\%$
AT ₂	0,155	$\bar{F}=1.422,6$	$\bar{M}=220,54$
		$\sigma_F=74,08$	$\sigma_M=11,43$
		$v=\pm 5,2\%$	$v=\pm 5,18\%$
AT ₃	0,155	$\bar{F}=1.893,6$	$\bar{M}=293,5$
		$\sigma_F=136,57$	$\sigma_M=21,15$
		$v=\pm 7,21\%$	$v=\pm 7,2\%$
BT ₁	0,155	$\bar{F}=914,33$	$\bar{M}=141,7$
		$\sigma_F=81,73$	$\sigma_M=12,66$
		$v=\pm 8,93\%$	$v=\pm 8,93\%$

4.2. Резултати добијени на основу испитивања столица

Резултати испитивања отпорности столица на клаћење дати су табеларно по групама узорака (табела 4). Приказани резултати у овом поглављу односе се само на отпорност столица на клаћење и представљају извод из контролних листова IL-100.

Табела 4. Отпорност столица на клаћење
Table 4. Rocking durability of chairs

Ознака партије столица Chairs batch mark	Постигнути број циклуса Number of rocking cycles	Стандардна девијација Standard deviation	Коефицијент варијације Coefficient of variation
AC ₁	5.189,5	1.452,00	$\pm 27,9\%$
AC ₂	7.649,0	443,63	$\pm 5,8\%$
AC ₃	21.041,0	2.255,70	$\pm 10,7\%$
BC ₁	1.148,0	157,36	$\pm 13,7\%$

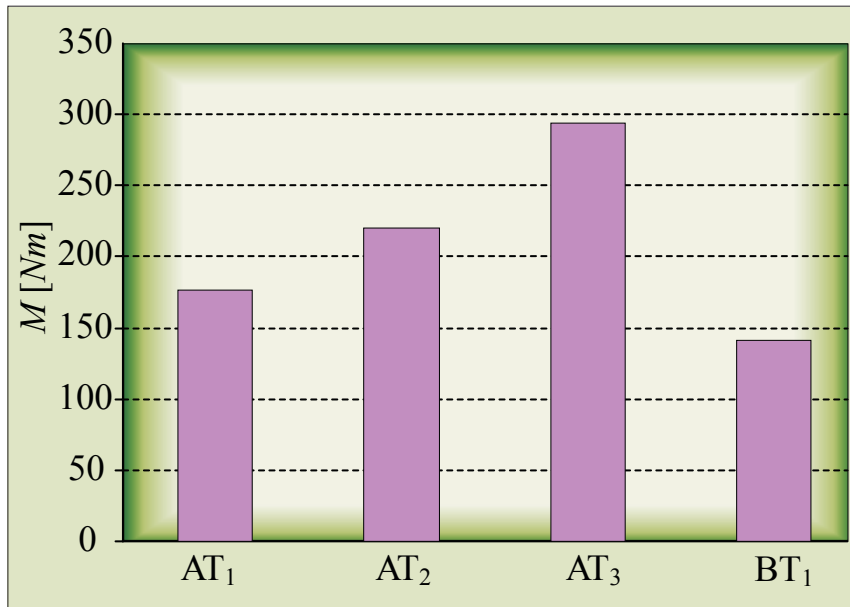


Слика 7. Упоредни приказ силе лома по групама узорака
Figure 7. Comparative breaking force for different groups of samples

5. АНАЛИЗА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА И ЗАКЉУЧЦИ

На основу добијених резултата може се запазити следеће:

- од испитиваних конструкција највећу чврстоћу показали су спојеви групе AT₃ (овални чеп-жљеб, TD25, К/п). Наиме, просечна вредност момента лома код оптерећења спојева конструкције AT₃ износила је 193,5 Nm. Горња гранична вредност код наведеног споја износила је $M_{\max}=341$ Nm, а доња $M_{\min}=263,5$ Nm;
- спојеви конструкције AT₂ (овални чеп-жљеб, TD25, К/п) показали су мању чврстоћу од спојева конструкције AT₃. Просечна вредност момента лома спојева конструкције AT₂ износила је 220,54 Nm. Горња гранична вредност код посматраног споја износила је $M_{\max}=237$ Nm, а доња $M_{\min}=201,5$ Nm;
- спојеви конструкције AT₁ (овални чеп-жљеб, TD40, К/п) показали су још мању чврстоћу у односу на спојеве конструкције AT₂. Наиме, просечна вредност момента лома код оптерећења Т-споја конструкције AT₁ износила је 176,18 Nm. Горња гранична вредност износила је $M_{\max}=198,4$ Nm, а доња $M_{\min}=155$ Nm;
- од свих испитиваних конструкција најмању чврстоћу показали су спојеви конструкције BT₁ (тип-рупа, TD40, К/п). Просечна вредност момента лома износила је 141,7 Nm. Горња гранична вредност износила је $M_{\max}=172,05$ Nm, а доња $M_{\min}=125,55$ Nm.



