Comparative researches of the properties of laboratory plywood and some industrial manufactured Wood - based panels!

Violeta T Jakimovska - Popovska*

Faculty of Design and Technologies of Furniture and Interior, Ss. Cyril and Methodius University of Skopje, Skopje, Republic of Macedonia

Abstract

Citation: Jakimovska - Popovska VT. [Comparative researches of the properties of laboratory plywood and some industrial manufactured Wood - based panels!]. SEE J Archit Des. 2017 Nov 09; 10024. [MSc] [Macedonian]
<http://dx.doi.org/10.3889/seejad.2017.10032>

Keywords: Veneers; Panels; Plywood; MDF - medium density fiberboards; OSB - oriented strand boards; Impact; Panel's structure; Phenol formaldehyde resin; Properties; Phenol formaldehyde foil; Physical; Mechanical; Quality

***Correspondence:** Violeta T Jakimovska - Popovska. Faculty of Design and Technologies of Furniture and Interior, Ss. Cyril and Methodius University of Skopje, Skopje, Republic of Macedonia. E-mail: jakimovskapopovskavioleta@gmail.com

Received: 07-Jun-2017; **Revised:** 20-Jul-2017;
Accepted: 30-Sept-2017; **Published:** 09-Nov-2017

Copyright: © 2017 Violeta T Jakimovska - Popovska. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Competing Interests: The author have declared that no competing interests exist

The aim of the researches in the master thesis is studying the impact of the changes in plywood structure on their physical and mechanical properties. These changes are related to the change of the layer's position in the panels' structure along the axis of symmetry without changing the number and the thickness of the veneers. Four models of laboratory nine layered plywood were made for studying this impact. The evaluation of the models quality was made on the base of the obtained values from the tests of their physical and mechanical properties, as well as on the base of the comparative analyse of these values and the values obtained from the tested properties of comparative model of industrial manufactured plywood.

Beside above mentioned the researches in the master thesis also comprise study of physical and mechanical properties of industrial manufactured medium density fibreboard's (MDF) and oriented strand boards (OSB) that are most present on the market in R. of Macedonia. The quality of these types of panels is perceived trough this study, on which base the guidelines for their adequate application are provided.

The laboratory plywood models are made in controlled laboratory conditions by the method of hot dry pressing. Beech peeled veneers with thickness of 1.2; 1.5; 2.2 and 3.2 mm are used for plywood manufacturing. As gluing component for plywood manufacturing, pure water-soluble phenol formaldehyde resin with concentration of 47.10 % is used. The models are preserved with phenol formaldehyde foil, which is impregnated in the surface layers during pressing. Four panels from each model are made, as well as two additional panels without surface phenol formaldehyde foil from the second model in order to perceive the differences in physical properties between preserved and non - preserved laboratory models.

The results from the testing of physical and mechanical properties of laboratory plywood shows that all models are characterized with stability in form and dimensions, equal density, consistency during water and temperature exposure, high values of mechanical properties and high bonding quality.

The differences between values of the mechanical properties of individual models of laboratory plywood are result of different orientation of the veneers in the plywood construction. The veneers with thickness of 3.2 mm cover the biggest part of the panel thickness, so its orientation makes the biggest impact on mechanical properties values. Certain impact on the properties values also has the positioning of these veneers along the panel's central layer, which leads to increasing or decreasing of mechanical properties values depending on direction of the loading forces and veneers orientation.

The research results for industrial manufactured models shows that the model of plywood, as well as the OSB model is characterized with a lot of deviations i.e. have no consistency in the quality. These models do not entirely meet the requirements that are defined with the standards for structural application in construction. According to the test results, the industrial manufactured MDF model has very high quality, which gives positive signals for MDF application as structural material in construction.

РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ – СКОПЈЕ

Факултет за дизајн и технологии на мебел и ентериер - Скопје

Виолета Т. ЈАКИМОВСКА ПОПОВСКА

**СПОРЕДБЕНИ ИСТРАЖУВАЊА НА СВОЈСТВАТА
НА ЛАБОРАТОРИСКИ ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ И
НЕКОИ ИНДУСТРИСКИ ДРВЕНИ ПЛОЧИ**

- Магистерски труд -

Скопје, 2011

Благодарност

Толма Благодарност и пошт изразувам кон менторот проф. д-р Борис Улиев за професионалната соработка, насочувањето во научната и стручна работа и укажаната помош при изработка на магистерскиот труд.

Благодарност изразувам кон проф. д-р Јосиф Димески за професионалната соработка, насочувањето во работата и стручните совети во текот на изработката на магистерскиот труд.

Благодарност должам на проф. д-р Митко Нацевски за прифаќањето да биде член на комисијата за оценка и одбрана на магистерскиот труд и за корисните совети во оформувањето на трудот.

Поседна Благодарност должам на компаниите „Истра-Кочани“, „Мебел Тргод“-Виница, „Ламинати ком“-Трилеп, „Кипар“-Струмица, „Солопром“-Скопје, „Микрохим“-Куманово, „Рекв-стил“-Скопје, „Брест“-Скопје, „Арбор инженеринг“-Скопје, без чиј материјали, опрема и услуги изработката на овој магистерски труд не беше возможна.

Толма Благодарност изразувам кон Машинскиот факултет во Скопје, кој ги стави на располагање опремата, лабораториите и надарот во функција на потребните испитувања за магистерскиот труд. Во таа насока особена благодарност исказувам кон проф. д-р Димитри Козинаков и проф. д-р Валентино Ѓеоргиевски.

Поседна Благодарност должам на моето семејство за разбирањето и поддршката во текот на изработката на магистерскиот труд.

На крајот, се заблагодарувам на сите останати кои не се споменати, а кои на било кој начин придонесоа во квалитетот на овој магистерски труд и ја поддржаа неговата изработка.

Авторот

**СПОРЕДБЕНИ ИСТРАЖУВАЊА НА СВОЈСТВАТА НА
ЛАБОРАТОРИСКИ ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ И НЕКОИ
ИНДУСТРИСКИ ДРВЕНИ ПЛОЧИ**

АПСТРАКТ

Целта на истражувањата на магистерскиот труд е проучување на влијанието на промените во структурата на фурнирските плочи врз нивните физичко-мехнички својства. Овие промени се однесуваат на промената на положбата на слоевите во структурата на плочата во однос на нејзината оска на симетрија, без притоа да се менува бројот и дебелината на употребените фурнирски листови. За проучување на ова влијание изработени се четири модели на лабораториски деветслојни фурнирски плочи, а оценката за квалитетот на изработените модели е дадена врз основа на вредностите добиени од испитувањето на нивните физичко-механички својства, како и врз основа на споредбената анализа на овие вредности со вредностите добиени од испитувањето на својствата на споредбен модел на индустриски произведени фурнирски плочи.

Покрај наведеното, истражувањата во магистерскиот труд опфаќаат и проучување на физичко-механичките својства на индустриски произведени плочи од дрвни влкани со средна густина (MDF) и плочи со ориентирани иверки (OSB), кои најчесто се застапени на пазарот во Р. Македонија. Преку овие истражувања е согледан квалитетот на овие типови на плочи, врз основа на кој се даваат насоки за нивна адекватна примена.

Лабораториските модели на фурнирски плочи се изработени во контролирани лабораториски услови со примена на методот на суво жешко пресување. За нивна изработка се користени букови фурнирски листови со дебелина од 1,2; 1,5; 2,2 и 3,2 mm, добиени со технологија на лупење. Како врзивно средство за изработка на моделите е употребена чиста водорастворлива фенолформалдехидна смола со концентрација од 47,10 %. Моделите се заштитени

со фенолформалдехидна фолија, која е импрегнирана во површинските слоеви на плочите во процесот на пресување. Од сите четири модели се изработени по четири плочи и две дополнителни од вториот модел, кои немаат заштитна фенолформалдехидна фолија, а со цел да се согледаат разликите во физичките својства на заштитените и незаштитените лабораториски модели.

Резултатите од испитувањата на физичко-механичките својства на лабораториските фурнирски плочи покажуваат дека сите модели на плочи се карактеризираат со стабилност на формата и димензиите, изедначена зафатнинска маса, постојаност на дејство на вода и температура, високи вредности на механичките својства и висок степен на слепеност.

Различните вредности на сите испитани механички својства на поедините модели на лабораториски фурнирски плочи се резултат на различната ориентација на фурнирските листови во конструкцијата на плочите. Фурнирите со дебелина од 3,2 mm зафаќаат најголем процент од дебелината на плочите, па затоа нивната ориентација во најголема мера влијае врз вредностите на механичките својства. Определено влијание врз вредностите на својствата има и позиционирањето на овие фурнири во однос на централниот слој на плочата, што доведува до извесно зголемување или пак намалување на вредностите на механичките својства, во зависност од насоката на делување на силите на оптоварување и ориентацијата на фурнирите.

Добиените резултати од истражувањата на индустриските модели на плочи покажуваат дека моделот на индустриски произведени фурнирски плочи, како и моделот на OSB плочи се карактеризираат со доста девијации, односно непостојаност во квалитетот. Овие модели целосно не ги исполнуваат барањата дефинирани во стандардите за употреба на овие плочи како носиви плочи во градежните конструкции. Индустрискиот модел на плочи од дрвни влакна со средна густина-MDF, согласно добиените резултати од испитаните својства се карактеризира со исклучително висок квалитет, што дава позитивни сигнали за примена на овие плочи како конструктивен материјал во градежништвото.

Клучни зборови: фурнири, плочи, фурнирски плочи, MDF-плочи од дрвни влакна со средна густина, OSB-плочи со ориентирани иверки, влијание, структурата на плочата, фенолформалдехидна смола, својства, фенолформалдехидна фолија, физички, механички, квалитет.

**COMPARATIVE RESEARCHES OF THE PROPERTIES OF LABORATORY
PLYWOOD AND SOME INDUSTRIAL MANUFACTURED
WOOD-BASED PANELS**

ABSTRACT

The aim of the researches in the master thesis is studying the impact of the changes in plywood structure on their physical and mechanical properties. These changes are related to the change of the layer's position in the panels' structure along the axis of symmetry without changing the number and the thickness of the veneers. Four models of laboratory nine layered plywood were made for studying this impact. The evaluation of the models quality was made on the base of the obtained values from the tests of their physical and mechanical properties, as well as on the base of the comparative analyze of these values and the values obtained from the tested properties of comparative model of industrial manufactured plywood.

Beside above mentioned the researches in the master thesis also comprise study of physical and mechanical properties of industrial manufactured medium density fiberboards (MDF) and oriented strand boards (OSB) that are most present on the market in R. of Macedonia. The quality of these types of panels is perceived trough this study, on which base the guidelines for their adequate application are provided.

The laboratory plywood models are made in controlled laboratory conditions by the method of hot dry pressing. Beech peeled veneers with thickness of 1,2; 1,5; 2,2 and 3,2 mm are used for plywood manufacturing. As gluing component for plywood manufacturing, pure water-soluble phenol formaldehyde resin with concentration of 47,10 % is used. The models are preserved with phenol formaldehyde foil, which is impregnated in the surface layers during pressing. Four panels from each model are made, as well as two additional panels without surface phenol formaldehyde foil from the second model in order to perceive the differences in physical properties between preserved and non-preserved laboratory models.

The results from the testing of physical and mechanical properties of laboratory plywood shows that all models are characterized with stability in form and dimensions, equal density, consistency during water and temperature exposure, high values of mechanical properties and high bonding quality.

The differences between values of the mechanical properties of individual models of laboratory plywood are result of different orientation of the veneers in the plywood construction. The veneers with thickness of 3,2 mm cover the biggest part of the panel thickness, so its orientation makes the biggest impact on mechanical properties values. Certain impact on the properties values also has the positioning of these veneers along the panel's central layer, which leads to increasing or decreasing of mechanical properties values depending on direction of the loading forces and veneers orientation.

The research results for industrial manufactured models shows that the model of plywood, as well as the OSB model is characterized with a lot of deviations i.e. have no consistency in the quality. These models do not entirely meet the requirements that are defined with the standards for structural application in construction. According to the test results, the industrial manufactured MDF model has very high quality, which gives positive signals for MDF application as structural material in construction.

Keywords: veneers, panels, plywood, MDF-medium density fiberboards, OSB-oriented strand boards, impact, panel's structure, phenol formaldehyde resin, properties, phenol formaldehyde foil, physical, mechanical, quality.

СОДРЖИНА

БЛАГОДАРНОСТ.....	II
АПСТРАКТ	III
ABSTRACT.....	V
СОДРЖИНА	VII
ПОПИС НА СЛИКИ.....	XII
ПОПИС НА ТАБЕЛИ	XXIV
1. ВОВЕД	1
2. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊАТА	4
3. ДОСЕГАШНИ СОЗНАНИЈА ВО ИСТРАЖУВАЧКАТА ОБЛАСТ	6
4. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊАТА.....	9
4.1. МАТЕРИЈАЛИ.....	9
4.1.1. Фурнири.....	9
4.1.2. Лепило.....	10
4.1.3. Споредбени модели на индустриски произведени плочи	11
4.2. МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊАТА	13
4.2.1. Концепт на моделите на лабораториски фурнирски плочи	13
4.2.2. Изработка на лабораториски фурнирски плочи	15
4.2.2.1. <i>Формирање на композициите на фурнирски плочи</i>	<i>16</i>
4.2.2.2. <i>Пресување.....</i>	<i>17</i>
4.2.3. Испитување на плочите	20
4.2.4. Методи на испитување на плочите	21
4.2.4.1. <i>Шеми на кроење на плочиите за изработка на пробни тела.....</i>	<i>22</i>
4.2.4.2. <i>Физички својства.....</i>	<i>26</i>
4.2.4.2.1. <i>Зафайнинска маса</i>	<i>26</i>
4.2.4.2.2. <i>Влажност</i>	<i>26</i>
4.2.4.2.3. <i>Вивање вода и дебелинско бабрење</i>	<i>27</i>
4.2.4.3. <i>Механички својства.....</i>	<i>28</i>
4.2.4.3.1. <i>Јакост на сивање.....</i>	<i>28</i>

4.2.4.3.2. Модул на еластичност при свивање.....	29
4.2.4.3.3. Јакост на затегнување.....	30
4.2.4.3.4. Јакост на притисок.....	33
4.2.4.3.5. Јакост на раслојување.....	34
4.2.4.3.6. Тврдост според Јанка.....	35
4.2.4.3.7. Сцеп на сцепност.....	35
4.2.5. Опрема за испитување.....	37
4.3. СТАТИСТИЧКА ОБРАБОТКА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА.....	38
5. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА.....	40
5.1. РЕЗУЛТАТИ ОД ИСПИТУВАЊАТА НА ФИЗИЧКИТЕ СВОЈСТВА.....	40
5.1.1. Резултати од испитувањето на зафатнинската маса.....	40
5.1.2. Резултати од испитувањето на влажноста.....	41
5.1.3. Резултати од испитувањето на дебелинското бабрење и впирањето вода за 24 часа.....	42
5.1.3.1. Резултати од испитувањето на апсолутното впирање вода за 24 часа.....	42
5.1.3.2. Резултати од испитувањето на релативното впирање вода за 24 часа.....	44
5.1.3.3. Резултати од испитувањето на апсолутното дебелинско бабрење за 24 часа.....	45
5.1.3.4. Резултати од испитувањето на релативното дебелинско бабрење за 24 часа.....	46
5.1.4. Резултати од испитувањата на дебелинското бабрење и впирањето вода за 48 часа.....	48
5.1.4.1. Резултати од испитувањето на апсолутното впирање вода за 48 часа.....	48
5.1.4.2. Резултати од испитувањето на релативното впирање вода за 48 часа.....	49
5.1.4.3. Резултати од испитувањето на апсолутното дебелинско бабрење за 48 часа.....	51

