

Skakić D., Džinčić I. 2009. *Grouping and analysis of chair quality and their basic elements*. Bulletin of the Faculty of Forestry 99: 147-154.

Душан Скакић  
Игор Џинчић

UDK: 684.432:006.83:658.5.012.7  
Оригинални научни рад

## ГРУПИСАЊЕ И АНАЛИЗА КВАЛИТЕТА СТОЛИЦА И ЊИХОВИХ ОСНОВНИХ САСТАВНИХ ДЕЛОВА

**Извод:** Резултати научних истраживања и искуства из инжењерске праксе нам указују да дефинисање конструкције захтева велики број различитих конструктивних решења. Процес доношења одлуке често захтева доста времена при чему не резултује увек оптималним решењем. Из ових разлога се метод нумеричке оптимизације користи у изналажењу најбољег решења у великом броју техничких наука. Први корак у решавању проблема помоћу методе коначних елемената је дефинисање типа столице који ће се моделирати и дефинисање димензија њених саставних елемената.

**Кључне речи:** квалитет, столице, димензије, метод коначних елемената

### GROUPING AND ANALYSIS OF CHAIR QUALITY AND THEIR BASIC ELEMENTS

**Abstract:** Both the scientific experience and the engineering practice indicate that the decision making processes in the course of solving complex designing problems require an analysis of a great number of different construction variants. These types of decision-making processes are time consuming and do not always result in the selection of an optimal solution. That is why the methods of numerical optimisation are applied in a wide range of technical sciences to assist in the selection of the best solution. The first step in solving the problem by using the Finite element method is to determine the type of chair earmarked for modelling, and to determine the dimensions of the chair elements.

**Key words:** quality, chairs, dimensions, FEM

## 1. УВОД

Израда намештаја и елемената за уградњу од дрвета и дрвених материјала базирана је на традицијама занатства. Занатлија мора да располаже са познавањем  
*др Скакић Душан, ред. професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд*  
*др Џинчић Игор, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд*

материјала, елемената везе, искуством у производњи и да има осећај за лепо. Сви ови елементи заједно чине основу при изради високовредног производа у занатској производњи.

Индустријска производња захтева производне методе у којима је заступљена подела рада. Коришћење савремених материјала од дрвета, делова из кооперације и других материјала, као и познавање употребних својстава производа, утицаја средине на пројектовање намештаја и елементе уградње, изискује бројна техничка знања, која се обједињују кроз развој производа.

У оквирима контролисања квалитета намештаја и елемената уградње развијени су методи и поступци испитивања квалитета намештаја тако да се у овом делу шире знања о условима који се постављају у контроли својстава намештаја. Међутим, још увек има великих празнина у познавању чврстоће појединих спојева, као и о познавању целине решеткастог и корпусног намештаја. Појединачни елементи намештаја углавном су конструисани тако да преузимају оптерећење у једној оси. Али спајањем више детаља у производ добијају се просторна напрезања, што отежава изналажење распореда и величина напона по конвенционалним методама. Приликом примене методе коначних елемената у оптимизацији детаља и елемената везе посебну пажњу треба посветити спојевима из следећих разлога:

- сложености напонског стања у неким елементима везе код столица;
- у спојевима долази до комбиновања различитих материјала (лепак-дрво и/или различитих врста дрвета);
- због анизотропије дрвета као материјала.

У последње четири деценије метод коначних елемената постао је основна метода нумеричке анализе са широком применом у решавању граничних задатака математичке физике и нарочито механике континуума, при чему до сада није доживео пуну примену у индустрији намештаја.

Методски прилаз припремним радовима при изради неког производа, је предуслов за рационалну израду, како у занатској тако и индустријској производњи. Потребно време за припремне радње може да траје знатно дуже од времена израде поготово код појединачне производње. Време утрошено на пословима припреме оправдано је, јер се искључују грешке у производњи, омогућује издавање јасних радних налога и упутстава и скраћује време израде.

За конструисање намештаја и елемената уградње недостаје довољно егзактних података који се односе на мере појединих делова, као и мере и чврстоће појединих конструктивних спојева. Из наведених разлога конструктор је при димензионисању упућен на властита искуства и на коришћење проба, све док се не утврде могућности оптерећења коришћених спојева.