Слика 8. Графички приказ односа чврстоћа лепљених спојева по групама
 Figure 8. Graphical presentation of wood joints strength given by groups of samples

Анализирајући утицај тачности израде на чврстоћу споја код елемента везе овални чеп-жлеб, види се да повећање класе тачности утиче на повећање чврстоће лепљене везе. На основу t -теста за ниво значајности од 0,05, може се закључити да постоји сигнификантна разлика између аритметичких средина. Наиме, при истом виду налегања К/п спојеви конструкције AT₂ (TD25) показали су већу чврстоћу за око 20% у односу на спојеве конструкције AT₁ (TD40). Просечна вредност спојева конструкције AT₁ износила је 176,18 Nm, док је иста величина код спојева конструкције AT₂ имала вредност 220,54 Nm.

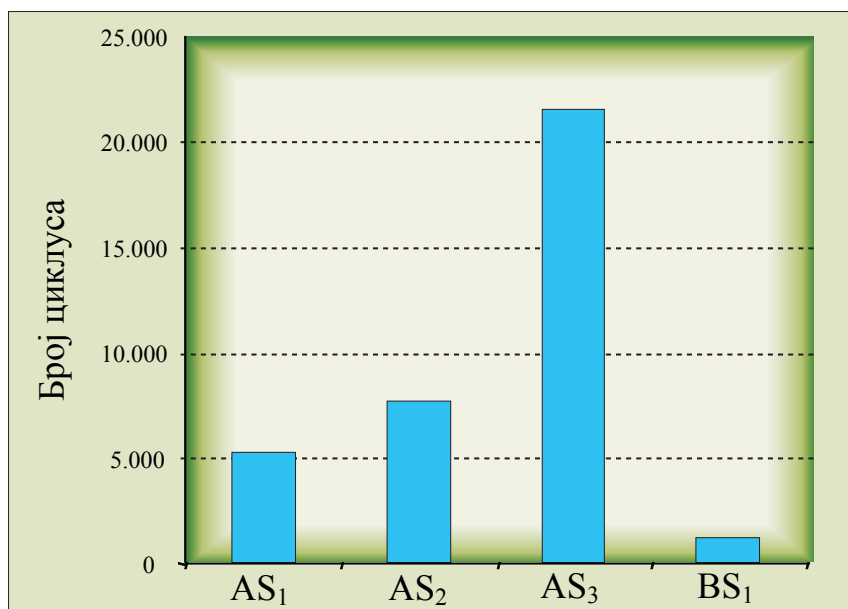
Анализирајући утицај вида налегања на чврстоћу лепљене везе, код спојева помоћу овалног чепа и жљеба, види се да већу чврстоћу даје преклопно налегање К/п. На основу t -теста за ниво значајности од 0,05, може се закључити да постоји сигнификантна разлика између аритметичких средина. У оквиру исте класе тачности TD25 спојеви конструкције AT₃ дали су у просеку веће чврстоће спојева за око 24% у односу на спојеве конструкције AT₂ где је коришћено неизвесно налегање К/п. Просечна вредност момента лома код оптерећења споја конструкције AT₃ износила је 293,5 Nm, док је код спојева конструкције AT₂ износила 220,54 Nm.

Посматрајући утицај врсте елемента везе на чврстоћу лепљене везе, запажа се да спојеви, код којих је као елемент везе кориштен овални чеп и жлеб дају веће чврстоће од спојева који су остварени помоћу типлова. На основу t -теста за ниво значајности од 0,05, може се закључити да постоји сигнификантна разлика између

аритметичких средина. У оквиру исте класе тачности и истог вида налегања, спојеви конструкције AT_1 (овални чеп-жљеб) дају већу чврстоћу од спојева конструкције BT_1 (тип-рупа), у просеку за 19,5%. Просечна вредност момента лома код оптерећења спојева конструкције AT_1 износила је 176,18 Nm, док је иста величина код спојева конструкције BT_1 имала вредност 141,7 Nm.

Ако се упореде вредности сила лома у оквиру једне конструкције могу се приметити релативно велика растурања, што је видљиво ако се погледају стандардне девијације чије се вредности крећу од 74,08 N до 136,57 N. Оваква одступања проистичу из следећих разлога: хетерогене грађе дрвета (утиче на растурање вредности физичких и механичких својстава дрвета), равномерност наношења лепка (како на чепове, тако и на отворе) и како је контролисана количина наноса лепка (имајући у виду да је лепак наносен ручно, помоћу четке, може се очекивати да није дошло до уједначеног квашења и наноса лепка на спајајуће површине). Осим тога, у оквиру једне конструкције, добијене су различите димензије спојева које су ограничене видом налегања и тачности обраде, али заједно са напред наведеним факторима и овај разлог може да утиче на растурање резултата. Сличне вредности у растурању сила лома добили су и други аутори који су се бавили овом проблематиком.