5.1.4.4. Резултати од испитувањето на релативното дебелинско бабрење за 48 часа	52
5.1.5. Резултати од испитувањата на дебелинското бабрење и впирањето вода за 72 часа	53
5.1.5.1. Резултати од испитувањето на апсолутното впирање вода за 72 часа	53
5.1.5.2. Резултати од испитувањето на релативното впирање вода за 72 часа	55
5.1.5.3. Резултати од испитувањето на апсолутното дебелинско бабрење за 72 часа	56
5.1.5.4. Резултати од испитувањето на релативното дебелинско бабрење за 72 часа	57
5.1.6. Интензитет на релативното впирање при продолжен третман во вода ...	58
5.1.7. Интензитет на релативното дебелинско бабрење при продолжен третман во вода	60
5.2. РЕЗУЛТАТИ ОД ИСПИТУВАЊАТА НА МЕХАНИЧКИТЕ СВОЈСТВА	61
5.2.1. Резултати од испитувањето на јакоста на свирање	61
5.2.1.1. Резултати од испитувањето на јакоста на свирање на фурнирскиот плоча	62
5.2.1.1.1. Резултати од испитувањето на јакоста на свирање паралелно на должината на плочата	62
5.2.1.1.2. Резултати од испитувањето на јакоста на свирање напречно на должината на плочата	66
5.2.1.2. Резултати од испитувањето на јакоста на свирање на плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF) и плочите со ориентирани иверки (OSB)	71
5.2.2. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свирање	79
5.2.2.1. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свирање на фурнирскиот плоча	80
5.2.2.1.1. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свирање паралелно на должината на плочата	80
5.2.2.1.2. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свирање напречно на должината на плочата	92

5.2.2.2. Резултатите од испитувањето на модулој на еластичноста при свивање на споредбените модели на MDF и OSB плочи	103
5.2.2.2.1. Резултатите од испитувањето на модулој на еластичноста паралелно на должината на плочата	103
5.2.2.2.2. Резултатите од испитувањето на модулој на еластичноста напречно на должината на плочата	107
5.2.2.2.3. Резултатите од испитувањето на модулој на еластичноста при свивање под агол од 22,5° во однос на должината на плочата	111
5.2.2.2.4. Резултатите од испитувањето на модулој на еластичноста при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата	113
5.2.2.2.5. Резултатите од испитувањето на модулој на еластичноста при свивање под агол од 67,5 ° во однос на должината на плочата.....	116
5.2.3. Резултати од испитувањето на јакоста на затегнување	119
5.2.3.1. Резултатите од испитувањето на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата	119
5.2.3.2. Резултатите од испитувањето на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата.....	124
5.2.3.3. Резултатите од испитувањето на јакоста на затегнување под агол од 22,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата	129
5.2.3.4. Резултатите од испитувањето на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата	133
5.2.3.5. Резултатите од испитувањето на јакоста на затегнување под агол од 67,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата	137
5.2.3.6. Поларни дијаграми на јакоста на затегнување, коефициентите на рамномерноста на јакоста на затегнување на фурнирските плочи и коефициентите на масиниот квалитет	141
5.2.4. Резултати од испитувањето на јакоста на притисок	146
5.2.4.1. Резултатите од испитувањето на јакоста на притисок на фурнирските плочи	146

5.2.4.1.1. Резултати од испитувањето на јакоста на притисок во насока на должината на плочата	146
5.2.4.1.2. Резултати од испитувањето на јакоста на притисок најречно на должината на плочата	150
5.2.4.2. Резултати од испитувањето на јакоста на притисок на плочице од дрвни влакна со средна густина (MDF) и плочице со ориентирани иверки (OSB)	153
5.2.5. Резултати од испитувањето на јакоста на раслојување	161
5.2.6. Резултати од испитувањето на тврдоста	163
5.2.7. Резултати од испитувањето на степенот на слепеност	164
5.3. РЕЗУЛТАТИ ОД ОПРЕДЕЛУВАЊЕТО НА СТАТИСТИЧКАТА ЗНАЧАЈНОСТ НА РАЗЛИКИТЕ НА СВОЈСТВАТА ПОМЕЃУ ЛАБОРАТОРИСКИТЕ ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ	167
6. ДИСКУСИЈА	172
7. ЗАКЛУЧОЦИ	205
8. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА	225
9. ЛИТЕРАТУРА	226

ПОПИС НА СЛИКИ

Слика 1. Шематски приказ и напречен пресек на конструкцијата на моделите	14
Слика 2. Шематски приказ на распоредот на фурнирските пакети во еден кат од пресата.....	17
Слика 3. Дијаграм на пресување применет за изработка на моделите.....	19
Слика 4. Кројни шеми за изработка на пробни тела од моделите I, II, III и IV	22
Слика 5. Кројна шеми за изработка на пробни тела од моделот II/N	23
Слика 6. Кројна шема за изработка на пробни тела од моделот на индустриски фурнирски плочи.....	24
Слика 7. Кројна шема за изработка на пробни тела од моделите на индустриски MDF и OSB плочи.....	24
Слика 8. Дијаграм на оптоварување при определување на модулот на еластичност при свивање.....	29
Слика 9. Поларен дијаграм на јакоста на затегнување на фурнирските плочи.....	31
Слика 10. Шема на делување на силата на притисок а-во насока на должината на плочата; б-во насока на ширината на плочата.....	33
Слика 11. Уред за одвојување на фурнирските листови со длето.....	36
Слика 12. Хистограмски приказ на вредностите за зафатнинската маса на плочите.....	40
Слика 13. Хистограмски приказ на вредностите за влажноста на плочите.....	42
Слика 14. Хистограмски приказ на апсолутното впивање вода за 24 часа.....	43
Слика 15. Хистограмски приказ на релативното впивање вода за 24 часа.....	44
Слика 16. Хистограмски приказ на апсолутното дебелинско бабрење за 24 часа.....	45
Слика 17. Хистограмски приказ на релативното дебелинско бабрење за 24 часа.....	47
Слика 18. Хистограмски приказ на апсолутното впивање вода за 48 часа.....	49
Слика 19. Хистограмски приказ на релативното впивање вода за 48 часа.....	50
Слика 20. Хистограмски приказ на апсолутното дебелинско бабрење за 48 часа.....	51

Слика 21. Хистограмски приказ на релативното дебелинско бабрење за 48 часа.....	52
Слика 22. Хистограмски приказ на апсолутното впивање вода за 72 часа.....	54
Слика 23. Хистограмски приказ на релативното впивање вода за 72 часа.....	55
Слика 24. Хистограмски приказ на апсолутното дебелинско бабрење за 72 часа.....	56
Слика 25. Хистограмски приказ на релативното дебелинско бабрење за 72 часа.....	57
Слика 26. Интензитет на релативното впивање вода во текот на 72 часа.....	59
Слика 27. Интензитет на релативното дебелинско бабрење во текот на 72 часа.....	60
Слика 28. Хистограмски приказ на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи.....	62
Слика 29. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот I	64
Слика 30. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот II	64
Слика 31. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот III	65
Слика 32. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот IV.....	65
Слика 33. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот S/I	65
Слика 34. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи	66
Слика 35. Хистограмски приказ на јакоста на свивање напречно на должината на фурнирските плочи.....	67
Слика 36. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за моделот I	69
Слика 37. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за моделот II	69

Слика 38. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за моделот III	70
Слика 39. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за моделот IV	70
Слика 40. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за моделот S/I	70
Слика 41. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на фурнирските плочи....	71
Слика 42. Хистограмски приказ на јакоста на свивање на плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF).....	72
Слика 43. Поларен дијаграм на јакоста на свивање на споредбениот модел на MDF плочи.....	72
Слика 44. Хистограмски приказ на јакоста на свивање на плочите со ориентирани иверки (OSB)	74
Слика 45. Поларен дијаграм на јакоста на свивање на споредбениот модел на OSB плочи	74
Слика 46. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за споредбениот модел S/II.....	75
Слика 47. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за споредбениот модел S/II	76
Слика 48. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II	76
Слика 49. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II	76
Слика 50. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II	77
Слика 51. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за споредбениот модел S/III	77
Слика 52. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за споредбениот модел S/III	77
Слика 53. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III	78

Слика 54. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III	78
Слика 55. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III	78
Слика 56. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на свивање на моделите на MDF и OSB плочи	79
Слика 57. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во првото мерно место.....	80
Слика 58. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во второто мерно место.....	82
Слика 59. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во третото мерно место.....	83
Слика 60. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во четвртото мерно место.....	85
Слика 61. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи при кршење.....	86
Слика 62. Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за лабораториските модели на фурнирски плочи (модели I, II, III и IV)	89
Слика 63. Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбениот модел S/I..	90
Слика 64. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот I	90
Слика 65. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот II	91
Слика 66. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот III	91
Слика 67. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот IV	91

Слика 68. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот S/I	92
Слика 69. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во првото мерно место.....	93
Слика 70. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во второто мерно место.....	94
Слика 71. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во третото мерно место.....	96
Слика 72. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во четвртото мерно место.....	97
Слика 73. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи при кршење	99
Слика 74. Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за лабораториските модели на фурнирски плочи (модели I, II, III и IV)	100
Слика 75. Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбениот модел S/I..	101
Слика 76. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на лабораториските модели (I, II, III и IV)	102
Слика 77. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи (S/I)	103
Слика 78. Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбениот модел на MDF плочи-S/II	106
Слика 79. Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбениот модел на OSB плочи-S/III.....	106
Слика 80. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата за модел S/II	107

- Слика 81.** Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата за модел S/III 107
- Слика 82.** Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбените модели на MDF и OSB плочи..... 110
- Слика 83.** Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на плочата за модел S/II..... 110
- Слика 84.** Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на плочата за модел S/III 111
- Слика 85.** Модул на еластичност при свивање под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбените модели на MDF и OSB плочи 112
- Слика 86.** Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата..... 113
- Слика 87.** Модул на еластичност при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбените модели на MDF и OSB плочи 115
- Слика 88.** Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата за моделот S/II 115
- Слика 89.** Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата за моделот S/III..... 116
- Слика 90.** Модул на еластичност при свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбените модели на MDF и OSB плочи 117
- Слика 91.** Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за моделот S/II 118
- Слика 92.** Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за моделот S/III..... 118

Слика 93. Хистограмски приказ на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.....	119
Слика 94. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I.....	121
Слика 95. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II	121
Слика 96. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III	121
Слика 97. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV	122
Слика 98. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I	122
Слика 99. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.....	123
Слика 100. Хистограмски приказ на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови	124
Слика 101. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I.....	126
Слика 102. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II.....	126
Слика 103. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III	126

- Слика 104.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV 127
- Слика 105.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I 127
- Слика 106.** Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови 128
- Слика 107.** Хистограмски приказ на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови 129
- Слика 108.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I 130
- Слика 109.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II 130
- Слика 110.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III 131
- Слика 111.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV 131
- Слика 112.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I 131
- Слика 113.** Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ на дрвните влакна од површинските фурнирски листови 132
- Слика 114.** Хистограмски приказ на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови 133

- Слика 115.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I 134
- Слика 116.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II 134
- Слика 117.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III 135
- Слика 118.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV 135
- Слика 119.** Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I 135
- Слика 120.** Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° на дрвните влакна од површинските фурнирски листови 136
- Слика 121.** Хистограмски приказ на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови... 137
- Слика 122.** Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I 138
- Слика 123.** Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II 138
- Слика 124.** Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III 139
- Слика 125.** Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV 139

Слика 126. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I.....	139
Слика 127. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ на дрвните влакна од површинските фурнирски листови	140
Слика 128. Поларни дијаграми на јакоста на затегнување за модел I и III	143
Слика 129. Поларни дијаграми на јакоста на затегнување за модел II и IV.....	144
Слика 130. Поларен дијаграм на јакоста на затегнување за модел S/I	144
Слика 131. Хистограмски приказ на јакоста на притисок во насока на должината на фурнирските плочи.....	147
Слика 132. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот I	148
Слика 133. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот II.....	148
Слика 134. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот III.....	148
Слика 135. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот IV	149
Слика 136. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот S/I.....	149
Слика 137. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на фурнирските плочи	149
Слика 138. Хистограмски приказ на јакоста на притисок напречно на должината на фурнирските плочи.....	150
Слика 139. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот I	151
Слика 140. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот II	152
Слика 141. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот III	152

Слика 142. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот IV	152
Слика 143. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот S/I	153
Слика 144. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на притисок во насока на ширината на плочата	153
Слика 145. Поларен дијаграм на јакоста на притисок за моделот S/II.....	155
Слика 146. Поларен дијаграм на јакоста на притисок за моделот S/III	155
Слика 147. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за споредбениот модел S/II.....	157
Слика 148. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на ширината на плочата за споредбениот модел S/II	157
Слика 149. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II	158
Слика 150. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од 45° во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II	158
Слика 151. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II	158
Слика 152. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за споредбениот модел S/III	159
Слика 153. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на ширината на плочата за споредбениот модел S/III.....	159
Слика 154. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III	159
Слика 155. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од 45° во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III	160

- Слика 156.** Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III 160
- Слика 157.** Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на притисок на плочите од дрвни влакна (MDF) и плочите со ориентиран иверки (OSB) 160
- Слика 158.** Дијаграм на напрегања при раслојување за моделот S/II (MDF)..... 161
- Слика 159.** Дијаграм на напрегања при раслојување за моделот S/III (OSB)..... 162
- Слика 160.** Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на раслојување..... 162
- Слика 161.** Хистограмски приказ на тврдоста 163
- Слика 162.** Изглед на површините на одвоените фурнирски листови при испитување на степенот на слепеност на лабораториските модели на фурнирски плочи 165
- Слика 163.** Изглед на површините на одвоените фурнирски листови при испитување на степенот на слепеност на индустрискиот модел на фурнирски плочи 166

ПОПИС НА ТАБЕЛИ

Табела 1. Средна дебелина и квалитетна класа на фурнирите.....	10
Табела 2. Карактеристики на водорастворливата фенолформалдехидна смола РВФШ-Т.....	11
Табела 3. Средни вредности на дебелините на споредбените модели на индустриски плочи.....	12
Табела 4. Распоред на фурнирските листови во конструкцијата на поедините модели на лабораториски фурнирски плочи.....	15
Табела 5. Средни вредности на дебелините на лабораториските фурнирски плочи.....	19
Табела 6. Статистички вредности за зафатнинската маса на плочите.....	40
Табела 7. Статистички вредности за влажноста на плочите.....	41
Табела 8. Статистички вредности за апсолутното впивање вода за 24 часа.....	43
Табела 9. Статистички вредности за релативното впивање вода за 24 часа.....	44
Табела 10. Статистички вредности за апсолутното дебелинско бабрење за 24 часа.....	45
Табела 11. Статистички вредности за релативното дебелинско бабрење за 24 часа.....	46
Табела 12. Статистички вредности за апсолутното впивање вода за 48 часа.....	49
Табела 13. Статистички вредности за релативното впивање вода за 48 часа.....	50
Табела 14. Статистички вредности за апсолутното дебелинско бабрење за 48 часа.....	51
Табела 15. Статистички вредности за релативното дебелинско бабрење за 48 часа.....	52
Табела 16. Статистички вредности за апсолутното впивање вода за 72 часа.....	54
Табела 17. Статистички вредности за релативното впивање вода за 72 часа.....	55
Табела 18. Статистички вредности за апсолутното дебелинско бабрење за 72 часа	56
Табела 19. Статистички вредности за релативното дебелинско бабрење за 72 часа	57
Табела 20. Статистички вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи.....	62

Табела 21. Статистички вредности за јакоста на свивање напречно на должината на фурнирските плочи	66
Табела 22. Статистички вредности за јакоста на свивање на плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF)	72
Табела 23. Статистички вредности за јакоста на свивање на плочите со ориентирани иверки (OSB)	73
Табела 24. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во првото мерно место	80
Табела 25. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во второто мерно место	82
Табела 26. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во третото мерно место	83
Табела 27. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во четвртото мерно место.....	85
Табела 28. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи при кршење.....	86
Табела 29. Средни вредности на модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на фурнирските плочи по мерни места за сите модели	88
Табела 30. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во првото мерно место	92
Табела 31. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во второто мерно место.....	94
Табела 32. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во третото мерно место.....	96
Табела 33. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во четвртото мерно место.....	97
Табела 34. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи при кршење	99
Табела 35. Средни вредности на модулот на еластичност при свивање напречно на должината на фурнирските плочи по мерни места за сите модели.....	100

Табела 36. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи.....	104
Табела 37. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи.....	104
Табела 38. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи.....	107
Табела 39. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи.....	108
Табела 40. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 22,5° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи	111
Табела 41. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 22,5° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи	111
Табела 42. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи.....	114
Табела 43. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи.....	114
Табела 44. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 67,5° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи	116
Табела 45. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 67,5° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи	116
Табела 46. Статистички вредности за јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови	119

Табела 47. Статистички вредности за јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови	124
Табела 48. Статистички вредности за јакоста на затегнување под агол од 22,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.....	129
Табела 49. Статистички вредности за јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.....	133
Табела 50. Статистички вредности за јакоста на затегнување под агол од 67,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.....	137
Табела 51. Коефициенти на рамномерност на јакоста на затегнување	145
Табела 52. Коефициенти на масиниот квалитет на фурнирските плочи	145
Табела 53. Статистички вредности за јакоста на притисок во насока на должината на фурнирските плочи.....	147
Табела 54. Статистички вредности за јакоста на притисок напречно на должината на фурнирските плочи.....	150
Табела 55. Статистички вредности за јакоста на притисок на плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF)	154
Табела 56. Статистички вредности за јакоста на притисок на плочите со ориентиран иверки (OSB)	154
Табела 57. Статистички вредности за јакоста на раслојување	161
Табела 58. Статистички вредности за тврдоста на плочите	163
Табела 59. Резултати од испитувањето на степенот на слепеност	164
Табела 60. Статистичка значајност на разликите во вредностите на својствата помеѓу моделите на лабораториски фурнирски плочи	167

1. ВОВЕД

Изведбата на современите дрвени конструкции денес е незамислива без употребата на дрвените композитни материјали, како што се: фурнирските плочи, плочите од иверки, плочите со ориентирани иверки (OSB), плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF), како и плочите од дрвни влакна со висока густина (HDF).

