

# Lieces izturības pārbaudes plauktu sistēmā

Edgars Kirilovs<sup>1</sup>, Juris Emsiņš<sup>2</sup>, Viesturs Selderiņš<sup>3</sup>, Zane Zelča<sup>4</sup>,  
<sup>1-4</sup> Rīgas Tehniskā universitāte, Dizaina tehnoloģiju institūts

**Kopsavilkums.** Pētījuma mērķis ir atrast sakarību starp plauktu materiālu dimensijām un laidumiem, par pamatu izmantojot plātņu materiālus ar  $\leq 20$  mm biežumu. Plātņu materiāliem veikti konstruktīvi vairogu nestspējas uzlabošanas risinājumi, izgatavojot fiksētos un nefiksētos plauktus. Mērķa sasniegšanai katra plaukta tipam un pastiprinājuma veidam kopā izgatavoti 52 plaukti, to lieces stiprība noteikta ar slodzes metodi atbilstoši LVS EN 14073-3:2004 standartam. Turpmāk nepieciešams veikt pētījumus pabiezīnājuma un aplīstes izmantošanai lieces izturības palielināšanai, mainot kokneses materiālu un līmi, kā arī meklēt citus plaukta lieces noturības variantus. Raksta tapšanā izmantotas kvantitatīvās un grafoanalītiskās pētījumu metodes.

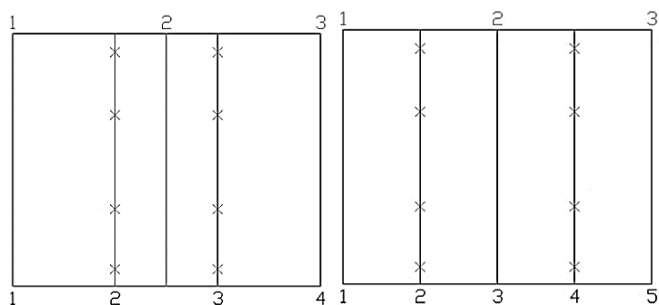
**Atslēgas vārdi:** plātņu materiāli, slodze, lieces noturība, izjaucamās konstrukcijas.

## I. IEVADS

Gandrīz katrā mājā vai darbavietā ir sastopama vismaz viena mēbele ar plauktiem – izņemamiem vai stacionāriem. Ja šajos plauktos tiek glabātas smagas lietas – biezas grāmatas, lielas servīzes, tad plaukti var deformēties ieliecoties.

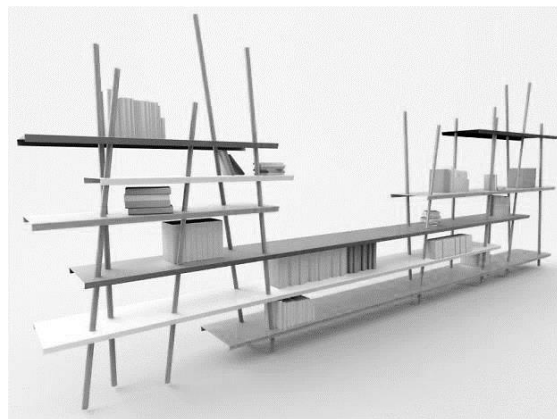
Kā liecina ražotāju prakse, tad mēbeļu, kas paredzētas lietu glabāšanai, laidumi (garumi) svārstās robežās no 600 mm līdz 800 mm. Lielāki laidumi (garumi) par 850 mm jau rada problēmas lietošanā plauktu deformācijas dēļ – ieliecoties. Pētījumus par plauktu izliekšanās deformāciju veikuši pētnieki Narvydas un Minelgs (1), Kotas (2), Kwiatkowski (3), Eckelman un Resheidat (4), Nikolaeva (5), Ozarska un Harris (6), Tankut un Denizli-Tankut (7).

Izstrādājot tehnoloģiju garāku plauktu ražošanai, iespējams samazināt vertikālo detaļu daudzumu lielos skapjos. Piemēram, izmantojot par 50 % garāku plauktu uz trim skapja sekcijām, var ietaupīt vienu vertikālo detaļu (starpšienu), bet, pielietojot uz pusi garāku plauktu, var ietaupīt divas vertikālās detaļas uz četrām skapja sekcijām (1. att.).