Истраживања утицајних фактора на чврстоћу и трајност столица имају неспоран теоријски и практичан значај. На трајност и чврстоћу столица утиче велики број фактора који у међусобној корелацији целокупно напрезање столица чине веома сложеним. Досадашња истраживања из ове области код нас и у свету

расветлила су утицаје појединачних фактора на овај сложени проблем, али само уз примену класичне статичке анализе. Истраживања применом методе коначних елемената која су вршена у свету, углавном су обрађивала спојеве за дужинско, ширинско и дебљинско настављање због њихове примене у монтажним панелима и ламелираним конструкцијама који имају примену у грађевинској индустрији. Тек у последњој деценији почело се са истраживањима у области конструисања намештаја. Повремено су поједине групе истраживача показивале интересовање за овај проблем, али услед недостатка довољно софистицираних компјутерских програма, са једне, и специфичних карактеристика полазних материјала и сложеног напрезања, са друге стране, овакав начин анализирања још није пронашао своју пуну примену.

Почеци увођења методе коначних елемената за прорачун конструкције скелетног намештаја везују се за Eckelman-а. Истраживања које је вршио Eckelman (1966) су била један од првих покушаја да се широј јавности представи „нови приступ“ у анализирању намештаја за седење. У овиму својих истраживања Eckelman се бавио анализом оптерећења у елементима столице да би свој рад крунисао израдом компјутерског програма који се заснивао на структуралној анализи и систему матрица, а био је написан у програмском језику Fortran IV.

На основу Eckelman-ових истраживања даљу примену методе коначних елемената приликом анализирања носивости намештаја за седење базирали су Gustafsson (1995) и Smardzewski (2004). У оквиру својих истраживања Gustafsson је одредио напоне у саставним елементима уопштеног модела столице. За разлику од њега, Smardzewski је отишао корак даље и извршио анализу елемената везе при чему није узимао у обзир тачност израде и вид налегања, тако да је анализу спојева применом методе коначних елемената вршио на спојевима где је по висини и дебљини чепа зазор износио по 0,2 mm.

## 2. ЦИЉ И МЕТОД РАДА

### 2.1. Циљ рада

Приликом конструисања намештаја за седење, (а и свих осталих типова намештаја и елемената уградње) недостаје довољно егзактних података који се одnose на мере делова, као и на мере и чврстоће појединих конструктивних спојева. Из наведених разлога конструктор је при димензионисању упућен на властита искуства, препоруке из праксе и на коришћење проба све док се не утврде могућности оптерећења и носивости елемената конструкције столице.

Применом методе коначних елемената могуће је анализирати и одредити распоред и величине напона у различитим елементима, а затим израчунати димензије детаља и елемената везе.

Како би се у наставку истраживања извршила оптимизација утрошка материјала и добиле смернице за тачно одређивање напона и деформација у детаљима и елементима везе код столица применом метода коначних елемената, потребно је дефинисати тип столице који ће се касније моделирати.

Циљ овог рада је вишеслојан и састоји се из следећих задатака:

- одређивање најчешће испитиваног типа столице у Заводу за контролу квалитета намештаја током 2007. и 2008. године;
- одређивање просечног квалитета најчешће испитиване групе столица;
- одређивање просечних димензија попречних пресека саставних елемената столице који формирају критична места (предња нога, бочни сарг, задња нога).

## 2.2. Метод рада

Истраживање је обављено на основу резултата контролисања намештаја за седење добијених у Заводу за контролу квалитета намештаја Шумарског факултета током 2007 и 2008 године.

На основу резултата до којих су дошли Скакић и Џинчић (2009), истраживањем су обухваћене само трпезаријске столице које су чиниле 67% од укупног броја испитиваних столица.

### 3.2.1. Подела столица

На бази досадашњих истраживања и искустава из праксе показало се да је трајност столица највећим делом у функцији издржљивости, док је издржљивост у функцији избора елемената везе за различите конструкције столица. Да би се обавило 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 на критичним местима. Као најкритичније тачке у конструкцији столица јављају се следећи spojeви (слика 1):

- бочни сарг-задња нога;
- бочни сарг-предња нога.