Основните предности или цел на развојот на дрвените композитни материјали е користењето на дрво со мали дијаметри, како и дрвените отпадоци од други производствени процеси, отстранување на грешките од дрвото, создавање на похомогени материјали, изработка на композити кои ќе имаат поголеми јакостни карактеристики од масивното дрво и можност за изработка на материјали во различни форми.

Широкиот спектар на дрвени композити опфаќа плочести материјали за внатрешна и надворешна употреба, за мебелното производство, како и во градбата на објектите. Примената на различните видови дрвени композитни материјали во различни области е условена од нивните различни својства. Физичко-механичките карактеристики на овие материјали зависат од низа фактори, вклучувајќи ги дрвниот вид, видот на врзното средство, геометријата на основниот дрвен елемент од конструкцијата на производот (дрвни влакна, иверки, фурнир), како и од зафатнинската маса на готовиот производ [8].

Во развиените Европски земји и Американскиот континент употребата на дрвените композити во современата градба на дрвените објекти е на завидно ниво. Во Северна Америка, дрвените композитни материјали претставуваат повеќе од 40 % од вкупното количество на материјали кои се користат во градбата на станбените објекти [52].

Примената на овие материјали може да биде за конструктивни или неконструктивни цели. Како главни типови на дрвени конструктивни плочи се издвојуваат фурнирските плочи и плочите со ориентирани иверки (OSB), како материјали за внатрешна или надворешна употреба. Овие плочи се

карактеризираат со високи јакости и еластичност наспроти нивната мала тежина (маса) и дебелина. Формата на овие плочи дозволува нивна примена во многу подрачја каде се потребни материјали во големи формати. Тие имаат голема примена како составен дел на одделни инженерски конструкции како што се: I-носачите, сандачестите носачи; како материјали за обложување во ѕидните панели, кровните и подните конструкции. Фурнирските плочи сеуште се незаменлив материјал за градежната оплата.

Наизменичната ориентација на фурнирите во конструкцијата, на фурнирските плочи им дава одлични јакостни карактеристики, еластичност и димензиона стабилност. Кај OSB плочите ова се постигнува со ориентирање на одделните слоеви од иверки напречно еден во однос на друг. Поради наизменичната ориентација на слоевите, лепењето на фурнирските плочи е значително намалено, па затоа тие се одличен избор како материјал на кој треба да бидат поставени спојни средства на краевите од плочите, со цел составување на определени конструкции.

Примената на дрвените плочи во надворешни услови бара употреба на водоотпорни лепила во нивното производство. Најчесто употребувано лепило во производството на фурнирските плочи и плочите со ориентирани иверки (OSB) за употреба во услови на зголемена влажност и дејство на атмосферливи фенолформалдехидното. Карбамидформалдехидното лепило е поекономично, но неговата примена, пред сè е ограничена во производството на плочести материјали за внатрешна употреба, како што се: плочите од иверки и плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF).

Плочите од дрвни влакна со средна густина и плочите од иверки својата најголема примена ја наоѓаат како неконструктивни материјали за внатрешна употреба. MDF плочите завземаат доминантно место во мебелното производство и изработката на ентериерите. Нивната хомогена структура и густата и мазна површина, овозможуваат одлична машинска обработка и примена на различни површински третмани. Добрите физичко-механички карактеристики на MDF плочите во комбинација со примената на водоотпорни лепила, се основа за проширување на подрачјето на нивната примена и во конструктивни цели. Овие плочи се опфатени и со Европските норми кои ги класифицираат MDF плочите според условите на употреба во поглед на присуството на влага и големината и

времетраењето на оптоварувањето на плочите.

Познавањето на својствата на дрвените плочи е од есенцијално значење за нивната правилна и соодветна примена.

Примената на дрвените композитни материјали во современите градежни конструкции условува постигнување на сè повисоки физичко-механички карактеристики на овие материјали. Како резултат на ова, денес истражувањата на полето на дрвените плочи се насочени кон пронаоѓање на начини и техничко-технолошки решенија за производство на современи висококвалитетни конструктивни плочи од вообичаена дрвена суровина.

Еден сегмент од истражувањата на полето на дрвените композити, пред сè на фурнирските плочи како едни од најзастапените плочести материјали во градежништвото, треба да го опфати проучувањето на влијанието на структурата на овие плочи врз нивните својства. Со определени интервенции (промени) во структурата на фурнирските плочи може да се постигнат подобри својства. Овие промени, пред сè, се однесуваат на промената на положбата на слоевите во структурата на плочата во однос на нејзината оска на симетрија, без притоа да се менува бројот и дебелината на употребените фурнирски листови. На овој начин, со изработка на определени лабораториски модели на фурнирски плочи со менување на редоследот на слоевите во структурата, може да се предвиди една оптимална конструкција на фурнирска плоча со подобри физичко-механички карактеристики.

Во последните години во Р. Македонија се јавува зголемена заинтересираност за градба на дрвени објекти, пред сè наменети за индивидуално домување. Употребата на дрвените плочи во градбата на ваквите објекти е неминовна. Но, разликите во квалитетот кај ист тип на дрвени плочи произведени од различни производители кои се внесуваат во нашата држава, различната категоризација и примена без да се води сметка за карактеристиките на плочите, наложува спроведување на различни видови истражувања во оваа област, со цел да укаже на проблемите и да се анимираат увозниците на плочи, производителите на мебел, ентериери и дрвени објекти за адекватно користење на дрвените плочи. Ваквите истражувања ќе дадат јасна слика за физичко-механичките карактеристики на овие плочи, од што ќе произлезат насоките за нивната адекватна примена.

2. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊАТА

Основната цел на истражувањата на магистерскиот труд е проучување на влијанието на промените во структурата на фурнирските плочи врз нивните физичко-мехнички својства. Овие промени се однесуваат на промената на положбата на слоевите во структурата на плочата во однос на нејзината оска на симетрија, без притоа да се менува бројот и дебелината на употребените фурнирски листови.

Со изработка на определени лабораториски модели на фурнирски плочи преку менување на редоследот на слоевите во нивната структура, а врз основа на споредбената анализа на добиените физичко-механички карактеристики на одделните модели, ќе се дефинираат најсоодветните модели на фурнирски плочи во зависност од местото на нивната примена.

Оценката за квалитетот на изработените модели на лабораториски фурнирски плочи ќе се даде врз основа на вредностите добиени од испитувањето на нивните својства, како и врз основа на споредбената анализа на овие вредности со вредностите добиени од испитувањето на својствата на споредбен модел на индустриски произведени фурнирски плочи.

Покрај наведеното, целта на истражувањата на магистерскиот труд е да се проучат и својствата на индустриски произведени плочи од дрвни влкани со средна густина (MDF) и плочи со ориентирани иверки (OSB), кои најчесто се застапени на пазарот во Р. Македонија. Преку овие истражувања на примероци од плочи земени по методот на случаен избор ќе може да се согледа квалитетот на овие типови на плочи кои се увезуваат во нашата држава, а со цел да се дадат насоки за нивна адекватна примена во зависност од нивните физичко-механички карактеристики.

За остварување на предвидените цели во магистерскиот труд, неопходно е да се решат следниве задачи:

- избор и анализа на квалитетот на фурнирските листови за изработка на лабораториски модели на фурнирски плочи;
- избор на лепило - чиста фенолформалдехидна смола за слепување на фурнирските листови во фурнирска плоча;
- разработка на концепт за изработка на моделите на лабораториски фурнирски плочи;

- изработка на фурнирски плочи по лабораториско-технолошки пат;
- избор на индустриски произведени споредбени модели на фурнирски плочи, плочи од дрвни влакна со средна густина (MDF) и плочи со ориентирани иверки (OSB);
- испитување на физичко-механичките својства на лабораториските и индустриските модели на плочи;
- статистичка обработка на податоците од испитувањата и
- анализа на резултатите од истражувањата и донесување соодветни заклучоци и препораки.

3. ДОСЕГАШНИ СОЗНАНИЈА ВО ИСТРАЖУВАЧКАТА ОБЛАСТ

Истражувањата во областа на дрвените композитни материјали (дрвените плочи) ширум светот се многубројни, при што најчесто евалуацијата на овие производи се врши преку евалуација на нивните физичко-механички карактеристики. Правилната употреба на дрвените плочи зависи од правилното вреднување на нивните својства во согласност со стандардите.

Во областа на дрвените плочи, истражувањата се насочени кон пронаоѓање можности за подобрување на нивните физичко-механички карактеристики. Дел од овие истражувања се однесуваат на определување на оптимални режими на производството на плочите кои ги опфаќаат дрвниот вид, параметрите на пресувањето, видот на лепилото итн.

Во областа на фурнирските плочи сè повеќе е важно ефикасното користење на дрвната суровина преку оптимизирање на производството и производите според барањата за нивната крајна употреба. Затоа, продлабочувањето на знањето за овие плочи е неопходно.

Одреден број автори своите истражувања ги насочуваат кон можностите за производство на фурнирски плочи со зголемена отпорност на вода, оган, хемикалии и сл. [6, 44, 45, 56, 63, 72].

Во поглед на фурнирските плочи, спроведувани се истражувања на ефектите на дебелината на фурнирските листови и специфичниот притисок на пресување врз својствата на фурнирските плочи [18].

Подобрување на својствата на фурнирските плочи е можно и со користење на недрвни материјали во структурата на плочите, како што се јаглородните влакна [7]. Високи вредности на механичките својства може да се добијат и со вметнување на слоеви од стаклени влакна во структурата на плочите [20].

Дел од истражувањата на фурнирските плочи се насочени кон проучување на влијанието на конструкцијата на плочата (број на фурнири, дебелина на фурнири и дрвен вид) врз нејзините физичко-механички карактеристики [39]. Преку комбинирање на фурнирите е можно да се добијат фурнирски плочи со потребните карактеристики за нивната примена [18].

Покрај истражувањата на својствата на фурнирските плочи и можностите за нивно подобрување преку промена на различните техничко-технолошки

фактори на производството, правени се и истражувања на проблемите, односно недостатоците кои се јавуваат кај овие плочи, а кои произлегуваат од грешките при нивната инсталација и недостатоците во изведбата на инженерските конструкции [16]. Најчесто овие проблеми доаѓаат до израз кога плочите ќе дојдат во допир со влага. Ваквите истражувања даваат насоки за избегнување на грешките при изведбата на конструкциите во чиј состав влегуваат фурнирските и другите типови плочи, како и соодветни практични мерки во случај кога се неопходни поправки.

Физичко-механичките карактеристики на дрвените плочи од кои произлегува нивната соодветна и правилна примена се детално разработени во водичите за дрво и дрвени материјали „Wood Handbook-Mechanical properties of wood-based composite materials” [8], „Wood Handbook-Wood-based composites and panel products” [53], изработени врз основа на истражувањата на лабораторијата за производи од шумарството во САД (Forest Product laboratory), при одделот за земјоделство (USDA-Forest service: United States Department of Agriculture-Forest Service).

Употребната вредност на дрвените плочи изразена преку нивните физичко-механички својства е предмет на разработка и во водичите и техничките документи за дрвени материјали [13, 14, 15] на Федерациите на индустриите за дрвени плочи и асоцијациите за инженерски производи од дрво (Finnish Forest Industry Federation, Engineered Wood Products Association of Australasia).

Во областа на плочите од дрвени влакна со средна густина (MDF) и плочите со ориентирани иверки (OSB), чие производство интензивно се зголемува, се вршат низа истражувања на својствата на овие плочи и можноста за нивно подобрување. Дел од истражувањата се насочени кон определување на зависноста помеѓу зафатнинската маса, количеството на лепило и механичките својства на плочите [19].

Во поглед на плочите со ориентирани иверки, правени се и истражувања на однесувањето на комерцијални OSB плочи оптоварени на свивање при различна содржина на влага [5]. Употребата на овие плочи во средина со зголемена влажност предизвикува намалување на модулот на еластичност при свивање и димензионата стабилност на овие плочи. Затоа е неопходна примена на соодветен тип носиви OSB плочи наменети за надворешна употреба (OSB/3) и

избегнување на висока релативна влажност на воздухот во инженерските конструкции [5].

Големо внимание се посветува и на истражувањата на влијанието на ориентацијата на иверките врз физичко-механичките карактеристики на OSB плочите [36 и 48].

Со оглед на тоа што OSB плочите и плочите од дрвни влакна со средна густина-MDF својата примена денес сè повеќе ја наоѓаат во градежништвото каде се изложени на влажни услови, компаниите кои ги произведуваат овие типови плочи се заинтересирани за пронаоѓање на соодветни третмани со цел заштита на плочите од деструкција од инсекти и габи. Затоа, некои автори своите истражувања ги насочуваат кон можностите за подобрување на отпорноста на плочите преку нивна површинска заштита со соодветни средства, без притоа да се намалат физичко-механичките карактеристики на плочите [32].

Покрај наведеното, истражувани се и можностите за производство на MDF плочи од дабова суровина [1].

Во литературата се забележуваат и истражувања на комерцијалните (индустриски) OSB плочи [17, 49, 51], кои имаат за цел што подобро разбирање на својствата на овие плочи за нивна правилна крајна употреба. Притоа, правени се споредбени истражувања на димензионата стабилност изразена преку дебелинското бабрење на комерцијални OSB плочи наменети за вградување во подните конструкции [17].

Својствата на OSB плочите од кои произлегува нивната правилна крајна употреба се предмет на разработка и на техничките документи [12] на Европската федерација за плочи (European Penal Federation).

Во Р. Македонија, во областа на дрвените плочи најмногу истражувања се правени на плочите од иверки и комбинираните плочи од иверки и фурнири [37, 62, 63, 65, 71, 72]. На полето на фурнирските плочи, а посебно на плочите од дрвни влакна и OSB плочите, истражувањата во државата се малубројни. Затоа, новите истражувања во областа на овие композитни материјали ќе бидат од корист и ќе дадат свој придонес во научната и стручната литература од оваа област.

4. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊАТА

4.1. МАТЕРИЈАЛИ

Материјалите кои се предмет на истражување во овој магистерски труд опфаќаат лабораториски модели на фурнирски плочи и споредбени модели на индустриски произведени фурнирски плочи, плочи од дрвени влакна со средна густина (MDF) и плочи со ориентирани иверки (OSB).

За изработка на лабораториските модели на фурнирски плочи употребени се следниве материјали:

- лупени (конструктивни) фурнири од бука со дебелина од 1,2; 1,5; 2,2 и 3,2 mm;
- лепило - водорастворлива фенолформалдехидна смола;
- хартија импрегнирана во фенолформалдехидна смола.

4.1.1. Фурнири

Поаѓајќи од фактот дека буката е еден од најзастапените и најексплоатирани дрвени видови во дрвната индустрија во Р. Македонија, за изработка на лабораториските фурнирски плочи се избрани фурнирски листови токму од овој дрвен вид.

Фурнирите со дебелина од 1,5; 2,2 и 3,2 mm кои се користени за изработка на лабораториските фурнирски плочи се земени од магацинот на фабриката “Истра” од Кочани, додека пак тие со дебелина од 1,2 mm се земени од фабриката “Треска-Мебел” од Винаца.

Фурнирите се произведени со технологија на лупење, на машините со кои располагаат горенаведените претпријатија. По изработката, а во согласност со поставената технологијата на производство во овие претпријатија, фурнирите се исушени во сушилница и климатизирани во магацински услови.

Буковите фурнирски листови се изработени во следниве димензии:

- 640×820×1,2 mm;
- 720×720×1,5 mm;
- 720×720×2,2 mm;

- 720×720×3,2 mm.