1. att. Trīs un četru sekciju skapju fasādes ar iespējamo vertikālo detaļu ekonomiju. (11)

Garākus plauktu laidumus var izmantot, paplašinot dizainera iespējas izpausties. Garus plauktus varētu izmantot gan iebūvējamiem skapjiem, gan unikāla vizuālā tēla radīšanai mēbelēm lietu glabāšanai vai izstādīšanai. 2. attēlā dizaineru radītajā “Arne Quinze” plauktā izmantoti tērauda plaukti, bet to vietā varētu būt izmantots no kokmateriāla izgatavots plaukts ar uzlabotu izturību.



2. att. Studijas Arne Quinze plaukts (8).

## II. MATERIĀLI UN METODES

Izstrādājumu dokumentu glabāšanai, stiprības un stabilitātes metodes nosaka LVS EN 14073-3:2004 standarts (9). Biroja mēbeles – Mēbeles dokumentu glabāšanai – 3. daļa: Konstrukcijas stabilitātes un stiprības noteikšanas metodes. Šis standarts nosaka, ka, nosakot konstrukciju stabilitāti un stiprību, drīkst pieņemt, ka 1 kg ir vienāds ar 10 N. Eksperimenta pieļaujamās novirzes:

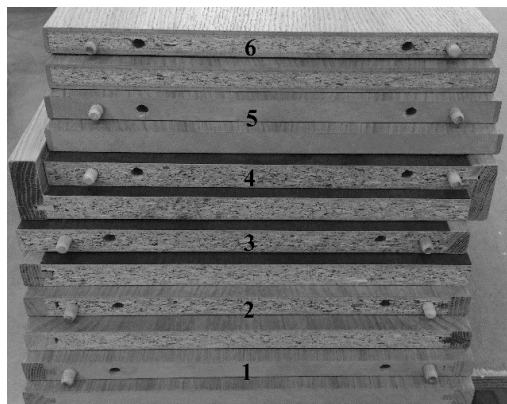
- 1) spēks –  $\pm 5$  %;
- 2) izmērs –  $\pm 1$  mm;
- 3) masa –  $\pm 0,5$  %;
- 4) spēka pielikšanas punkts –  $\pm 5$  mm (9).

Pētījumā apskatīti sekojoši amatnieku praksē lietoti konstruktīvi tehnoloģiski plātņu vairogu un materiālu risinājumi, kā arī piedāvāti netradicionāli risinājumi:

1) kokskaidu plātnes (KSP) plaukts, kas no vienas vai abām pusēm aplīmētas ar masīvkoka līstēm un finierētas ar drāzto finieri. Šādu risinājumu var izmantot arī MDF (vidēja blīvuma kokšķiedru plātne) plātņu materiālam. No šī risinājuma izvēlēts variants ar plaukta abās pusēs pielīmētām masīvkoka līstēm. 3. attēlā ar 1 apzīmēti MDF un KSP plātņu materiāla plaukti ar ozola aplīsti;

2) laminēts kokskaidu plātnes (LKSP) plaukts ar pie aizmugurējās malas pielīmētu masīvkoka līsti, kas atbilst lamināta dekoram. 3. attēlā ar 2 apzīmēts LKSP plātņu materiāla plaukts, pastiprināts ar ozola līsti;

3) laminēts kokskaidu plātnes (LKSP) plaukts ar ozola pabiezīnājuma līsti (3. att., nr. 3), pielīmētu pie plaukta aizmugurējās malas. Līdz šim praksē ļoti reti pielietots risinājums. Vizuāli minimāli ietekmē plaukta biezumu.

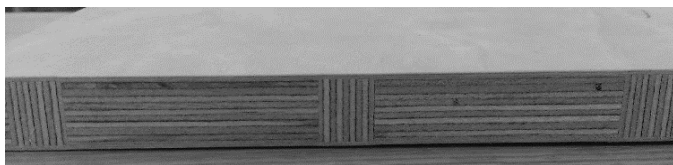


3. att. Uzlaboti KSP, MDF un HDF plauktu materiāli (E. Kirilovs).