Анализирајући број остварених циклуса приликом испитивања столица клаћењем, може се запазити да су највећи просечни број циклуса оствариле столице



Слика 9. Графички приказ међусобног односа броја постигнутих циклуса
Figure 9. Graphical presentation of number of cycles given by groups of samples

групе АТ₃ (овални чеп-жљеб, TD25, К/п). Просечан број остварених циклуса износи 21.041, што према СРПС Д.Е2.100/1 одговара основном квалитету Q_{III}.

Столице групе АС2 показале су мању отпорност на клаћење у односу на столице групе АС₃, са просечно 64,3%. Наиме, просечан остварени број циклуса износио је 7649 циклуса, што такође одговара основном квалитету Q_{III}.

Столице групе АС₁ (овални чеп-жљеб, ТД40, К/п) показале су још мању отпорност на клаћење, него столице групе АС₂, која је у просеку износила 5.189 циклуса. Просечан број од 5.189 циклуса одговара основном квалитету.

Столице код којих је као елемент везе коришћен спој помоћу типлова, група БС₁, показале су најмању отпорност на клаћење и она је у просеку износила 1.148 циклуса.

Упоредном анализом чврстоћа лепљених спојева и броја циклуса приликом испитивања издржљивости столица помоћу метода математичке статистике, дошло се до једначине линеарне регресије:

$$Y=19,9 \cdot X-17.980,4 \text{ [циклуса]},$$

помоћу које се може, на основу испитане чврстоће лепљених спојева ($F [N]$), претпоставити издржљивост столица. У једначини X представља силу лома измерену приликом оптерећења Т-спојева.

Добијена емпиријска једначина, са коефицијентом корелације 0,954 применљива је само за мерни опсег силе од 910-2.200 N . Такође, једначина линеарне регресије може се применити само за елементе везе са истом геометријом споја (контролисани експеримент) и при краку од 155 mm код одређивања чврстоће спојева.

Упоредним истраживањима чврстоћа различитих конструкција две врсте Т-спојева и столица III групе (столице код којих саргови формирају трапез или квадрат), при контролисаним факторима - површина лепљења, тачност израде и вид налегања, добијени су резултати на основу којих је могуће извести следеће закључке:

- код свих испитиваних група столица као једино критично место у конструкцији јављао се спој бочни сарг-задња нога;
- од свих пет испитиваних конструкција, две врсте Т-споја (задња нога-бочни сарг), највећу чврстоћу показали су спојеви групе АТ₃ (овални чеп-жљеб, TD25, К/п);
- упоредном анализом резултата различитих конструкција исте врсте споја (чеп-жљеб), нешто мању чврстоћу, у односу на спојеве конструкције АТ₃ (овални чеп-жљеб, TD25, К/п), показали су спојеви конструкције АТ₂ (овални чеп-жљеб, TD25, К/п) и то просечно за око 24%. Спојеви конструкције АТ₁ (овални чеп-жљеб; TD40; К/п) показали су најмању чврстоћу која је износила 176,18 Nm , што је у просеку мање за око 39% од чврстоће спојева конструкције АТ₃;
- упоредном анализом чврстоћа конструкција различитих врста Т-спојева, види се да спојеви конструкције АТ₃ (најчвршћа конструкција остварена