Фурнирските листови се орабени и сведени на конечни димензии од 580×580×d mm, по што истите се пренесени во лабораторијата за композитни материјали на Шумарскиот факултет во Скопје.

За изработка на лабораториските фурнирски плочи се избрани најквалитетните фурнирски листови од секоја дебелинска класа. На истите им е измерена дебелината и извршена визуелна анализа во согласност со стандардот МКС Д.Ц5.020/82 [76], со цел да се определи нивната квалитетна класа.

Добиените вредности за средната дебелина на фурнирските листови од сите дебелински класи покажуваат мали дозволени отстапувања во дебелината согласно стандардот.

Од визуелната анализа беше забележано дека речиси сите фурнири се со исклучително висок квалитет, без промени во бојата, без присуство на глуждови или присуство на сосема мал број на мали сраснати глуждови, без пукнатини по површината и челата на листовите. Мали промени во бојата се забележани кај фурнирите со дебелина од 2,2 и 3,2 mm, поради што истите се класифицирани во прва квалитетна класа.

Средната дебелина на фурнирските листови и нивното распоредување во класи на квалитет се дадени во табелата 1.

Влажноста на фурнирските листови е измерена по гравиметриската метода. Средната влажност на фурнирските листови изнесува 8,83%.

Табела 1. Средна дебелина и квалитетна класа на фурнирите

Реден број	Средна дебелина на фурнирот d [mm]	Класа на квалитет
1	1,27	IA
2	1,62	IA/I
3	2,14	I
4	3,29	I

4.1.2. Лепило

Лепилото користено за изработка на лабораториските фурнирски плочи е производ на фирмата “Фенопласт 99” ООД, Русе, Р. Бугарија и истото

претставува водорастворлива фенолформалдехидна смола со следниов состав изразен во проценти:

- фенолформалдехиден олигомер $46,0 \pm 2,0\%$;
- формалдехид $1,5 \div 2,0\%$;
- вода $52,0 \div 52,5\%$.

Карактеристиките на смолата дадени во форма на сертификат од страна на производителот се прикажани во табелата 2.

Табела 2. Карактеристики на водорастворливата фенолформалдехидна смола РВФС-Т

Реден број	Анализа	Резултат
1	Надворешен изглед	црвено-кафеава вискозна течност
2	Вискозитет по В ₃₋₄ /20°C, во секунди	70 s
3	Содржина на суви материи при 150°C-30 min.	47,10%
4	Време на желатинизирање при 150°C	88 s
5	Растворливост во вода	бесконечно
6	pH вредност при 20°C	11
7	Густина при 20°C	$1,15 \div 1,20 \text{ g/cm}^3$

За изработка на фурнирските плочи е користена чиста фенолформалдехидна смола растворена во вода со концентрација од 47,10%, без додаток на полнило и модификатор.

4.1.3. Споредбени модели на индустриски произведени плочи

Споредбените модели на плочи ги опфаќаат следните типови на индустриски произведени плочи:

- фурнирски плочи;
- плочи од дрвни влакана со средна густина (MDF);
- плочи со ориентирани иверки (OSB).

Индустриските фурнирски плочи се земени од магацинот на претпријатието „Микротим“ од Куманово по случаен избор, а се производ на компанијата „Shandong Xingang Wood Development Co, Ltd.“ од Кина. Тоа се тринаесетслојни топови фурнирски плочи, површински заштитени со

фенолформалдехидна фолија. Истите се произведени со димензии 1220×2440×20 mm.

Во конструкцијата на овие плочи, насоката на дрвните влакна од површинските фурнирски листови е напречна на должината на плочата. Вториот и третиот, како и единаесеттиот и дванаесеттиот фурнирски лист се поставени паралелно еден на друг во однос на протегањето на дрвните влакна. Овие фурнири се напречно поставени во однос на површинските. Останатите фурнири во конструкцијата се поставени напречно еден во однос на друг во поглед на протегањето на дрвните влакна.

Плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF) се земени од магацинот на претпријатието „Солопром“ од Скопје по случаен избор и истите претставуваат производ на компанијата „MDF Hallein GmbH & Co KG“ од Австрија. Производните димензии на овие плочи се 2070×2650×19 mm.

Плочите со ориентирани иверки (OSB) се производ на фирмата „Kronospan Bulgaria EOOD-Burgas“, а се земени по случаен избор од истото претпријатие од каде се земени и фурнирските плочи. Производните димензии на OSB плочите се 1220×2440×18 mm.

По превземањето од магацините на горенаведените претпријатија, плочите се пренесени во лабораторијата за композитни материјали на Шумарскиот факултет во Скопје. Во лабораториски услови е измерена дебелината на плочите со рачен дебелиномер. Средните вредности на дебелините на плочите се дадени во табелата 3.

Споредбените модели на индустриски плочи се обележани со следните ознаки кои се користени во понатамошниот тек од истражувањата:

- *S/I* - индустриски произведени фурнирски плочи;
- *S/II* - индустриски произведени MDF плочи;
- *S/III* - индустриски произведени OSB плочи.

Табела 3. Средни вредности на дебелините на споредбените модели на индустриски плочи

Р. бр.	Модел	d_{sr} [mm]
1	S/I	19,62
2	S/II	19,00
3	S/III	18,19

4.2. МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊАТА

4.2.1. Концепт на моделите на лабораториски фурнирски плочи

За остварување на целите на истражувањето изработени се четири основни модели на лабораториски деветслојни фурнирски плочи. Во конструкцијата на секој модел влегуваат ист број на фурнирски листови од секоја дебелинска класа и тоа: три фурнирски листови со дебелина од 3,2 mm и по два фурнирски листа со дебелина од 2,2; 1,5 и 1,2 mm.

Моделирањето е направено на основа на менување на позицијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на оската на симетрија на плочата. Во централниот слој на сите четири модели е поставен фурнир со дебелина од 3,2 mm, ориентиран со дрвните влакна паралелно со надолжната оска на плочата. Со оглед на тоа дека плочите се изработени во квадратен формат, за должина на плочата е избрана онаа страна која е паралелна со насоката на протегање на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист.

Почнувајќи од првиот модел во кој фурнирите со дебелина од 3,2 mm се позиционирани веднаш до централниот фурнирски лист, нивната позиција во другите модели се поместува кон површината на плочата, така што кај четвртиот модел, овие фурнири претставуваат површински листови на плочата (слика 1).

Во конструкцијата на плочите, фурнирите се поставени нормално еден во однос на друг, од што произлегува дека дрвните влакна на површинските фурнирски листови кај сите модели се ориентирани паралелно со надолжната оска на плочата.

Фурнирите од горната и долната страна на централната оска на плочата со својата конкавна страна се свртени кон неа.

Во процесот на пресување, четирите модели на фурнирски плочи се површински облагородени (заштитени) со хартија импрегнирана во фенолформалдехидна смола со површинска маса од 120 g/m².

Слика 1. Шематски приказ и напречен пресек на конструкцијата на моделите

Од сите четири модели се изработени по четири плочи, со тоа што од вториот модел се изработени две дополнителни плочи кои немаат површинска заштита од хартија импрегнирана со фенолна смола. Овие дополнителни плочи се изработени со цел да се согледаат разликите во физичките својства на заштитените и незаштитените лабораториски модели.

Табела 4. Распоред на фурнирските листови во конструкцијата на поедините модели на лабораториски фурнирски плочи

Распоред на фурнир во конструкцијата на моделите почнувајќи од првиот до деветтиот слој на плочата	Модел I	Модел II	Модел III	Модел IV
	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm	3,2 mm
	1,5 mm	1,5 mm	3,2 mm	1,2 mm
	2,2 mm	3,2 mm	1,5 mm	1,5 mm
	3,2 mm	2,2 mm	2,2 mm	2,2 mm
	3,2 mm	3,2 mm	3,2 mm	3,2 mm
	3,2 mm	2,2 mm	2,2 mm	2,2 mm
	2,2 mm	3,2 mm	1,5 mm	1,5 mm
	1,5 mm	1,5 mm	3,2 mm	1,2 mm
	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm	3,2 mm

4.2.2. Изработка на лабораториски фурнирски плочи

Лабораториските фурнирски плочи се изработени во фирмата “Ламинати-Ком” од Прилеп која располага со машини и уреди за производство на плочести материјали.

Во процесот на изработка на експерименталните фурнирски плочи е користена следната опрема:

- машина за контактено нанесување на лепило, „Friz-Stuttgard-Wild&Lucke”,
- шесткатна хидраулична преса „Jelšingrad”, Бања Лука, опремена со долни подложни и горни покривни лимови.

4.2.2.1. Формирање на композициите на фурнирски плочи

Фурнирските листови кои претходно беа сложени во композиции за плочи по редослед кој одговара на соодветниот модел на плоча, беа донесени во погонот на фабриката.

Нанесувањето на лепило врз фурнирите се изврши со машина за нанесување на лепило во количина од 180 g/m^2 . Ваквиот начин на нанесување на лепилото овозможи рамномерен нанос по целата површина на фурнирскиот лист. Лепилото е нанесено двострано на непарните фурнирски листови од композицијата.

Со оглед на димензиите на грејните плочи на пресата и димензиите на фурнирските плочи, во еден кат од пресата беа поставени по шест фурнирски пакети, односно вкупно осумнаесет пакети во три ката.

На работната маса пред пресата беше поставен подложен лим на кој се вршеше редување на фурнирите и формирање на фурнирски пакети за пресување во плоча. Формирањето на фурнирските пакети се одвиваше по определен редослед.

Врз подложниот лим најпрво се поставија шест фенолни фолии скроени во формат соодветен на димензиите на фурнирските листови. Врз секоја фолија одделно, се постави фурнирскиот лист кој претставува опачина на плочата, свртен со конкавната страна нагоре. Врз него, но под агол од 90° во однос на протегањето на дрвните влакна на фурнирот се постави следиот фурнирски лист, на кој претходно, двострано беше нанесено лепилото. Потоа следуваа поставување на следните фурнирски листови од конструкцијата на моделите, притоа водејќи сметка фурнирите да се поставуваат нормално еден на друг во однос на протегањето на дрвните влакна и со конкавната страна да бидат свртени кон централната оска на плочата. Лепилото е нанесувано само на непарните фурнири од двете страни, односно на вториот, четвртиот, шестиот и осмиот фурнирски лист од композицијата на плочата. Врз последниот поставен фурнир, т.е., врз површинскиот слој на плочата е поставена иста фенолна фолија како и на опачината. Вака формираните фурнирски пакети се покриени со покривен лим.

На ваков начин се формираат осумнаесет фурнирски композиции - пакети за пресување, по шест пакети поставени во три ката (слика 2). Со помош на рачен

лифт, фурнирските пакети заедно со подложните и покривните лимови беа внесени во шесткатната хидраулична преса, која беше претходно загреана на соодветна температура.

Слика 2. Шематски приказ на распоредот на фурнирските пакети во еден кат од пресата

4.2.2.2. Пресување

Пресувањето на фурнирските пакети е извршено според однапред определен режим на пресување кој опфаќа точно определена температура, притисок и времетраење на пресувањето.

Режимот на пресување на експерименталните фурнирски плочи е дефиниран врз основа на проучување на податоците од достапната литература. Температурата на пресување е условена од видот на употребеното лепило. При употреба на фенолформалдехидни лепила, Nikolić M. [39] според Смирнов наведува дека температурата на грејните плочи на пресата треба да изнесува од 150 до 155°C. За пресување на експерименталните фурнирски плочи применета е горната граница од 155°C, која ќе обезбеди доволно висока температура (над 120°C) во централниот слој на плочата потребна за стврднување на лепилото.

Литературните податоци за големината на притисокот на пресување се доста различни. Специфичниот притисок на пресување зависи од дрвниот вид од кој се изработени фурнирите. Nikolić M. [39] според Bittner Klotz наведува дека за тврди дрвни видови специфичниот притисок на пресување се движи во границите од 15 до 25 kg/cm². Истиот автор [39] наведува дека најдобри резултати

за букови фурнирски плочи се добиени при специфичен притисок на пресување од 19 kg/cm^2 . Според Дончев Г. и автори [49] притисокот при жешко пресување на фурнирските плочи треба да се движи од 17 до 25 kg/cm^2 . Kollmann F. [33] пак, наведува специфичен притисок на пресување од 12 до 20 kg/cm^2 .

Врз основа на горенаведените податоци, специфичниот притисок на пресување на експерименталните фурнирски плочи е дефиниран да изнесува 18 kg/cm^2 .

Во процесот на пресување на фурнирските плочи доаѓа до нивно впресување. Тоа е деформација, односно намалување на дебелината на фурнирските листови, т.е. плочата. Процентот на впресување на плочите зависи од големината на притисокот на пресување. Според Nikolić M. [39], кај ниските притисоци на пресување, впресувањето се движи од 5 до 10%, додека кај средните притисоци (до 24 kg/cm^2), тоа може да изнесува и до 20%. Според истиот автор, впресувањето не е подеднакво кај фурнирски плочи изработени само од фурнири од тврди лисјари и кај комбинирани фурнирски плочи од меки и тврди лисјари. Тој наведува дека кај фурнирските плочи изработени само од букови фурнири, впресувањето е поголемо во однос на некои комбинации на плочи изработени од букови и тополови фурнири.

Со оглед на дефинираниот специфичен притисок на пресување од 18 kg/cm^2 , предвидено е степенот на впресување на експерименталните фурнирски плочи да се движи во повисоки граници, односно до 20%. Како резултат на ова треба да се добијат фурнирски плочи со дебелина од 17 mm.

Во врска со времето на пресување, Nikolić M. [39] според Bittner Klotz наведува потребно основно време од 5 до 8 минути и дополнително време од околу една минута за секој милиметар од дебелината на плочата до најдлабокиот слој на лепење. Од номиналната дебелина на експерименталните фурнирски плочи од 20 mm и земеното основно време на пресување од 8 минути, се дефинира времето на пресување на овие плочи од 20 минути.

Дефинираните параметри на режимот на пресување се применети за изработка на сите модели на експериментални фурнирски плочи.

Едностепенениот дијаграм на пресување според кој е изведено пресувањето е прикажан на сликата 3.

Слика 3. Дијаграм на пресување применет за изработка на моделите

По завршувањето на циклусот на пресување и вадењето на моделите од пресата, секој модел е обележан со соодветна ознака. Обележаните плочи потоа се сложени на рамна подлога една врз друга и оптоварени со товар од горната страна, со цел да се спречи нивно кривење. Вака сложени, плочите се оставени да се оладат, по што се пренесени во лабораторијата за композитни материјали на Шумарскиот факултет во Скопје. Таму е извршено климатизирање на плочите во лабораториски услови во времетраење од седум дена, со што истите беа подготвени за понатамошна работа со нив.

Дебелината на изработените модели на лабораториски фурнирски плочи е измерена на осум мерни места, со рачен дебеліномер со точност на отчитаните вредности од 0,1 mm.

Средните вредности за дебелината на поедините модели на плочи се дадени во табелата 5.

Табела 5. Средни вредности на дебелините на лабораториските фурнирски плочи

Р. бр.	Модел	d_{sr} [mm]
1	I	16,59
2	II	16,77
3	III	16,66
4	IV	16,50
5	II/N	16,63

Ознаките на лабораториските фурнирски плочи го имаат следното значење:

- **Модел I** - деветслојна фурнирска плоча површински заштитена со фенолформалдехидна фолија, кај која фурнирите со дебелина од 3,2 mm се позиционирани во четвртиот, петтиот (централен) и шестиот слој на плочата (4 плочи);
- **Модел II** - деветслојна фурнирска плоча површински заштитена со фенолформалдехидна фолија, кај која фурнирите со дебелина од 3,2 mm се позиционирани во третиот, петтиот (централен) и седмиот слој на плочата (4 плочи);
- **Модел III** - деветслојна фурнирска плоча површински заштитена со фенолформалдехидна фолија, кај која фурнирите со дебелина од 3,2 mm се позиционирани во вториот, петтиот (централен) и осмиот слој на плочата (4 плочи);
- **Модел IV** - деветслојна фурнирска плоча површински заштитена со фенолформалдехидна фолија, кај која фурнирите со дебелина од 3,2 mm се позиционирани во површинските и централниот слој на плочата (првиот, петтиот-централен и деветтиот слој) (4 плочи);
- **Модел II/N** - деветслојна фурнирска плоча кај која фурнирите со дебелина од 3,2 mm се позиционирани во третиот, петтиот (централен) и седмиот слој на плочата (2 плочи).