4) plaukta malu aplīmēšana ar HDF (augsta blīvuma kokšķiedru plātne) plātņu materiālu. Šo paņēmieni izmanto, no MDF plātņu materiāla izgatavojot krāsotas detaļas. Izgatavojot plauktus, šādu paņēmieni varētu izmantot gan MDF, gan KSP plātņu materiāliem. 3. attēlā ar 5 apzīmēts MDF plātņu materiāla plaukts ar HDF plātņu materiāla maliņu;

5) plauktam ieliecoties, vislielākā slodze ir plaukta materiāla ārējiem slāņiem. Aplīmējot biežāku materiālu, kam ir mazāks blīvums, ar plānāku materiālu, kuram ir lielāks blīvums, uzlabojas lieces izturība. KSP plātņu materiāla lieces izturība uzlabojas, ja to aplīmē ar plānu HDF plātņu materiālu. 3. attēlā ar 6 apzīmēts KSP plātņu materiāla plaukts, pastiprināts ar HDF plātņu materiālu;

6) no saplākšņa atgriezumiem izgatavots plaukts. Saplākšņa atgriezumi rodas gan ražotnēs, gan tos var iegādāties vairumā par zemāku cenu. Kombinētais saplākšņa plaukts sastāv no saplākšņa līstēm, kur starp 60 mm platām līstēm ielīmētas 12 mm platas līstes, kuru finiera kārtas novietotas perpendikulāri. Šāds vairogs tiek aplīmēts ar finieri no abām pusēm divās kārtās. Pirmās kārtas finiera šķiedra ir perpendikulāra līmēšanas šuvēm, lai padarītu stiprāku līmējuma vietu. Otrās, ārējās kārtas, finiera šķiedra ir perpendikulāra līmējuma šuvēm (4. att.).

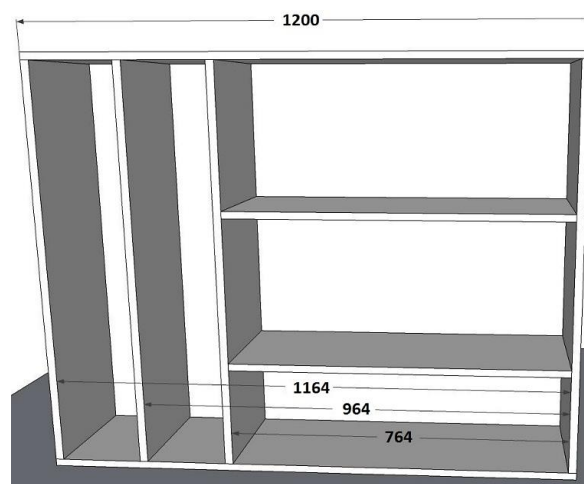


4. att. Kombinēts saplākšnis (E. Kirilovs).

Lai noteiktu plaukta izturību, ir izstrādāts stends, kurā iespējams testēt plauktus. Plaukti tiks noslogoti ar noteiktu svaru. Mērīts tiek izliekums, kas radies, smagumam iedarbojoties uz plauktu. Pārbaudēs izmantoti 3 plauktu

garumi: 764 mm; 964 mm un 1164 mm. 764 mm garš plaukts tika izvēlēts, jo tas pārstāv tradicionāli mēbeļu ražošanā pielietoto plauktu laidumu, bet atlikušie ir plaukti ar pagarinātu laidumu. Lielāka uzmanība tiks pievērsta 964 mm garam plauktam, ko varētu izmantot durvju aiņu apmēbelēšanai. Garākais plaukts izvēlēts ar iespēju izpildīt 1. att. uzstādījumu. Lai būtu iespējams testēt trīs dažāda garuma plauktus, stenda labā siena ir pārstatāma trīs dažādās pozīcijās (5. att.). Testēšanas stends:

- 1) Sānu sienas – 900 mm x 300 mm x 18 mm – 2 gb.
- 2) Apakšējais un augšējais vairogs – 1200 mm x 300 mm x 18 mm – 2 gb.
- 3) Mugursiena – 1198 mm x 932 mm x 8 mm – 1 gb.



5. att. Testēšanas stends (11).

Plauktu slogošanai tika izmantoti šādi slogi:

- 1) 764 mm gariem plauktiem – 33 kg;
- 2) 964 mm gariem plauktiem – 42 kg;
- 3) 1164 mm gariem plauktiem – 50 kg.

Sloga svaru noteica plauktu aizpildījums ar A4 formāta grāmatām, kas tika nosvērtas uz mehāniskajiem svāriem ar 1 g precizitāti. Plauktu izliekuma noteikšanai izmantots bīdmērs ar 0,02 mm precizitāti, kā arī 6 mm bieža, 30 mm plata un 764/964/1164 mm gara saplākšņa līste.