Слика 1. Шема столице са означеним критичним местима у конструкцији

Figure 1. Model of chair, with critical points

Према начину спајања детаља у критичним местима столице се могу поделити у 6 група: столице израђене од плоча из масивног дрвета, столице израђене од савијених елемената, столице код којих саргови формирају трапез или квадрат, столице са укрштеним сарговима, склопиве (баштенске) столице и столице од слојевитог дрвета.

### 3.2.2. Одређивање група попречних пресека саставних елемената столица

На основу увида у контролне листове дрвених трпезаријских столица које су испитиване током 2007 и 2008 године у Заводу за контролу квалитета намештаја дошло се до закључака да је око 72% столица израђено од буковине (табела 1).

**Табела 1.** Преглед количина столица израђених од појединих врста дрвета

**Table 1.** Quantity of chairs made of different species of wood

Врста дрвета Type of wood	Учешће Percentage
	%
Буковина	72
Остали лишћари	9,5
Четинари	3,5
Егзоте	15

Како се може видети из табеле 1, скоро  $\frac{3}{4}$  контролираних столица је израђено од буковине тако да ће се израда модела за оптимизацију у наредним истраживањима базирати на овој врсти дрвета.

Да би се у потпуности дефинисао модел столице од кога ће се кренути приликом оптимизације и одређивања напона и деформација у детаљима и елементима везе у наредним истраживањима, потребно је дефинисати димензије попречних пресека елемената који формирају критична места. 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.

На основу испитивања Михаилова и Бехтејарова (1947), Hunker-a (Rudiger *et al.*, 1995) и Скакића и Џинчића (2003), ширина чепа, а самим тим и ширина сарга, има знатно већи утицај на чврстоћу споја од осталих параметара, тако да ће се систематизација саставних делова столице који чине критичне тачке вршити према њиховој ширини. Букова резана грађа се израђује у следећим дебљинама: 18, 25, 32, 38, 45, 50, 60, 80 и 100 mm. Како предње ноге и саргови немају дужину већу од 500 mm, односно задње ноге до 1.000 mm и ако се узму у обзир надмере на прву обраду,

**Табела 2.** Граничне ширине елемената столице по групама

**Table 2.** Dimension threshold of chair elements per groups

Елементи Elements	Граничне димензије Threshold dimensions
	mm
саргови	$b \leq 45$
	$b > 45$
ноге	$b < 32$
	$32 \leq b \leq 45$
	$b > 45$

називне ширине саргова се могу поделити у две групе, док се ширине предњих и задњих ногу могу поделити у три групе (табела 2).

### 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

На основу увида у техничку документацију испитиваних дрвених трпезаријских столица у Заводу за контролу квалитета намештаја у периоду од 2007-2008. године, може се увидети да је најчешће испитивани тип столице била столица код које саргови формирају трапез или квадрат (табела 3).

На основу увида у контролне листове испитиваних дрвених трпезаријских столица треће групе у Заводу за контролу квалитета намештаја у периоду од 2007-2008. године, добијени су односи нивоа квалитета за све три испитиване карактеристике квалитета, а приказани су у табели 4.

Из табеле 4 се види да издржљивост достиже различите нивое квалитета, али је скоро половина испитиваних столица задовољила посебно виоке услове квалитета. Наиме, минималне услове квалитета са становишта издржљивости (више од 5.000 циклуса) испунило је 23%, висок квалитет 30,5% столица и посебно висок квалитет (преко 60.000 циклуса) 46,5% испитиваних столица. Оштећења која су се јављала углавном су настајала на споју бочни сарг задња нога. Отпорност површине је код већине столица задовољила посебно високе захтеве квалитета. Оцена квалитета материјала и квалитета израде обавља се органолептичком методом и, као што је видљиво из табеле 4, ова карактеристика квалитета је код половине контролираних столица оцењена са високим квалитетом ( $Q_{II}$ ).