4.2.3. Испитување на плочите

Испитаните својства на лабораториските модели на фурнирски плочи и споредбените модели на индустриски плочи може да се поделат на две основни групи:

✗ физички својства:

- влажност;
- зафатнинска маса;
- впивање вода за 24, 48 и 72 часа;
 - апсолутно;
 - релативно;

- дебелиско бабрење за 24, 48 и 72 часа;
 - апсолутно;
 - релативно;

✗ механички својства:

- јакост на свивање;
- модул на еластичност при свивање;
- јакост на затегнување;
- јакост на притисок;
- јакост на раслојување;
- тврдост според Јанка;
- степен на слепеност.

Наведените физички својства се испитани на сите модели на плочи, како на лабораториските, така и на индустриските.

При испитувањето на механичките својства, јакоста на затегнување, јакоста на смолкнување и степенот на слепеност се испитани само на фурнирските плочи (лабораториски и индустриски), додека пак, јакоста на раслојување е испитана само на индустриските модели на MDF и OSB плочи.

4.2.4. Методи на испитување на плочите

Испитувањето на плочите, земањето на примероци за испитување, изработката на пробните тела и приказот на добиените резултати од испитувањата е направено во согласност со Македонските стандарди-МКС [76]. При испитување на определени својства, не беше можна доследна примена на стандардите во поглед на димензиите на одредени пробни тела. Така, пробните тела за испитување на јакоста на свивање и модулот на еластичност при свивање се изработени со должина од 320 mm, што е условено од машината за испитување на овие својства.

Испитувањето на сите својства е извршено на климатизирани пробни тела. Климатизирањето е изведено во лабораториски услови при температура на воздухот од $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ и релативна влажност од $65\pm 5\%$, до постигнување на константна маса.

4.2.4.1. Шеми на кроење на ѓлочиите за изработка на пробни тела

Изработаката на пробните тела за испитување на својствата на лабораториските и индустриските модели на плочи е извршена според стандардот МКС Д.Ц8.100.

Лабораториските и индустриските модели на фурнирски плочи се кроени според различни кројни шеми.

Пробните тела од лабораториските фурнирски плочи се изработени според три кројни шеми кои се применети за кроење на три плочи од секој модел поединечно.

Дополнителните две плочи од вториот модел кои немаат заштитна фенолформалдехидна фолија (модел II/N) се кроени според посебна кројна шема. Од овие плочи се изработени пробни тела за испитување на зафатнинската маса, влажноста, дебелинското бабрење, впирањето вода и тврдоста.

Кројните шеми применети за изработка на пробните тела од лабораториските плочи се прикажани на сликите 4 и 5.

Слика 4. Кројни шеми за изработка на пробни тела од моделите I, II, III и IV

Слика 5. Кројна шеми за изработка на пробни тела од моделот П/Н

Ознаките во прикажаните кројни шеми (слика 4, 5 и 6) го имаат следното значење:

- 1 - пробни тела за испитување на зафатнинската маса, влажноста, тврдоста, дебелинското бабрење и впивањето вода;
- 2 - пробни тела за испитување на јакоста на свивање и модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата;
- 3 - пробни тела за испитување на јакоста на свивање и модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата;
- 4 - пробни тела за испитување на јакоста на затегнување во насока паралелна на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
- 5 - пробни тела за испитување на јакоста на затегнување напречно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
- 6 - пробни тела за испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
- 7 - пробни тела за испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
- 8 - пробни тела за испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
- 9 - пробни тела за испитување на јакоста на притисок во насока на

должината на плочата;

- 10 - пробни тела за испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата;
- 11 - пробни тела за испитување на степенот на слепеност.

Изработката на пробните тела за испитување на својствата на моделите на индустриски произведени плочи е извршена според две кројни шеми, од кои едната е применета за кроење на моделот на фурнирските плочи (слика 6), а втората за кроење на моделите на MDF и OSB плочи (слика 7). Од сите индустриски модели искроени се по три плочи.

Слика 6. Кројна шема за изработка на пробни тела од моделот на индустриски фурнирски плочи

Слика 7. Кројна шема за изработка на пробни тела од моделите на индустриски MDF и OSB плочи

Ознаките во прикажаната кројна шема на сликата 6 го имаат истото значење како и ознаките во кројните шеми за изработка на пробни тела од лабораториските модели (слика 4 и 5).

Ознаките во прикажаната кројна шема (слика 7) го имаат следното значење:

- 1 - пробни тела за испитување на зафатнинската маса, влажноста, тврдоста, дебелинското бабрење и впивањето вода;
- 2 - пробни тела за испитување на јакоста на свивање и модулот на еластичност при свивање во насока на должината на плочата;
- 3 - пробни тела за испитување на јакоста на свивање и модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата;
- 4 - пробни тела за испитување на јакоста на свивање и модулот на еластичност при свивање под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата;
- 5 - пробни тела за испитување на јакоста на свивање и модулот на еластичност при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата;
- 6 - пробни тела за испитување на јакоста на свивање и модулот на еластичност при свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата;
- 7 - пробни тела за испитување на јакоста на притисок во насока паралелна на должината на плочата;
- 8 - пробни тела за испитување на јакоста на притисок напречно на должината на плочата;
- 9 - пробни тела за испитување на јакоста на притисок под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата;
- 10 - пробни тела за испитување на јакоста на притисок под агол од 45° во однос на должината на плочата;
- 11 - пробни тела за испитување на јакоста на притисок под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата;
- 12 - пробни тела за испитување на јакоста на раслојување;

4.2.4.2. Физички својства

4.2.4.2.1. Зафатнинска маса

Испитувањето на зафатнинската маса на плочите е изведено според следниве стандарди:

- МКС Д.А8.064/85 за фурнирски плочи;
- МКС Д.А8.085/84 за плочи од дрвни влакна;
- МКС Д.Ц8.114/83 за плочи од иверки.

Согласно овие стандарди, за сите видови плочи употребени се пробни тела со димензии 100×100×d mm.

Зафатнинската маса е пресметана според формулата:

$$\gamma = \frac{m}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]},$$

каде што се:

γ - зафатнинска маса (kg/m³);

m - маса на пробното тело (kg);

V - волумен на пробното тело (m³).

4.2.4.2.2. Влажност

Влажноста на плочите е испитана на климатизирани пробни тела, според гравиметриската метода, а во согласност со стандардите:

- МКС Д.А8.062/85 за фурнирски плочи;
- МКС Д.А8.083/84 за плочи од дрвни влакна;
- МКС Д.Ц8.103/83 за плочи од иверки.

Испитувањето на ова својство е направено на истите пробни тела кои се употребени за испитување на зафатнинската маса.

Влажноста на плочите изразена во проценти е пресметана според следнава формула:

$$W = \frac{m_k - m_s}{m_s} \cdot 100 \text{ [\%]},$$

каде што се:

W - влажност (%);

m_k - маса на пробните тела по климатизирањето (g);

m_s - маса на пробните тела по сушењето (g).

4.2.4.2.3. Впивање вода и дебелинско бабрење

Впивањето вода и дебелинското бабрење се испитани на стандардни пробни тела со димензии $100 \times 100 \times d$ mm, при третман во вода во времетраење од 24, 48 и 72 часа. Продолжувањето на третманот во вода по првите 24 часа е направен со цел да се проследи интензитетот на впивањето вода и бабрењето на плочите во текот на 72 часа.

Испитувањето е направено во согласност со следниве стандарди:

- МКС Д.А8.084/84 за плочи од дрвни влакна;
- МКС Д.Ц8.104/83 за плочи од иверки.

Впивањето вода и дебелинското бабрење се пресметани врз основа на податоците добиени од мерењето на масата и дебелината на пробните тела пред и по третманот во вода. Овие својства се изразени во апсолутни и релативни вредности и истите се пресметани според формулите:

$$U_a = m_v - m_k \text{ [g];}$$

$$U_r = \frac{m_v - m_k}{m_k} \cdot 100 \text{ [%];}$$

$$B_{d_a} = d_v - d_k \text{ [mm];}$$

$$B_{d_r} = \frac{d_v - d_k}{d_k} \cdot 100 \text{ [%],}$$

каде што се:

U_a - апсолутно впивање вода (g);

U_r - релативно впивање вода (%);

B_{d_a} - апсолутно дебелинско бабрење (mm);

B_{d_r} - релативно дебелинско бабрење (%);

m_v - маса пробните тела по потопување во вода (g);

m_k - маса на климатизирани пробни тела (g);

d_v - средна дебелина на пробните тела по потопување во вода (mm);

d_k - средна дебелина на климатизирани пробни тела (mm).

4.2.4.3. Механички својства

4.2.4.3.1. Јакост на свивање

Јакоста на свивање нормално на рамнината на плочата кај лабораториските и индустриските фурнирски плочи е испитана во две насоки и тоа:

- паралелно на должината на плочата;
- напречно на должината на плочата.

Мора да се напомене дека кај лабораториските фурнирски плочи должината на плочата е паралелна со насоката на протегање на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист, што не е случај и со индустриските фурнирски плочи. Кај овие плочи, ориентацијата на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист е напречна на должината на плочата.

Кај индустриските модели на MDF и OSB плочи, јакоста на свивање е испитана во повеќе насоки:

- паралелно на должината на плочата;
- напречно на должината на плочата;
- под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата;
- под агол од 45° во однос на должината на плочата;
- под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата.

Испитувањето на ова својство во повеќе насоки е можно како резултат на големите формати на индустриските плочи од кои можеа да се изработат поголем број пробни тела, што не е случај со лабораториските фурнирски плочи. Ваквото испитување ќе даде појасна претстава за разликите во вредностите на својствата во различна насока на плочите.

Јакоста на свивање е испитана според следниве стандарди:

- МКС Д.А8.068/85 за фурнирски плочи;
- МКС Д.А8.087/84 за плочи од дрвни влакна;
- МКС Д.Ц8.107/82 за плочи од иверки.

Димензиите на пробните тела за испитување на ова својство изнесуваат $320 \times 50 \times d$ што е условено од типот на машината за испитување, кај која осовинското растојание помеѓу потпорите врз кои се поставува пробното тело

изнесува 280 mm.

Јакоста на свивање е пресметана според следнава формула:

$$\sigma_{sv} = \frac{3 \cdot F \cdot l_e}{2 \cdot b \cdot d^2} \text{ [N/mm}^2\text{]},$$

каде што се:

σ_{sv} - јакост на свивање (N/mm²);

F - максимална на сила на свивање (N);

l_e - растојание помеѓу потпорите на машината за испитување (mm);

b - ширина на пробното тело (mm);

d - дебелина на пробното тело (mm).

4.2.4.3.2. Модул на еластичности при свивање

Модулот на еластичност е испитан истовремено со испитувањето на јакоста на свивање, на истите пробни тела и во согласност со истите стандарди. При испитувањето е користен уред кој овозможува отчитување и снимање на флексијата во секоја точка од дијаграмот сила-флексија (F-Δ дијаграм), односно отчитување на промената на флексијата при секоја промена на силата на свивање.

Модулот на еластичност е пресметан од линеарниот дел на кривата сила-флексија при оптоварувања од 10 до 40% од максималната сила на свивање која предизвикува кршење. Опфатени се четири мерни точки во ова подрачје, односно модулот е мерен при оптоварувања од приближно 10, 20, 30 и 40% од максималното оптоварување на свивање кое предизвикува кршење (слика 8).

Слика 8. Дијаграм на оптоварување при определување на модулот на еластичност при свивање

Модулот на еластичност е пресметан уште во една точка, надвор од еластичното подрачје на материјалот (надвор од линерниот дел на дијаграмот), т.е. при максимално оптоварување кога настанува кршење на пробното тело.

Врз основа на добиените вредности од мерењата, модулот на еластичност е пресметан според формулата:

$$E_{sv} = \frac{\Delta F \cdot l_e^3}{4 \cdot b \cdot d^3 \cdot \Delta f} \text{ [N/mm}^2\text{]},$$

каде што се:

E_{sv} - модул на еластичност при свивање (N/mm²);

ΔF - промена на силата на дејствување (N);

l_e - растојание помеѓу потпорите на машината за испитување (mm);

b - ширина на пробното тело (mm);

d - дебелина на пробното тело (mm);

Δf - промена на флексијата (mm).

4.2.4.3.3. Јакост на затегнување

Јакоста на затегнување е едно од најзначајните својства кое го дефинира квалитетот на фурнирските плочи. Оваа јакост претставува напрегање предизвикано од максималната сила на затегнување при кршење и се пресметува на единица површина од првобитниот напречен пресек на пробното тело.

Пробните тела за испитување на ова својство имаат форма на „вилушки” и се изработуваат според насоката на дејството на силата во однос на насоката на протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата. Од насоката на дејството на силата зависат и димензиите на пробните тела. Кај оние кај кои силата делува паралелно или напречно во однос на насоката на протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, напречниот пресек на средината на пробното тело каде настанува кршењето е со димензии 6 mm×d. Пробните тела пак, кај кои насоката на силата на затегнување е под определен агол во однос на насоката на протегањето на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист, имаат димензии на напречниот пресек на ломот од 20 mm×d.

Со испитување на јакоста на затегнување во повеќе насоки, т.е. паралелно,

напречно и под агол во однос на протегањето на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист, може да се пресмета коефициентот на рамномерноста на јакоста на затегнување (K_{rz}), кој заедно со коефициентот на масиниот квалитет (K_{mk}) ја дафинираат употребливоста на фурнирските плочи.

Коефициентот на рамномерноста на јакоста на затегнување се определува врз основа на графички метод со приказ на вредностите на јакоста на затегнување во поларен координатен систем и со математичка формула (слика 9).

Пробните тела се изработуваат според шемата на поларниот координатен систем во кој се внесуваат поединечните вредности од испитувањето. Во поларниот координатен систем се опишува круг со радиус колку што изнесува најголемата добиена вредност на јакоста на затегнување. Се поврзуваат точките од добиените вредности на јакоста на затегнување од различните насоки на испитување (паралелно, напречно и под агол во однос на протегањето на дрвните влакна од површинскиот фурнирски лист) со што се добива определен дијаграм. Односот помеѓу површината на добиениот дијаграм и површината на опишаниот круг го дава коефициентот на рамномерност на јакоста на затегнување (K_{rz}).

$$K_{rz} = \frac{P_d}{P_k},$$

каде што се:

K_{rz} - коефициент на рамномерност на јакоста на затегнување;

P_d - површина на дијаграмот;

P_k - површина на кругот.

Слика 9. Поларен дијаграм на јакоста на затегнување на фурнирските плочи

Кривите на дијаграмот што се добиваат при ваквите испитувања се симетрични во сите четири квадранти на поларниот координатен систем. Поради тоа доволно е да се испита јакоста на затегнување само во еден квадрант, а потоа да се преслика во останатите три квадранти [34].

Јакоста на затегнување на лабораториските и индустриските фурнирски плочи е испитана во повеќе насоки во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, така што силата на затегнување делува на следниве начини:

- паралелно во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
- напречно во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
- под агол од $22,5^\circ$ во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
- под агол од 45° во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;
- под агол од $67,5^\circ$ во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови;

Треба да се спомне дека кај индустриските фурнирски плочи ориентацијата на дрвните влакна од површинските фурнирски листови е напречна на должината на плочата.

Со оглед на ограничените димензии на лабораториските фурнирски плочи, јакоста на затегнување е пресметана само за еден квадрант од поларниот дијаграм и потоа симетрично пресликана во останатите три квадранти.

Јакоста на затегнување е пресметана според формулата:

$$\sigma_z = \frac{F}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]},$$

каде што се:

σ_z - јакост на затегнување (N/mm²);

F_{max} - максимална сила на затегнување (N);

A - површина на првобитниот напречен пресек на пробата (mm²).

Врз основа на добиените вредности за јакоста на затегнување, пресметани се коефициентот на рамномерност на јакоста на затегнување (K_{rz}) и коефициентот на масиниот квалитет (K_{mk}).

Коефициентот на масиниот квалитет се пресметува според следната формула:

$$K_{mk} = \frac{\sigma_{z\parallel} + \sigma_{z\perp}}{\gamma},$$

каде што се:

K_{mk} - коефициент на масин квалитет;

$\sigma_{z\parallel}$ - јакост на затегнување паралелно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови (N/mm^2);

$\sigma_{z\perp}$ - јакост на затегнување напречно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови (N/mm^2);

γ - зафатнинска маса на плочата (kg/m^3).

Испитувањето на јакоста на затегнување е изведено согласно стандардот МКС Д.А8.066/85.