- помоћу везе овални чеп-жљеб), даје већу чврстоћу за 51,7% у односу на конструкцију БТ₁(тип-рупа, TD40, К/п);
- анализирајући утицај тачности израде код елемента везе чеп-жљеб, може се закључити да са повећањем класе тачности расте чврстоћа лепљене везе. Наиме, анализом вредности *t*-теста види се да између испитиваних узорака постоји статистички значајна разлика, што доводи до прихватања алтернативне хипотезе, да тачност израде утиче на чврстоћу лепљеног споја;
 - анализирајући утицај вида налегања на чврстоћу лепљене везе, код спојева остварених помоћу овалног чепа и жљеба, може се закључити да сигнификантно већу чврстоћу даје преклопно налегања К/п;
 - анализирајући утицај врсте примењене везе на чврстоћу лепљеног споја, може се закључити да значајно већу чврстоћу дају спојеви код којих је као елемент везе примењен овални чеп-жљеб, него спојеви спајани помоћу типлова;
 - ако се има у виду да су спојеви бочни сарг-задња нога у експлоатацији оптерећени и до 250 Nm (Рудигер, 1995), намеће се закључак да би спојеве конструкција АТ₁ (овални чеп-жљеб, TD40, К/п), АТ₂ (овални чеп-жљеб, TD25, К/п) и БТ₁ (тип-рупа, TD40, К/п) требало ојачати угаоном пакном или на неки други начин;
 - помоћу једначине линеарне регресије $Y=19,9 \cdot X-17.980,4$ може се, на основу испитане чврстоће лепљених спојева ($F [N]$), претпоставити издржљивост столица, за одговарајући мерни опсег;
 - поређењем добијене једначине и броја циклуса потребних за остваривање основног квалитета (Q_{III}), долази се до закључка да би чврстоћа лепљеног споја требало да се креће у интервалу од 1.155-2.159 N, док је за постизање високог квалитета (Q_{II}) потребна чврстоћа лепљеног споја величине преко 2.159 N;
 - ако се у једначину уврсте просечне вредности чврстоће спојева добијене испитивањем (табела 3) могу се извести следећи закључци:
 - спојеви помоћу два типла пречника 10 mm (конструкција Б₁) не задовољавају ни основни квалитет са становишта издржљивости и не могу се користити самостално. Коришћени елемент везе потребно је модификовати повећањем броја типлова на три и/или додавањем ојачања;
 - елемент везе овални чеп-жљеб (конструкције А₂ и А₃) задовољава основни квалитет са становишта издржљивости. Међутим, за постизање вишег квалитета неопходна је примена додатног ојачања;
 - елемент везе овални чеп-жљеб конструкције А₁ представља граничну вредност са становишта издржљивости и захтева обавезну примену угаоне пакне;
 - према истраживањима која је вршио Hunker (Рудигер, 1995), спојеви у критичној тачки задња нога-бочни сраг, у експлоатацији су оптерећени и до 250 Nm. Када се ово оптерећење прерачуна на крак од 155 mm (растојање на

коме је деловала сила у овом истраживању) добије се сила од $F=1.612,9 N$. Увршћивањем ове силе у регресиону једначину добија се очекивани број од 14.116 циклуса.

Напомена: Рад је финансиран средствима пројекта 24/540/7124137, а на пројекту су сарађивали и Предраг Станковић, лаборант, и Слободан Орешчанин, лаборант.

ЛИТЕРАТУРА

- Јершић Р., Синковић Б. (1982): *Фактори квалитетне столица*, Зборник радова 1976-1982, књига 4, Загреб
- Михаилов В.Н. (1947): *Столарно механичке производње*, Москва
- Rudiger A. et al. (1995): *Grundlagen des Möbel- und Innenausbau*, DRV Verlags, Stuttgart
- Скакић Д., Јанићијевић С. (2000): *Утицај врсте сјоја, тачности обраде и вида налеђања на чврстоћу сјојева столица*, Дрварски гласник 35-36, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
- Скакић Д., Секулић М. (1999): *Утицај тачности израде овалног чећа на чврстоћу сјојева*, Дрварски гласник 31-32, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
- Скакић Д., Џинчић И. (2003): *Утицај димензије чећа и вида налеђања на чврстоћу сјојева код столица*, Прерада дрвета 2, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
- Тклец С. (1985): *Утицај конструкцијских сјојева на квалитетну столица*, дикторска дисертација у рукопису, Свеучилиште у Загребу - Шумарски факултет, Загреб
- Шошкић Б., Скакић Д. (1995): *Својства и наменска прерада буковине*, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

Igor Džinčić
Dušan Skakić
Biserka Nestorović

FACTORS AFFECTING RIGIDITY AND DURABILITY OF CHAIRS

Summary

The objective assessment of construction quality is possible only if we know the characteristics of furniture quality which are significant for its utilisation. The reliability of quality characteristics depends on the accuracy of the method applied for the assessment of individual characteristics, as well as on the correct selection of the factors. The practice shows that chair durability is mostly in the function of strength and in the selection of joint elements in different chair constructions. The previous research shows that the critical point in chair construction is the joint rear leg - side rail, which was also confirmed by this investigation, so the chairs were classified according to the method of joining at this critical point.

УТИЦАЈНИ ФАКТОРИ НА ЧВРСТОЋУ И ТРАЈНОСТ СТОЛИЦА

The chairs in which rails form a trapeze or a square are the most frequent chair constructions, so the entire testing was based on this type of chairs. According to the previous tests, the strength of the critical joint is affected by the following factors: type of joint, gluing surface, work piece accuracy, type of fit, wood species, wood moisture, glue quality and gluing regimes. In addition to gluing surface, which was constant in this test, type of joint, work piece accuracy, and type of fit were the most significant factors of the construction quality. Accordingly, the investigation was directed to the evaluation of their effect on the strength and durability of chairs with rails.

The testing was performed on 20 chairs and 120 T-joints (joint rear leg - side rail). The tested specimens differed in the joint types (group A - mortise and tenon joint and group B - dowel/hole). The following factors were varied in group A: work piece accuracy and type of fit, while the gluing surface, wood species, wood moisture, glue quality and gluing regimes were controlled and constant.