#### A. Lieces izturības noteikšana

Samontētam stendam nomontē labo sānu, lai būtu iespējams iestiprināt stacionāro plauktu. Kad iestiprināts stacionārais plaukts un nostiprināta labā stenda detaļa, tad pie stacionārā plaukta un stenda labās sānu detaļas tiek pieskrūvēta mugursiena un ievietots pārstatāmais plaukts. Stacionārajam un pārstatāmajam plauktam tiek izmērīta sākuma novirze no nulles līmeņa. Plaukti tiek piepildīti ar attiecīgā svara slogu un tad pēc divu stundu slogošanas tiek mērīts izliekums. Plauktiem, kam konstatēts mazākais izliekums, tiek veikti atkārtoti mērījumi, slogu atstājot uz 24 stundām.

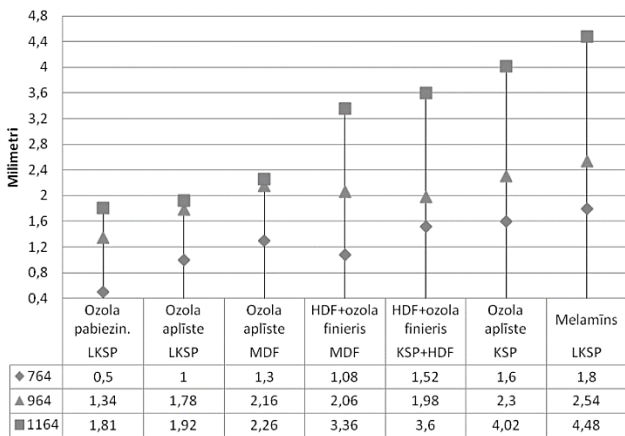
#### B. Lieces izturības modelēšana ar "The Sagulator" programmu

Ar programmu "The Sagulator" var aprēķināt plaukta izliekumu, norādot plaukta materiālu, plānoto slodzi, svara sadalījumu uz plaukta, plaukta izmērus un stiprināšanas

paņēmienu. Ir iespējams norādīt pabiezīnājuma izmantotās līstes parametrus, lai uzlabotu plaukta lieces izturību. Šajā programmā var izvēlēties plaukta materiālu no 205 variantiem, starp kuriem ir 187 koku sugas, kā arī dažādu klašu KSP, MDF, OSB, saplāksnis un pat stikls. Šī programma ir izstrādāta, izmantojot Stīva Stīvensona izstrādāto formulu un Džefa Brata atbalstu, pārveidojot formulu līstes parametriem (10).

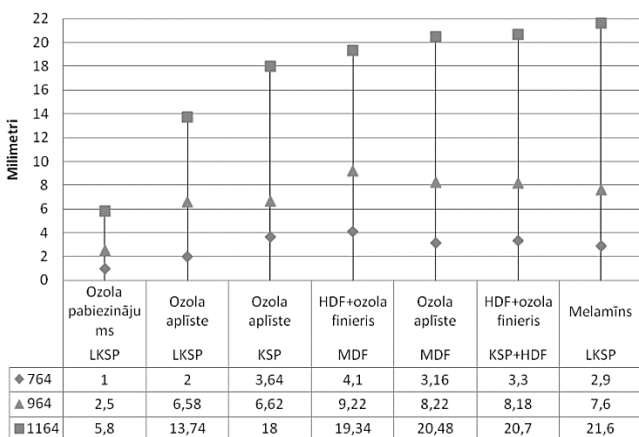
III. REZULTĀTI

Stacionāro plauktu izliekums attēlots 6. attēla grafikā, kurā var salīdzināt pārbaudītos plauktu materiālus. Mazāko izliekumu 1164 mm, 964 mm un 764 mm gariem plauktiem parādīja LKSP plātņu materiāla plaukts, kura aizmugurējā mala tika pastiprināta ar ozolkoka pabiezīnājuma līsti. Bet lielākais izliekums plauktiem radās LKSP plātņu materiāla plauktam, kura malas tika aplīmētas ar 0,3 mm melamīna malu apdares lenti. Ar ozolkoka pabiezīnājumu plaukta nestspēja uzlabojās vidēji par 220 %, bet ar aplīsti – vidēji par 39 %.



6. att. Stacionāro plauktu izliekums, mm (11).