4.2.4.3.4. Јакост на притисок

Јакоста на притисок е испитана во рамнина на плочата, а според следниве стандарди:

- МКС Д.А8.070/85 за фурнирски плочи;
- МКС Д.А8.092/84 за плочи од дрвни влакна;
- МКС Д.А1.110/70 за плочи од иверки.

За испитување на ова својство се изработени пробни тела со димензии $50 \times 6d \times d \text{ mm}$.

Кај лабораториските и индустриските модели на фурнирски плочи, јакоста на притисок е испитана во две насоки, односно насоката на дејството на силата на притисок е паралелна и напречна на должината на плочата (слика 10).

Слика 10. Шема на делување на силата на притисок

а-во насока на должината на плочата;

б-во насока на ширината на плочата

Со оглед на големите димензии, од индустриските модели на MDF и OSB плочи се изработени и пробни тела за испитување на јакоста на притисок под агол од 22,5°; 45° и 67,5° во однос на должината на плочата.

При испитувањето, пробните тела се поставени да лежат на подолгиот кант врз кој дејствува силата на притисок.

На машината со која е испитувана јакоста на притисок беше монтирана мерна глава поврзана со сметачка машина на која се снимаа податоците од мерењето. На овој начин е овозможено да се добие дијаграм на напрегањата за секое испитано пробно тело.

Јакоста на притисок е пресметана според следнава формула:

$$\sigma_p = \frac{F}{l \cdot d} \text{ [N/mm}^2\text{]},$$

каде што се:

- σ_p - јакост на притисок (N/mm²);
- F - максимална сила на притисок (N);
- l - должина на пробното тело (mm);
- d - дебелина на пробното тело (mm).

4.2.4.3.5. Јакост на раслојување

Јакоста на раслојување претставува однос помеѓу максималната сила на затегнување нормално на површината на плочата и првобитниот напречен пресек на пробното тело.

Ова својство е испитано кај индустриските модели на MDF и OSB плочи од кои се изработени пробни тела со димензии 50×50×d mm.

Претходно, пробните тела се залепени на носачи изработени од тврдо дрво, преку кои се овозможува делување на силата на затегнување во спротивна насока. По лепењето на носачите, пробните тела повторно се климатизирани.

Испитувањето е извршено во согласност со стандардите МКС Д.А8.091/84 за плочи од дрвени влакна и МКС Д.Ц8.106/82 за плочи од иверки.

Јакоста на раслојување е пресметана според следнава формула:

$$\sigma_r = \frac{F}{a \cdot b} \text{ [N/mm}^2\text{]},$$

каде што се:

σ_r - јакост на раслојување (N/mm^2);

F - максимална сила на затегнување нормално на површината на пробното тело (N);

a - ширина на пробното тело (mm);

b - должина на пробното тело (mm).

4.2.4.3.6. Тврдосќ според Јанка

Тврдоста на плочите претставува големина на отпорот кој се јавува при навлегување на тврд предмет во плочата.

Испитувањето на ова својство кај плочите не е стандардизирано, па истото е испитано како и кај масивното дрво.

Тврдоста е испитана на сите модели на плочи, на пробни тела со димензии $100 \times 100 \times d$ mm, т.е. на истите на кои претходно е испитана и зафатнинската маса. Испитувањето е извршено во две мерни места на секое пробно тело, по едно на лицето и опачината на пробното тело.

Според методот на Јанка, за испитување на тврдоста се користи притискувач во вид на топка која се втиснува во површината на пробното тело до половина од дијаметарот, при што се отчитува постигнатата сила на машината. Вдлабнатината во форма на калота, која настанува како резултат на навлегувањето на топката во материјалот, има површина од 1 cm^2 .

Односот помеѓу силата и површината на калотата ја претставува тврдоста на плочата.

4.2.4.3.7. Сцепен на сцепеност

Степенот на сцепеност го дефинира квалитетот на сцепување на фурнирските листови во конструкцијата на фурнирската плоча.

Степенот на сцепеност на фурнирските плочи е испитан во согласност со стандардот МКС Д.А1.072/72. Со оглед на тоа дека сите лабораториски модели на фурнирски плочи се изработени според исти параметри (притисок, температура, лепило), за испитување на ова својство е избран еден модел претставник на лабораториските плочи, т.е. необложениот модел (N/II). Степенот на сцепеност е

испитан на 6 пробни тела од необложениот модел на лабораториски фурнирски плочи (N/II) и на 3 пробни тела од споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи (S/I). Димензиите на пробните тела изнесуваат 200×100 mm, при што нивната подолга страна е ориентирана паралелно со протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.

Пробните тела пред испитувањето се изложуваат на воден третман кој зависи од типот на фурнирските плочи. Со оглед на тоа дека лабораториските фурнирски плочи се изработени со водоотпорно фенолформалдехидно лепило и нивната главна примена ќе се бара во градежништвото каде би биле изложени на услови на зголемена влажност и дејство на атмосферливи, согласно стандардот за фурнирски плочи МКС Д.Ц5.040/82, овие плочи се дефинирани како тип ТП 100.

За испитување на овој тип плочи, пробните тела се потопуваат во вријечка вода на температура од 100°C во траење од 6 часа, а потоа во ладна вода на температура од 20±5°C во траење од 2 часа. По ваквиот третман се испитува степенот на слепеност со помош на уред (сл. 11), кој содржи специјален алат-длето со лесно закривена острица со чија помош се врши одвојување на фурнирските листови еден од друг. Длетото мора да биде изработено со форма и димензии како на сликата 11.

Слика 11. Уред за одвојување на фурнирските листови со длето

Степенот на слепеност се оценува врз основа на распространетоста на зоната во која дрвните влакна од едниот фурнирски лист се задржуваат на другиот лист со кој биле слепени. Интензивното останување на влакната по дејството на силата на раздвојување од другиот лист покажува поголем квалитет на слепувањето.

Оценката е донесена со визуелна споредба помеѓу одлепените површини на пробните тела и споредбените фотографии приложени во стандардот, а кои покажуваат степен на слепеност од 0 до 9.

Согласно стандардот МКС Д.Ц5.041 за фурнирски плочи, степенот на слепеност на плочите тип ТП 100 при секое поединечно одредување треба да изнесува најмалку 3, а средната вредност најмалку 4.

4.2.5. Опрема за испитување

Дебелината на пробните тела за испитување на својствата на плочите е мерена со рачен дебелиномер со точност на отчитаните вредности од 0,1 mm.

Должината и ширината на пробните тела е мерена со дигитален шублер со мерно подрачје од 0 до 150 mm, со точност на мерењето од 0,01 mm. Поголемите должини се мерени со линеар со милиметарска поделба, со точност на мерењето од 0,5 mm.

За мерење на масата на пробните тела е користена дигитална вага со точност на мерењето од 0,01 g.

При испитувањето на дебелинското бабрење и впирањето вода, за потопување на пробните тела во вода е користена пластична када со термометар за следење на температурата на водата.

Механичките својства на плочите (јакост на свивање, модул на еластичност при свивање и јакост на затегнување) се испитани на машина за испитување тип ZDM 10 со вграден уред за мерење на деформациите. Мерното подрачје на оваа машина е од 0 до 10 t.

Јакоста на притисок е испитана на машина тип WPM-40 со мерно подрачје од 0 до 20 t, со вграден уред-мерна глава преку кој се остварува делувањето на силата на притисок врз пробното тело.

За испитување на јакоста на раслојување е користена машина Schenk Trebel.

Тврдоста на плочите е испитана на универзална машина за испитување на механичките својства на дрвото “Amsler”, тип 120/225.

Мерната опрема користена при испитувањата е калибрирана и заверена од страна на Бирото за метрологија на Р. Македонија.

4.3. СТАТИСТИЧКА ОБРАБОТКА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА

Обработката на податоците од изведените истражувања е направена според вообичаените методи на варијационата статистика [41, 42].

Пресметани се средните аритметички вредности (x_{sr}), стандардната девијација (σ), коефициентот на варијација (V) и нивните грешки ($fx_{sr}, f\sigma, fv$).

Средните аритметички вредности на добиените резултати и грешката на средната аритметичка вредност се пресметани според следниве формули:

$$x_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n},$$

$$fx_{sr} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Стандардната девијација и нејзината грешка се пресметани според следниве формули:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{sr} - x)^2}{n-1}},$$

$$f\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$$

Коефициентот на варијацијата е пресметан според формулата:

$$V = \frac{\sigma}{x_{sr}} \cdot 100 [\%],$$

Грешката на коефициентот на варијација е пресметана според следниве формули:

➤ кога $V \leq 10\%$:

$$fv = \frac{V}{\sqrt{2n}} \cdot 100 [\%],$$

➤ кога $V > 10\%$:

$$fv = \frac{V}{\sqrt{2n}} \cdot \sqrt{1 + 2 \left(\frac{V}{100} \right)^2} [\%],$$

Показателот на точноста (P_x) е пресметан според следнава формула:

$$P_x = \frac{fx_{sr}}{x_{sr}} \cdot 100 [\%].$$

Овој показател за производи од дрво треба да се движи во границите од 0 до 5 %. Статистичката анализа на вредностите од испитувањата е извршена со ниво на сигурност од 95 %.

Ознаките во горенаведените формули го имаат следново значење:

x_{sr} - средна аритметичка вредност на добиените резултати;

x - сума од вредностите од сите испитувања;

fx_{sr} - грешка на средна аритметичка вредност;

σ - стандардна девијација;

$f\sigma$ - грешка на стандардната девијација;

V - коефициент на варијација;

fv - грешка на коефициентот на варијација;

P_x - показател на точноста;

i - реден број на пробното тело;

n - број на пробни тела.

Проверката на разликите помеѓу аритметичките средини на поделните модели на лабораториски фурнирски плочи е направена со Студентовиот тест (Т-тест), при ниво на значајност на тестот $\alpha=0,05$. Критичните вредности на тестот се отчитани од табела, при број на степени на слобода $df = n_1 + n_2 - 2$.

Пресметката на t-вредноста е направена според следнава формула:

$$t = \frac{x_{1sr} + x_{2sr}}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{x_{1sr} + x_{2sr}}{\sqrt{fx_{1sr} + fx_{2sr}}}$$

Правилото на одлучување ќе гласи:

- доколку пресметаната t-вредност ($t_{пресмет.}$) е поголема од критичната t-вредност ($t_{df, \alpha=0,05}$) ($t_{пресмет.} > t_{критично}$), разликите помеѓу аритметичките средини се статистички значајни (сигнификантни).

- доколку пресметаната t-вредност е помала од критичната t-вредност ($t_{df, \alpha=0,05}$) ($t_{пресмет.} < t_{критично}$), разликите помеѓу аритметичките средини не се статистички значајни (сигнификантни).

5. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА

Добиените податоци од истражувањата се статистички обработени според методите на варијационата статистика и истите се прикажани табеларно и со помош на хистограми. Анализата на резултатите е направена врз основа на средните аритметички вредности на одделните својства.

5.1. РЕЗУЛТАТИ ОД ИСПИТУВАЊАТА НА ФИЗИЧКИТЕ СВОЈСТВА

5.1.1. Резултати од испитувањето на зафатнинската маса

Табела 6. Статистички вредности за зафатнинската маса на плочите

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [kg/m ³]	$X_{\max}$ [kg/m ³]	X_{sr} [kg/m ³]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [kg/m ³]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [kg/m ³]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	10	741,10	800,97	761,70	761,70 $\pm$ 6,04	19,10 $\pm$ 4,27	2,51 $\pm$ 0,56	0,79
II	10	737,48	781,09	759,99	759,99 $\pm$ 4,94	15,63 $\pm$ 3,49	2,06 $\pm$ 0,46	0,65
III	10	748,28	833,00	782,34	782,34 $\pm$ 9,00	28,47 $\pm$ 6,37	3,64 $\pm$ 0,81	1,15
IV	10	756,19	823,68	785,90	785,90 $\pm$ 5,45	17,22 $\pm$ 3,85	2,19 $\pm$ 0,49	0,69
II/N	18	733,29	790,80	761,35	761,35 $\pm$ 3,43	14,57 $\pm$ 2,43	1,91 $\pm$ 0,32	0,45
S/I	12	520,19	566,87	547,19	547,19 $\pm$ 4,21	14,60 $\pm$ 2,98	2,67 $\pm$ 0,54	0,77
S/II	12	671,36	716,35	703,10	703,10 $\pm$ 3,57	12,37 $\pm$ 2,52	1,76 $\pm$ 0,36	0,51
S/III	12	554,80	634,67	599,91	599,91 $\pm$ 6,50	22,51 $\pm$ 4,59	3,75 $\pm$ 0,77	1,08

Слика 12. Хистограмски приказ на вредностите за зафатнинската маса на
плочите

Резултатите од испитувањето на зафатнинската маса на лабораториските фурнирски плочи прикажани во табелата 6, покажуваат мали незначителни варирања на вредностите помеѓу одделните модели. Најголема зафатнинска маса е добиена кај моделот IV и во однос на неа, моделот I има помала зафатнинска маса за 3,18 %, моделот II за 3,4 %, моделот III за 0,45 % и моделот II/N за 3,22 %.

Зафатнинската маса кај сите модели е поголема од минимално дозволената со стандардот МКС Д.Ц5.043, што е основен предуслов за високи физичко-механички својства на изработените фурнирски плочи.

Споредбените модели на индустриски произведени плочи имаат помали зафатнински маси во споредба со лабораториските модели на фурнирски плочи. Најмала зафатнинска маса е добиена кај индустрискиот модел на фурнирски плочи S/I. Во однос на најмалата средна вредност на зафатнинската маса на лабораториските модели, вредноста на споредбените модели S/I, S/II и S/III е помала за 21,06 %, 7,49 % и 21,06 % соодветно.

5.1.2. Резултати од испитувањето на влажноста

Средните вредности на влажноста на лабораториските плочи се движи во граници од 7,83 % кај моделот III до 8,39 % кај моделот II/N (табела 7 и слика 13). Овие вредности за влажноста јасно укажуваат дека се работи за стабилен, климатизиран материјал. Истите се во рамките на дозволените вредности дефинирани со стандардот МКС Д.Ц5.041/85.

Влажноста на споредбените модели на индустриски произведени плочи се движи во слични граници, при што најголема средна вредност во износ од 8,51 % е добиена кај моделот S/III, т.е. кај плочите со ориентирани иверки (OSB).

Табела 7. Статистички вредности за влажноста на плочите

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [%]	$X_{\max}$ [%]	X_{sr} [%]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [%]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [%]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	8,03	8,49	8,17	$8,17 \pm 0,08$	$0,18 \pm 0,06$	$2,26 \pm 0,71$	1,01
II	5	7,76	8,20	7,98	$7,98 \pm 0,08$	$0,17 \pm 0,05$	$2,11 \pm 0,67$	0,94
III	5	7,42	8,14	7,83	$7,83 \pm 0,12$	$0,27 \pm 0,08$	$3,40 \pm 1,07$	1,52
IV	5	7,70	8,16	7,87	$7,87 \pm 0,08$	$0,18 \pm 0,06$	$2,29 \pm 0,72$	1,02
II/N	8	8,18	8,56	8,39	$8,39 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,03$	$1,61 \pm 0,40$	0,57
S/I	12	7,54	8,33	7,88	$7,88 \pm 0,07$	$0,24 \pm 0,05$	$3,03 \pm 0,62$	0,88
S/II	12	7,61	7,92	7,75	$7,75 \pm 0,03$	$0,09 \pm 0,02$	$1,16 \pm 0,24$	0,33
S/III	12	8,34	8,88	8,51	$8,51 \pm 0,05$	$0,17 \pm 0,03$	$1,96 \pm 0,40$	0,57

Слика 13. Хистограмски приказ на вредностите за влажноста на плочите

5.1.3. Резултати од испитувањата на дебелинското бабрење и впирањето вода за 24 часа

5.1.3.1. Резултати од испитувањето на апсолутното впирање вода за 24 часа

Во поглед на лабораториските фурнирски плочи, најмалата средна вредност на апсолутното впирање вода за 24 часа е добиена кај моделот II (табела 8). Во однос на оваа вредност, апсолутното впирање вода кај моделот I е поголемо за 33,81 %, кај моделот III за 30,30 %, кај моделот IV за 25,33 % и кај моделот II/N за 42,08 %.

Поголемата средна вредност на апсолутното впирање вода кај моделот II/N во однос на останатите лабораториски модели е резултат на отсуството на површинска заштита фенолформалдехидна фолија која ја зголемува водоотпорноста на плочите.