**Табела 3.** Однос типова столица испитиваних током 2007. и 2008. године

**Table 3.** Types of chairs studied in 2007 and 2008

Тип столице Type of chair	Заступљеност Percentage
	%
столице израђене од плоча из масивног дрвета	0
столице израђене од савијених елемената	4,5
столице код којих саргови формирају трапез или квадрат	87
столице са укрштеним сарговима	1
склопиве (баштенске) столице	3
столице од слојевитог дрвета	4,5

**Табела 4.** Квалитет дрвених столица треће групе

**Table 4.** Quality of wooden chairs in the third group

Карактеристике квалитета Quality characteristics	Нивои квалитета [%] Levels of quality [%]		
	$Q_I$	$Q_{II}$	$Q_{III}$
Издржљивост	46,5	30,5	23
Отпорност површине	61	37	2
Квалитет материјала и квалитет израде	32,5	53,5	14

**Табела 5.** Количина саставних елемената дате по ширинским разредима  
**Table 5.** Quantity of elements per dimension classes

Елементи столица Chair elements	Граничне димензије Threshold dimensions	Заступљеност Percentage
	<i>mm</i>	%
Ширина саргова	$b \leq 45$	52
	$b > 45$	48
Ширина ногу	$b < 32$	15,5
	$32 \leq b \leq 45$	63
	$b > 45$	21,5

На основу увида у техничку документацију испитиваних трпезаријских столица дошло се до односа приказаних у табели 5.

#### 4. ЗАКЉУЧЦИ

На основу резултата истраживања могу се извести следећи закључци:

- најчешће испитивани тип дрвене трпезаријске столице је трећи тип, односно столица код које саргови формирају трапез или квадрат и она је учествовала у контролисању са 87% од укупног броја контролисаних трпезаријских столица;
- буковина представља основну сировину за израду столица, јер је 72% испитиваних трпезаријских столица израђено од ове врсте дрвета;
- квалитет столица изражен преко издржљивости није на завидном нивоу, а при испитивању оштећење се најчешће јавља на споју бочни сарг-задња нога;
- отпорност површине столица прелази горњу границу посебно високог квалитета ( $Q_1$ );
- са становишта квалитета материјала и квалитета израде испитиване столице углавном задовољавају високи ниво квалитета ( $Q_{II}$ ).
- анализом ширинских разреда саргова долази се до закључка да се саргови скоро подједнако израђују у ширинама до 45 *mm*, као и преко 45 *mm*;
- анализом ширина ногу дошло се до закључка да се ширине предњих и задњих ногу код 63% испитиваних столица налазе у интервалу између 32 и 45 *mm*;
- добијени резултати пружају добру основу за дефинисање модела столице на коме ће се вршити оптимизација конструкције и одређивање напона и деформација у детаљима и елементима везе.

**Напомена:** Рад је финансиран средствима пројекта TP-20109.

## ЛИТЕРАТУРА

- Eckelman C.A. (1966): *A Look at Strength Design of Furniture*, Forest Product Journal 3, vol. 16, Forest Products Society, Illinois (21-24)
- Gustafsson S.I. (1995): *Furniture Design by use of the Finite Element Method*, Holz als Roh- und Werkstoff 5, Springer-Verlag (257-260)
- Михаилов В.Н. (1947): *Сѳоларно механиские ѳроизводсѳива*, Москва
- Rudiger A. et al. (1995): *Grundlagen des Möbel - und Innenausbau*, DRW - Verlag, Stuttgart
- Скакић Д., Џинчић И. (2003): *Уѳицај димензије чеѳа и вида налетања на чврсѳоћу сѳојева код сѳолица*, Прерада дрвета 2, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд (25-30)
- Скакић Д., Џинчић И. (2009): *Карактеристѳике квалитетне скелетне намештаја*, Гласник шумарског факултета 99, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
- Smardzewski J., Papuga T. (2004): *Stress distribution in angle joint of skeleton furniture*, Electronic journal of Polish Agricultural Universitie (7/1), Wood technology, Wroclaw
- (2007-2008): *Техничка документација*, Завода за контролу квалитета намештаја, Београд

Dušan Skakić  
Igor Džinčić

## GROUPING AND ANALYSIS OF CHAIR QUALITY AND THEIR BASIC ELEMENTS

### Summary

In seating furniture construction (and also in all other types of furniture and elements) there is no efficient exact data referring to the measures of parts, as well as to the measures and durability of individual construction joints. For this reason, the constructor is obliged to use his own experience, recommendations from practice and the testing until he determines the possible loads and durability of the elements of chair construction. To start the chair modelling using Finite element method, it is necessary to define the chair type which will be used as the base, as well as the dimensions of its elements. The results of this research are a good basis for the definition of the chair model on which the optimisation of construction will be performed, as well as the determination of stress and strain in the details and joints.