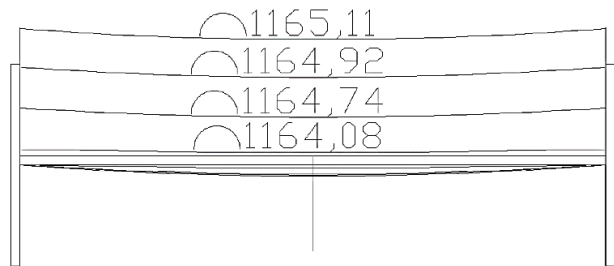
Pārstatāmo plauktu testa rezultāti attēloti 7. attēlā, kas ievērojami atšķiras ar izliekuma amplitūdu no stacionāriem plauktiem, kur izliekums mainījās 4 mm robežās.



7. att. Pārstatāmo plauktu izliekums, mm (11).

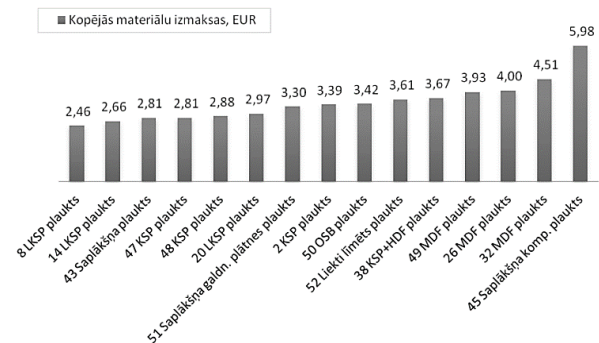
Salīdzinot pārstatāmos plauktus ar stacionāriem plauktiem, var secināt, ka stacionāro plauktu lieces izturība palielinās vidēji trīs līdz piecas reizes. Ja ir iespēja un plānots plauktos glabāt smagas lietas, tad piemērotākais risinājums būtu izmantot stacionāros plauktus.

Tā kā, slogojot 1164 mm garos pārstatāmos plauktus no KSP, LKSP un MDF plātņu materiāla, radās vizuāli ļoti liels izliekums, tad tika pārbaudīts plaukta garums pa horizontālo asi pēc deformācijas. Plaukta novirze pa horizontālo asi tika modelēta, konstruējot datorprogrammā AutoCAD. 8. attēlā redzams, ka, ja plaukta nobīde no plauktu turētājiem sastāda mazāk par milimetru, tad nav pamats bažām, ka plaukts varētu noslidēt no plauktu turētājiem.



8. att. 1164 mm garu plauktu garuma izmaiņas, mm (11).

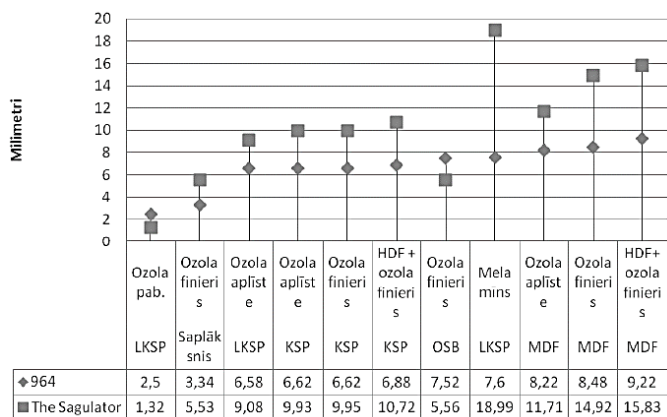
Veicot 964 mm garu plauktu ar dažādiem konstruktīviem risinājumiem materiālu izmaksu aprēķinu, kas apkopoti 9. attēlā, var secināt, ka vienas no mazākajām izmaksām ir ar melamīna malu apdares lenti aplīmētam LKSP plātņu materiāla plauktam un finierētiem KSP plauktiem. Plauktiem ar labāko lieces izturību, LKSP plātņu materiāla plauktam ar pabiezīnājumu un liekti līmētam plauktam, materiālu izmaksas ir attiecīgi par 0,51 EUR un 1,15 EUR lielākas par lētāko plauktu risinājumu. Taču lieces izturība LKSP plātņu materiāla plauktam ar pabiezīnājumu ir trīs reizes labāka par lētāko LKSP plātņu materiāla plauktu ar melamīna malu apdari.



9. att. 964 mm garu pārstatāmo plauktu materiālu izmaksas (11).