Моделот II/N претставува реплика на моделот II, но без присуство на заштитна фолија. Од односот на вредностите помеѓу овие два модела може да се согледа дека површинската заштита со фенолформалдехидна фолија го намалува апсолутното впирање вода за приближно 30 %.

Средната вредност на апсолутното впирање вода за 24 часа кај споредбениот модел S/I е повисока во однос на средните вредности на ова

својство кај сите модели на лабораториски фурнирски плочи. Од споредбената анализа на добиените вредности на лабораториските и индустриските модели, може да се воочи дека незаштитениот лабораториски модел N/II има пониска средна вредност од споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи S/I за 19,14 %.

Најголема средна вредност на апсолутното впивање вода за 24 часа се јавува кај споредбениот модел S/III (OSB плочи), и истата во однос на вредностите на лабораториските модели е поголема за најмалку 97,60 %.

Најмала средна вредност на апсолутното впивање вода за 24 часа е добиена кај моделот S/II, и во однос на неа, лабораториските модели имаат поголеми средни вредности за 2,82 до 46,09 %.

Табела 8. Статистички вредности за апсолутното впивање вода за 24 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [g]	$X_{\max}$ [g]	X_{sr} [g]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [g]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [g]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	31,56	42,50	38,03	$38,03 \pm 1,80$	$4,03 \pm 1,27$	$10,59 \pm 3,39$	4,74
II	5	24,66	31,21	28,42	$28,42 \pm 1,26$	$2,81 \pm 0,89$	$9,89 \pm 3,13$	4,42
III	5	32,56	39,33	37,03	$37,03 \pm 1,17$	$2,61 \pm 0,83$	$7,05 \pm 2,23$	3,15
IV	5	33,87	39,96	35,62	$35,62 \pm 1,10$	$2,47 \pm 0,78$	$6,93 \pm 2,19$	3,10
II/N	10	34,20	45,28	40,38	$40,38 \pm 1,10$	$3,48 \pm 0,78$	$8,62 \pm 1,93$	2,73
S/I	12	45,64	57,28	49,94	$49,94 \pm 0,96$	$3,31 \pm 0,68$	$6,63 \pm 1,35$	1,91
S/II	12	20,62	31,42	27,64	$27,64 \pm 1,38$	$4,78 \pm 0,98$	$17,30 \pm 3,63$	4,99
S/III	12	77,78	83,81	79,79	$79,79 \pm 0,49$	$1,71 \pm 0,35$	$2,15 \pm 0,44$	0,62

Слика 14. Хистограмски приказ на апсолутното впивање вода за 24 часа

5.1.3.2. Резултати од испитувањето на релативното впивање вода за 24 часа

Табела 9. Статистички вредности за релативното впивање вода за 24 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [%]	$X_{\max}$ [%]	X_{sr} [%]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [%]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [%]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	25,70	32,93	29,72	$29,72 \pm 1,18$	$2,63 \pm 0,83$	$8,85 \pm 2,80$	3,96
II	5	19,68	25,53	22,93	$22,93 \pm 1,11$	$2,48 \pm 0,78$	$10,82 \pm 3,46$	4,84
III	5	25,25	30,29	28,69	$28,69 \pm 0,89$	$2,00 \pm 0,63$	$6,95 \pm 2,20$	3,11
IV	5	26,37	31,28	27,73	$27,73 \pm 0,90$	$2,02 \pm 0,64$	$7,30 \pm 2,31$	3,26
II/N	10	27,22	36,86	32,43	$32,43 \pm 0,92$	$2,90 \pm 0,65$	$8,93 \pm 2,00$	2,82
S/I	12	42,13	55,99	46,69	$46,69 \pm 1,12$	$3,87 \pm 0,79$	$8,29 \pm 1,69$	2,39
S/II	12	15,33	23,10	20,47	$20,47 \pm 1,00$	$3,45 \pm 0,70$	$16,87 \pm 3,54$	4,87
S/III	12	70,50	80,13	75,35	$75,35 \pm 0,78$	$2,70 \pm 0,55$	$3,58 \pm 0,73$	1,03

Слика 15. Хистограмски приказ на релативното впивање вода за 24 часа

Средните вредности на релативното впивање вода за 24 часа кај лабораториските модели на фурнирски плочи се движат во границите од 22,93 % кај моделот II, до 32,43% кај моделот II/N. (табела 9 и слика 15). Односот на вредностите помеѓу овие два модела покажува дека обложувањето на плочите со заштитна фенолформалдехидна фолија го намалува релативното впивање вода за приближно 30 %.

Споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи S/I има поголема средна вредност на ова својство во споредба со сите модели на лабораториски фурнирски плочи (табела 9).

Анализата на вредностите за релативното впивање вода покажува дека кај

моделите I и III се јавуваат нешто повисоки вредности на ова својство во споредба со оние на моделите II и IV.

Споредбениот модел на индустриските MDF плочи се карактеризира со најголема водоотпорност во поглед на впирањето вода кое кај овој модел изнесува 20,47 %, додека пак, најголема средна вредност на релативното впирање вода за 24 часа во износ од 75,35 % е добиена кај споредбениот модел S/III (OSB плочи).

5.1.3.3. Резултати од испитувањето на апсолутното дебелинско бабрење за 24 часа

Табела 10. Статистички вредности за апсолутното дебелинско бабрење за 24 часа

Модел	Број на пробни тела	X_{min} [mm]	X_{max} [mm]	X_{sr} [mm]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [mm]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [mm]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	1,48	1,69	1,61	1,61 $\pm$ 0,04	0,09 $\pm$ 0,03	5,31 $\pm$ 1,68	2,37
II	5	1,34	1,50	1,43	1,43 $\pm$ 0,03	0,06 $\pm$ 0,02	4,11 $\pm$ 1,30	1,84
III	5	1,44	1,66	1,58	1,58 $\pm$ 0,05	0,11 $\pm$ 0,03	6,72 $\pm$ 2,12	3,00
IV	5	1,40	1,66	1,47	1,47 $\pm$ 0,05	0,11 $\pm$ 0,04	7,76 $\pm$ 2,45	3,47
II/N	10	1,50	2,03	1,66	1,66 $\pm$ 0,05	0,15 $\pm$ 0,03	9,04 $\pm$ 2,02	2,86
S/I	12	0,86	1,11	0,96	0,96 $\pm$ 0,03	0,09 $\pm$ 0,02	9,21 $\pm$ 1,88	2,66
S/II	12	1,31	2,18	1,72	1,72 $\pm$ 0,09	0,30 $\pm$ 0,06	17,29 $\pm$ 3,63	4,99
S/III	12	3,55	4,40	4,00	4,00 $\pm$ 0,06	0,20 $\pm$ 0,04	5,08 $\pm$ 1,04	1,47

Слика 16. Хистограмски приказ на апсолутното дебелинско бабрење за 24 часа

Најмала средна вредност на апсолутното дебелинско бабрење за 24 часа кај лабораториските модели (1,34 mm) е добиена кај моделот II и во однос на неа средната вредност на ова својство кај моделот I е поголема за 12,59 %, кај моделот III за 10,49 %, кај моделот IV за 2,80 % и кај моделот II/N за 16,08 %.

Најголемата средна вредност на ова својство кај моделот II/N е очекувана, со оглед на фактот дека се работи за фурнирски плочи кои немаат површинска фенолформалдехидна заштинта фолија. Од односот на вредностите помеѓу овие два модела може да се согледа дека употребата на фенолформалдехидната фолија го намалува апсолутното дебелинско бабрење за приближно 14 %.

Анализата на резултатите прикажани во табелата 10 и хистограмот (слика 16) покажува дека вредностите на апсолутното дебелинско бабрење за 24 часа кај сите модели на лабораториски фурнирски плочи варираат во многу тесни граници. Сепак, може да се направи определено групирање на резултатите. Имено, првиот и третиот модел имаат приближно изедначени вредности како што е тоа случај и со вториот и четвртиот модел. Вредностите кај моделите I и III се поголеми во однос на оние на моделите II и IV.

Споредбената анализа на вредностите на лабораториските и индустриските модели на плочи покажува дека најмала средна вредност на апсолутното дебелинско бабрење за 24 часа е добиена кај споредбениот модел S/I. Во однос на таа вредност, средната вредност на лабораториските модели е поголема за 48,96 до 72,92 %, на споредбениот модел S/II за 79,17 % и на моделот S/III за 316,67 %.

5.1.3.4. Резултати од испитувањето на релативното дебелинско бабрење за 24 часа

Табела 11. Статистички вредности за релативното дебелинско бабрење за 24 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [%]	$X_{\max}$ [%]	X_{sr} [%]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [%]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [%]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	8,53	10,66	9,58	$9,58 \pm 0,36$	$0,80 \pm 0,25$	$8,35 \pm 2,64$	3,73
II	5	8,35	9,33	8,90	$8,90 \pm 0,16$	$0,36 \pm 0,11$	$4,08 \pm 1,29$	1,82
III	5	8,61	9,96	9,46	$9,46 \pm 0,28$	$0,63 \pm 0,20$	$6,68 \pm 2,11$	2,99
IV	5	8,55	10,28	8,96	$8,96 \pm 0,33$	$0,75 \pm 0,24$	$8,32 \pm 2,63$	3,72
II/N	10	8,95	12,19	9,95	$9,95 \pm 0,29$	$0,91 \pm 0,20$	$9,19 \pm 2,06$	2,91
S/I	12	4,40	5,69	4,91	$4,91 \pm 0,13$	$0,46 \pm 0,09$	$9,39 \pm 1,92$	2,71
S/II	12	6,91	11,46	9,07	$9,07 \pm 0,45$	$1,57 \pm 0,32$	$17,27 \pm 3,63$	4,98
S/III	12	19,48	23,64	22,12	$22,12 \pm 0,30$	$1,05 \pm 0,22$	$4,76 \pm 0,97$	1,38

Слика 17. Хистограмски приказ на релативното дебелинско бабрење за 24 часа

Најголемата вредност на релативното дебелинско бабрење за 24 часа се јавува кај незащитените плочи од модел II/N во износ од 12,19 %, додека најмала вредност на ова својство во износ од 8,35 % е добиена кај плочите од моделот II (табела 11).

Средните вредности на релативното дебелинско бабрење за 24 часа се движат во граници од 8,90 % кај моделот II, до 9,95 % кај моделот II/N.

Вредностите на релативното дебелинско бабрење за 24 часа кај сите лабораториски модели варираат во тесни граници. Притоа може да се забележи дека првиот и третиот модел имаат приближно изедначени вредности, како што е тоа случај и со вториот и четвртиот модел. Вредностите на моделите I и III се поголеми во однос на оние на моделите II и IV, со напомена дека оваа разлика во вредностите е многу мала.

Споредбената анализа на вредностите на лабораториските и индустриските модели покажува дека најмала средна вредност на релативното дебелинско бабрење за 24 часа е добиена кај споредбениот модел-S/I. Притоа, средната вредност на лабораториските модели е поголема за 1,8 до 2 пати од средната вредност на моделот S/I, додека пак споредбените модели S/II и S/III имаат повисока средна вредност од оваа за 1,8 и 4,5 пати.

Со оглед на фактот што Македонскиот стандард за фурнирски плочи, како и Германскиот стандард DIN EN не дефинираат вредности за дебелинското бабрење на плочите, добиените вредности за ова својство се споредени со

вредностите кои ги дефинира Македонскиот стандард за плочи од иверки. Вредностите за релативното дебелинско бабрење за 24 часа кај моделите на фурнирски плочи се под максималната дозволена вредност од 12 %, дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.032 за плочи од иверки за употреба во градежништвото.

Добиената вредност на споредбениот модел S/II во износ од 9,07 % ги задоволува барањата на стандардот МКС Д.Ц5.022 за плочи од дрвни влакна за општа употреба, како и на стандардот МКС Д.Ц5.024 за плочи од дрвни влакна за употреба во градежништвото. Испитаниот модел на MDF плочи ги задоволува барањата за плочи за општа употреба, како и за плочи за конструктивна употреба во суви услови според стандардот DIN EN 622-5. Наведениот стандард за овие типови плочи ја дефинира горната граница од 12 %.

Во согласност со стандардот DIN EN 300, добиената вредност на дебелинското бабрење на моделот S/III наложува класифицирање на овие плочи како тип OSB/1, за кои максималната дозволена вредност за ова својство изнесува 25 %.

5.1.4. Резултати од испитувањата на дебелинското бабрење и впирањето вода за 48 часа

5.1.4.1. Резултати од испитувањето на апсолутното впирање вода за 48 часа

Најмала средна вредност за апсолутното впирање вода за 48 часа кај лабораториските модели (36,24 g) е добиена кај моделот II (табела 12) и во однос на неа, средната вредност на ова својство кај моделот I е поголема за 28,61 %, кај моделот III за 23,70 %, кај моделот IV за 19,84 % и кај моделот II/N за 28,83 %.

Споредбената анализа на вредностите на лабораториските и индустриските модели на плочи покажува дека најголема средна вредност на апсолутното впирање вода за 48 часа е добиена кај споредбениот модел S/III. Во однос на таа вредност, лабораториските модели имаат помала средна вредност од 45,47 до 60,23 %, моделот S/I за 34,28 % и моделот S/II за 52,86 %.

Моделот S/II има помала средна вредност на апсолутното впирање вода за 48 часа во однос на лабораториските модели со исклучок на моделот II, во однос на кој има поголема средна вредност за 18,51 %.

Табела 12. Статистички вредности за апсолутното впивање вода за 48 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [g]	$X_{\max}$ [g]	X_{sr} [g]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [g]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [g]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	39,60	50,46	46,61	$46,61 \pm 1,85$	$4,14 \pm 1,31$	$8,87 \pm 2,81$	3,97
II	5	31,86	39,60	36,24	$36,24 \pm 1,50$	$3,36 \pm 1,06$	$9,26 \pm 2,93$	4,14
III	5	40,78	47,26	44,83	$44,83 \pm 1,09$	$2,43 \pm 0,77$	$5,43 \pm 1,72$	2,43
IV	5	41,66	46,86	43,43	$43,43 \pm 0,96$	$2,14 \pm 0,68$	$4,94 \pm 1,56$	2,21
II/N	10	43,75	53,39	49,69	$49,69 \pm 0,94$	$2,99 \pm 0,67$	$6,01 \pm 1,34$	1,90
S/I	12	55,17	66,56	59,88	$59,88 \pm 0,90$	$3,13 \pm 0,64$	$5,23 \pm 1,07$	1,51
S/II	12	36,66	46,17	42,95	$42,95 \pm 1,18$	$4,08 \pm 0,83$	$9,51 \pm 1,94$	2,75
S/III	12	89,18	94,79	91,12	$91,12 \pm 0,44$	$1,52 \pm 0,31$	$1,67 \pm 0,34$	0,48

Слика 18. Хистограмски приказ на апсолутното впивање вода за 48 часа

5.1.4.2. Резултати од испитувањето на релативното впивање вода за 48 часа

Анализата на податоците од табелата 13 покажува дека најголемата средна вредност на релативното впивање вода за 48 часа кај лабораториските модели се јавува кај незаштитените плочи од модел II/N во износ од 39,91 %, додека најмалата во износ од 29,24 % е добиена кај моделот II. Од овие вредности може да се забележи дека употребата на фенолформалдехидната заштитна фолија го намалува релативното впивање вода за 0,3 пати.

Споредбената анализа на вредностите на лабораториските и индустриските модели на плочи покажува дека средната вредност на релативното впивање вода за 48 часа кај споредбениот модел S/I е приближно двојно поголема во однос на најмалата средна вредност на ова својство добиена кај моделот II.

Средната вредност пак на споредбениот модел на MDF плочи (S/II) е помала во однос на средните вредности на сите лабораториски модели, со исклучок на моделот II. Во однос на средните вредности на лабораториските модели, средната вредност на споредбениот модел на OSB плочи (S/III) е поголема за два до три пати.