Lai salīdzinātu eksperimenta rezultātus ar izliekuma kalkulatora "The Sagulator" datiem, izliekuma kalkulatorā tika ievadīti 964 mm garu plauktu materiālu izejas dati. 10. attēlā salīdzināti 11 plauktu materiāli, kuru datus bija iespējams ievadīt izliekuma kalkulatorā. Izliekuma kalkulatorā dotie

lielumi atšķiras no eksperimentos iegūtajiem. Tikai laminētas kokskaidu plātnes ar pabezinājumu un finierētā OSB rezultāti izliekuma kalkulatorā tiek prognozēti labāki. Atšķirības iemesls var būt plātņu materiālu standarti, kā arī izmantotās saistvielas ietekme u.c. plauktu izgatavošanas parametriem. Salīdzinot lieces izturību kopumā, pēc izliekuma kalkulatora datiem, trešais labākais plauktu materiāls plauktu ražošanai ir OSB un pats sliktākais ir laminēta kokskaidu plātne ar melamīna malu apdari.



10. att. Plauktu izliekuma salīdzinājums ar "The Sagulator", mm (11)

#### IV. SECINĀJUMI

1. Fiksētu plauktu lieces izturība atkarībā no izmantotā pastiprinājuma mainās vidēji trīs līdz piecas reizes, bet pārstājamo plauktu – līdz 3 reizēm.

2. Garākā plaukta izliekums neietekmē pārstājamā plaukta stabilitāti uz plaukta turētājiem, novirze ir mazāka nekā 1 mm.

3. Lieces izturība LKSP plātņu materiāla plauktam ar pabezinājumu ir trīs reizes labāka par lētāko LKSP plātņu materiāla plauktu ar melamīna malu apdari.

4. Pētījuma mērķis tika sasniegts, un liela laiduma plauktiem labākais konstruktīvais risinājums ir, izmantojot pabezinājumu vai lietojot lobītā finiera līmētu materiālu.

#### LITERATŪRAS SARAKSTS

- Norvydas, V., Minelga, D. Strength and stiffness properties of furniture panels covered with different coatings. *Material Science*, 2006, vol. 12, no. 4, pp. 328–332.
- Kotas, T. The theoretical and experimental analysis of cabinet structures. *Furniture development council*. 1957, no. 6.
- Kwiatkowski, K. Analysis of plate shelf in furniture construction. *Prem. Drzewny*. 1974, 25(1), pp. 21–23.
- Eckelman, C. A., Resheidat, M. Deflection analysis of shelves and case tops and bottoms. *Forest Products Journal*, 1984, vol. 34, no. 6, pp. 55–60.
- Nikolaeva, R. *Influence of some factors on bending creep behavior of horizontal elements of case furniture under longterm static loading*. Ph. D Thesis, University of Sofia, 1981.

#### Edgars Kirilovs, Juris Emsins, Viesturs Selderins, Zane Zelca. The Stiffness Verification of the Shelving System

The aim of the research was to find the relationship between the dimensions of the shelf materials and the spans made of traditionally used board materials of a thickness not exceeding 20mm. In the process of study quantitative and grapho-analytical research method was used. There are done constructive technologically board shield bearing capacity improvement solutions to the used board materials. The selected board materials were tested for constructive technologically board shield bearing capacity improvement solutions. Dismountable construction fittings, round pin and cam tie (stationary rack), and shelf holder (adjustable shelf) were used. To achieve this goal 52 shelves of the length of 764 mm, 964 mm and 1164 mm were made. The strength and stability of shelves was tested with the loading method set according to LVS EN 14073-3:2004 standard. The results of the experiment were compared with the results of the program "The Segulator". According to the standard the shelves were fortified in cabinet and loaded evenly throughout the length of the shelf (764 mm – 33 kg, 964 mm – 42 kg, 1164 mm – 50 kg). The stiffness of the shelf was measured in the mid-shelf extending it to a straight-line starting position. The results showed that the most effective way to

- Ozarska, B., Harris, G. Effect of cyclic humidity on creep behaviour of wood-based furniture panels. *Electronic Journal of Polish Agricultural University*, 2007, vol. 10, no. 3.
- Tankut, A., Denizli-Tankut, N., Gibson, H., Eckelman, C. Design and testing of bookcase frames construed with round mortise and tenon joints. *Forest Products journal*, 2003, vol. 53, no. 7/8, pp. 80–86.
- Handriansyah, A. Fingers Shelving by Studio Arne Quize [tiešsaiste]. 2010 [skatīts 24.02.2014.]. Pieejams: <http://www.archithings.com/fi>
- LVS EN 14073-3:2004 Biroja mēbeles, Mēbeles dokumentu glabāšanai, 3.daļa: Konstruktiju stabilitātes un stiprības noteikšanas metodes
- The sagulator. [tiešsaiste] [skatīts 23.02.2014.]. Pieejams: <http://www.woodbin.com/calcs/sagulator.htm>
- Selderiņš, V. *Lieces izturība plauktu sistēmā*. Maģistra darbs. Rīga: RTU 2014.



**Edgars Kirilovs** received the *Dr. sc. ing.* Degree in 2013, from Riga Technical University. He currently is a Lecturer with Riga Technical University. His main fields of research are: the use of innovative boards in the production of wooden products and wood product design adjustment to the options of modern technologies.

Address: Institute of Design Technologies, Riga Technical University, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia.

Phone: + 371 67089816,

E-mail: edgars.kirilovs@rtu.lv



**Juris Emsins** is a Timber Industry Engineer Technologist. He is currently an Associate Professor and a Lecturer on the study subject "Collection Design" and manages practical work. He has 25 year experience in Furniture Design.

Address: Institute of Design Technologies, Riga Technical University, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia.

Phone: + 371 67089816,

E-mail: juris.emsins@rtu.lv



**Viesturs Selderins** received the *Mg. sc. ing.* degree in 2014, from Riga Technical University.

Address: Institute of Design Technologies, Riga Technical University, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia.

E-mail: viesturs.ozo@gmail.com.



**Zane Zelca** received the *Mg. sc. ing.* degree in Technology and Design from the Institute of Design Technology, RTU, in 2014. She is a Doctoral student with the Institute of Design Technology, RTU. She is currently Head of Laboratory of the Department of Design and Materials Technology, Institute of Design Technology, Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, RTU, and research assistant with Riga Technical University Institute of Design Technology.

Address: Riga Technical University, Institute of Design Technologies, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia.

E-mail: Zane.Zelca@rtu.lv

improve the stiffness of the material is to thicken the sides and to produce laminated shelves. Further studies should be carried out using other ways of shelf thickening, other wood materials and adhesives, as well as looking for other options of improving the stiffness of the shelf. The aim of the study was achieved. The results confirmed that the best solution in the construction of long span shelves is to use the thickening application or adhesively bonded twisted material. The flexural strength of fixed fortified shelves varied depending on the degree of the reinforcement, the difference on average being three to five times, but for the adjustable shelves up to 3 times.

**Эдгарс Кириловс, Юрис Эмсиньш, Виестурс Сельдериньш, Зане Зелча. Проверка прочности на изгиб в полочной системе**

Цель исследования – определить зависимость между поперечными размерами полочных материалов и длиной полок из традиционных пластинчатых материалов, толщиной менее 20 мм. В статье использованы качественные и графические методы исследования. Отобранные пластинчатые материалы подвергнуты применяемым на практике конструктивно-технологическим улучшениям несущей способности. Для укрепления полки в корпусе использована фурнитура разборной конструкции, цилиндрический штырь, эксцентриковая стяжка и полочный упор. В процессе исследования изготовлены 52 полки длиной 764 мм, 964 мм и 1164 мм, которые подвергнуты проверке на прочность и стабильность, использован метод с нагрузкой весов, в соответствии с требованиями стандарта LVS EN 14073-3:2004. Результаты эксперимента сравнены с результатами полученных в программе «The Sagulator». Полки укреплялись в корпусе и равномерно нагружались по всей длине (764 мм – 33 kg, 964 мм – 42 kg, 1164 мм – 50 kg). Изгиб полки определялся на середине пролёта. Результаты показали что оптимальным способом повышения прочности на изгиб признано применение утолщений боковых краёв и изготовление послойноклееных полок. Дальнейшие исследования необходимо проводить с применением различного рода утолщений полок, меняя вид древесного материала и используемого клея, а также искать другие варианты укрепления прочности полки на изгиб. Получен положительный результат. Для полок большого пролёта лучшим решением является применение утолщения края и клееных полок из лущённого шпона. Прочность на изгиб жёстко фиксированных полок в зависимости от применяемого усиления менялась в среднем от трёх до пяти раз, а переставных полок – до 3 раз.