Табела 13. Статистички вредности за релативното впивање вода за 48 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [%]	$X_{\max}$ [%]	X_{sr} [%]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [%]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [%]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	32,24	39,10	36,43	$36,43 \pm 1,15$	$2,56 \pm 0,81$	$7,04 \pm 2,22$	3,15
II	5	25,42	32,25	29,24	$29,24 \pm 1,34$	$2,99 \pm 0,95$	$10,23 \pm 3,27$	4,57
III	5	31,63	36,40	34,73	$34,73 \pm 0,82$	$1,84 \pm 0,58$	$5,30 \pm 1,68$	2,37
IV	5	32,43	36,69	33,81	$33,81 \pm 0,79$	$1,78 \pm 0,56$	$5,26 \pm 1,66$	2,35
II/N	10	34,82	43,46	39,91	$39,91 \pm 0,79$	$2,50 \pm 0,56$	$6,27 \pm 1,40$	1,98
S/I	12	50,93	65,06	55,98	$55,98 \pm 1,12$	$3,87 \pm 0,79$	$6,92 \pm 1,41$	2,00
S/II	12	27,14	34,43	31,83	$31,83 \pm 0,84$	$2,92 \pm 0,60$	$9,17 \pm 1,87$	2,65
S/III	12	80,50	90,98	86,06	$86,06 \pm 0,84$	$2,90 \pm 0,59$	$3,37 \pm 0,69$	0,97

Слика 19. Хистограмски приказ на релативното впивање вода за 48 часа

5.1.4.3. Резултати од испитувањето на апсолутното дебелинско бабрење за 48 часа

Табела 14. Статистички вредности за апсолутното дебелинско бабрење за 48 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [mm]	$X_{\max}$ [mm]	X_{sr} [mm]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [mm]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [mm]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	1,60	1,84	1,73	$1,73 \pm 0,04$	$0,09 \pm 0,03$	$5,17 \pm 1,63$	2,31
II	5	1,54	1,70	1,60	$1,60 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,02$	$4,19 \pm 1,33$	1,87
III	5	1,58	1,76	1,68	$1,68 \pm 0,04$	$0,09 \pm 0,03$	$5,43 \pm 1,72$	2,43
IV	5	1,60	1,78	1,65	$1,65 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,02$	$4,29 \pm 1,36$	1,92
II/N	10	1,64	2,18	1,80	$1,80 \pm 0,05$	$0,15 \pm 0,03$	$8,21 \pm 1,84$	2,60
S/I	12	0,94	1,23	1,03	$1,03 \pm 0,03$	$0,10 \pm 0,02$	$9,82 \pm 2,00$	2,84
S/II	12	2,31	3,03	2,63	$2,63 \pm 0,08$	$0,26 \pm 0,05$	$9,91 \pm 2,02$	2,86
S/III	12	3,60	4,50	4,12	$4,12 \pm 0,06$	$0,22 \pm 0,05$	$5,42 \pm 1,11$	1,57

Слика 20. Хистограмски приказ на апсолутното дебелинско бабрење за 48 часа

Анализата на резултатите прикажани во табелата 14 и хистограмот прикажан на сликата 20 покажува дека сите модели на лабораториски фурнирски плочи помеѓу себе имаат приближни средни вредности на апсолутното дебелинско бабрење за 48 часа.

Поради отсуството на заштитна фенолформалдехидна фолија во површинските слоеви на плочата, кај моделот II/N очекувано се јавува најголема средна вредност во износ од 1,80 mm. Оваа вредност е поголема во однос на онаа кај моделот II за 12,50 %.

Споредбената анализа на апсолутното дебелинско бабрење за 48 часа

помеѓу лабораториските модели и споредбените модели на индустриски плочи покажува дека споредбениот модел S/I има најмала средна вредност на ова својство и во однос на неа, средната вредност на лабораториските модели е поголема за 55,34 до 74,76 %, додека пак на споредбените модели S/II и S/III е поголема за 2,5 и 4 пати, соодветно.

5.1.4.4. Резултати од испитувањето на релативното дебелинско бабрење за 48 часа

Табела 15. Статистички вредности за релативното дебелинско бабрење за 48 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [%]	$X_{\max}$ [%]	X_{sr} [%]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [%]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [%]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	9,25	11,61	10,31	$10,31 \pm 0,39$	$0,88 \pm 0,28$	$8,55 \pm 2,70$	3,82
II	5	9,59	10,58	9,97	$9,97 \pm 0,18$	$0,41 \pm 0,13$	$4,09 \pm 1,29$	1,83
III	5	9,44	10,55	10,04	$10,04 \pm 0,24$	$0,54 \pm 0,17$	$5,41 \pm 1,71$	2,42
IV	5	9,79	10,97	10,10	$10,10 \pm 0,22$	$0,50 \pm 0,16$	$4,94 \pm 1,56$	2,21
II/N	10	9,63	13,09	10,81	$10,81 \pm 0,29$	$0,93 \pm 0,21$	$8,62 \pm 1,93$	2,73
S/I	12	4,76	6,25	5,23	$5,23 \pm 0,15$	$0,52 \pm 0,11$	$9,96 \pm 2,03$	2,87
S/II	12	12,18	15,94	13,84	$13,84 \pm 0,39$	$1,37 \pm 0,28$	$9,87 \pm 2,02$	2,85
S/III	12	19,75	24,18	22,77	$22,77 \pm 0,34$	$1,16 \pm 0,24$	$5,12 \pm 1,04$	1,48

Слика 21. Хистограмски приказ на релативното дебелинско бабрење за 48 часа

Анализата на резултатите прикажани во табелата 15 и хистограмот даден на сликата 21 покажува дека средните вредности на релативното дебелинско бабрење за 48 часа кај сите модели на лабораториски фурнирски плочи се движат

во многу тесни граници, при што очекувано најголемата средна вредност на ова својство се јавува кај незащитениот модел II/N.

Со анализа на вредностите прикажани во табелата 15 и табелата 11 (за 24 часа) може да се забележи дека со продолжување на третманот во вода до 48 часа почнува поголемо изедначување на вредностите за релативното дебелинско бабрење помеѓу моделите на лабораториските фурнирски плочи. Тоа значи дека разликата во вредностите помеѓу четирите модели при потопувањето од 48 часа е помала во однос на разликата во вредностите помеѓу истите модели при потопување во вода во времетраење од 24 часа.

Споредбената анализа помеѓу вредностите на лабораториските и споредбените модели покажува дека споредбениот модел на индустриските фурнирски плочи (S/I) има речиси двојно помала вредност на ова својство во однос на лабораториските модели, а во однос на споредбените модели S/II и S/III 2,6 и 4,3 пати соодветно.

5.1.5. Резултати од испитувањата на дебелинското бабрење и впирањето вода за 72 часа

5.1.5.1. Резултати од испитувањето на апсолутното впирање вода за 72 часа

Најмала средна вредност за апсолутното впирање вода за 72 часа кај лабораториските модели (42,68 g) е добиена кај моделот II (табела 16), и во однос на неа средната вредност на ова својство кај моделот I е поголема за 22,56 %, кај моделот III за 18,37 %, кај моделот IV за 14,20 % и кај моделот II/N за 29,33 %.

Од прикажаните резултати во табелата 16 и хистограмот (слика 22) може да се согледа дека моделите I и III имаат повисока средна вредност во однос на моделите II и IV. Притоа, разликите во вредностите помеѓу одделните модели е приближна како и онаа при третманот во вода од 48 часа. Имено, разликата во средните вредности при третман во вода од 72 часа помеѓу моделите I и III во однос на моделите II и IV се движи во граници од 1,78 до 9,63 g. Оваа разлика кај истите модели при потопување во вода во времетраење од 48 часа се движи во границите од 1,4 до 10,4 g.

Споредбената анализа на вредностите на лабораториските и

индустриските модели на плочи покажува дека најголема средна вредност на апсолутното впивање вода за 72 часа е добиена кај споредбениот модел S/III. Во однос на таа вредност, лабораториските модели имаат помала средна вредност за 41,52 до 54,79 %, моделот S/I за 29,41 % и моделот S/II за 30,52 %.

Во однос на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи S/I, лабораториските модели имаат помали средни вредности на ова својство за 17,17 до 35,95 %.

Табела 16. Статистички вредности за апсолутното впивање вода за 72 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [g]	$X_{\max}$ [g]	X_{sr} [g]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [g]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [g]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	45,24	55,62	52,31	$52,31 \pm 1,83$	$4,08 \pm 1,29$	$7,81 \pm 2,47$	3,49
II	5	38,35	46,40	42,68	$42,68 \pm 1,52$	$3,41 \pm 1,08$	$7,99 \pm 2,53$	3,57
III	5	46,89	52,74	50,52	$50,52 \pm 0,98$	$2,19 \pm 0,69$	$4,33 \pm 1,37$	1,94
IV	5	47,34	51,12	48,74	$48,74 \pm 0,71$	$1,59 \pm 0,50$	$3,26 \pm 1,03$	1,46
II/N	10	49,75	58,09	55,20	$55,20 \pm 0,81$	$2,55 \pm 0,57$	$4,62 \pm 1,03$	1,46
S/I	12	61,38	73,19	66,64	$66,64 \pm 0,90$	$3,13 \pm 0,64$	$4,70 \pm 0,96$	1,36
S/II	12	62,21	67,51	65,59	$65,59 \pm 0,64$	$2,20 \pm 0,45$	$3,36 \pm 0,69$	0,97
S/III	12	92,04	98,14	94,40	$94,40 \pm 0,41$	$1,43 \pm 0,29$	$1,52 \pm 0,31$	0,44

Слика 22. Хистограмски приказ на апсолутното впивање вода за 72 часа

5.1.5.2. Резултати од испитувањето на релативното впивање вода за 72 часа

Анализата на вредностите за релативното впивање вода за 72 часа прикажани во табелата 17, покажува дека како и при третманот во вода од 24 и 48 часа, во поглед на лабораториските фурнирски плочи, најмала средна вредност на ова својство се јавува кај моделот II, а најголема кај моделот II/N. Исто така, вредностите кај моделите I и III се поголеми во однос на оние кај моделите II и IV.

Споредбената анализа на вредностите на лабораториските и индустриските модели на плочи покажува дека во однос на најмалата средна вредност на релативното впивање вода за 72 часа (модел II), средните вредности на моделите S/I, S/II и S/III се поголеми за 1,8; 1,4 и 2,6 пати соодветно.

Табела 17. Статистички вредности за релативното впивање вода за 72 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [%]	$X_{\max}$ [%]	X_{sr} [%]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [%]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [%]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	36,84	43,84	40,89	$40,89 \pm 1,08$	$2,41 \pm 0,76$	$5,90 \pm 1,87$	2,64
II	5	30,60	37,96	34,44	$34,44 \pm 1,39$	$3,10 \pm 0,98$	$9,01 \pm 2,85$	4,03
III	5	36,37	40,62	39,14	$39,14 \pm 0,74$	$1,66 \pm 0,52$	$4,23 \pm 1,34$	1,89
IV	5	36,85	40,02	37,94	$37,94 \pm 0,60$	$1,35 \pm 0,43$	$3,55 \pm 1,12$	1,59
II/N	10	39,59	47,20	44,34	$44,34 \pm 0,69$	$2,18 \pm 0,49$	$4,92 \pm 1,10$	1,56
S/I	12	56,67	71,54	62,30	$62,30 \pm 1,16$	$4,01 \pm 0,82$	$6,44 \pm 1,32$	1,86
S/II	12	45,88	51,11	48,62	$48,62 \pm 0,47$	$1,62 \pm 0,33$	$3,34 \pm 0,68$	0,96
S/III	12	84,11	93,91	89,15	$89,15 \pm 0,78$	$2,71 \pm 0,55$	$3,04 \pm 0,62$	0,88

Слика 23. Хистограмски приказ на релативното впивање вода за 72 часа

5.1.5.3. Резултати од испитувањето на апсолутното дебелинско бабрење за 72 часа

Табела 18. Статистички вредности за апсолутното дебелинско бабрење за 72 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [mm]	$X_{\max}$ [mm]	X_{sr} [mm]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [mm]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [mm]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	1,64	1,90	1,77	$1,77 \pm 0,04$	$0,10 \pm 0,03$	$5,57 \pm 1,76$	2,49
II	5	1,60	1,78	1,67	$1,67 \pm 0,03$	$0,06 \pm 0,02$	$3,84 \pm 1,21$	1,72
III	5	1,61	1,80	1,72	$1,72 \pm 0,04$	$0,08 \pm 0,03$	$4,65 \pm 1,47$	2,08
IV	5	1,66	1,81	1,72	$1,72 \pm 0,03$	$0,06 \pm 0,02$	$3,31 \pm 1,05$	1,48
II/N	10	1,65	2,24	1,84	$1,84 \pm 0,05$	$0,16 \pm 0,03$	$8,44 \pm 1,89$	2,67
S/I	12	0,96	1,24	1,05	$1,05 \pm 0,03$	$0,10 \pm 0,02$	$9,11 \pm 1,86$	2,63
S/II	12	3,11	3,53	3,35	$3,35 \pm 0,04$	$0,13 \pm 0,03$	$3,80 \pm 0,77$	1,10
S/III	12	3,84	4,73	4,32	$4,32 \pm 0,06$	$0,22 \pm 0,05$	$5,12 \pm 1,04$	1,48

Слика 24. Хистограмски приказ на апсолутното дебелинско бабрење за 72 часа

Анализата на резултатите прикажани во табелата 18 и хистограмот (слика 24) покажува дека сите модели на лабораториски фурнирски плочи имаат речиси идентични вредности на апсолутното дебелинско бабрење за 72 часа, со исклучок на моделот II/N, кој поради отсуството на заштитна фенолформалдехидна фолија очекувано има поголема средна вредност на ова својство. Најмалата средна вредност на ова својство е добиена кај моделот II.

Ова покажува дека со продолжување на третманот во вода до 72 часа, разликите во вредностите помеѓу моделите се намалени во однос на тие кои се јавуваат при третманот од 48 часа (од 0,03 до 0,13 mm). Овие разлики при

третманот од 72 часа се сведени на минимум и изнесуваат најмногу 0,1 mm.

Споредбената анализа на апсолутното дебелинско бабрење за 72 часа помеѓу лабораториските модели и споредбените модели на индустриски плочи покажува дека споредбениот модел S/I има најмала средна вредност на ова својство и во однос на неа, средната вредност на лабораториските модели е поголема за 59,05 до 75,24 %. Овие разлики помеѓу лабораториските модели и споредбениот модел S/I се приближни на истите разлики при потопување во вода во времетраење од 48 часа. Моделите S/II и S/III имаат поголема средна вредност во однос на средната вредност на моделот S/I за 3 и 4 пати соодветно.

5.1.5.4. Резултати од испитувањето на релативното дебелинско бабрење за 72 часа

Табела 19. Статистички вредности за релативното дебелинско бабрење за 72 часа

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [%]	$X_{\max}$ [%]	X_{sr} [%]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [%]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [%]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	9,47	12,01	10,53	$10,53 \pm 0,43$	$0,96 \pm 0,30$	$9,13 \pm 2,89$	4,08
II	5	9,98	11,04	10,43	$10,43 \pm 0,17$	$0,39 \pm 0,12$	$3,73 \pm 1,18$	1,67
III	5	9,62	10,78	10,25	$10,25 \pm 0,21$	$0,48 \pm 0,15$	$4,68 \pm 1,48$	2,09
IV	5	10,17	11,21	10,52	$10,52 \pm 0,19$	$0,42 \pm 0,13$	$3,99 \pm 1,26$	1,79
II/N	10	9,70	13,47	11,06	$11,06 \pm 0,31$	$0,99 \pm 0,22$	$8,95 \pm 2,00$	2,83
S/I	12	4,88	6,33	5,33	$5,33 \pm 0,14$	$0,49 \pm 0,10$	$9,26 \pm 1,89$	2,67
S/II	12	16,41	18,58	17,66	$17,66 \pm 0,19$	$0,67 \pm 0,14$	$3,80 \pm 0,78$	1,10
S/III	12	21,06	25,39	23,88	$23,88 \pm 0,33$	$1,15 \pm 0,23$	$4,82 \pm 0,98$	1,39

Слика 25. Хистограмски приказ на релативното дебелинско бабрење за 72 часа

Анализата на резултатите прикажани во табелата 19 и хистограмот (слика 25) покажува дека средните вредности на релативното дебелинско бабрење за 72 часа кај сите модели на лабораториски фурнирски плочи се движат во многу тесни граници, при што најголемата средна вредност на ова својство во износ од 11,06 % очекувано се јавува кај незащитениот модел II/N. Средните вредности на заштитените модели се движат во граници од 10,25 до 10,53 %.

Како и при третманот од 48 часа, средната вредност на дебелинското бабрење за 72 часа кај моделот S/I е речиси двојно помала во однос на онаа на лабораториските модели. Во однос на вредноста на моделот S/I, вредноста на моделот S/II е поголема за 3,3 пати, додека пак онаа на моделот S/III за 4,5 пати.

Од добиените вредности може да се заклучи дека и по 72-часовен третман во вода, релативното дебелинско бабрење на лабораториските фурнирски плочи не ја надминуваат дозволената вредност од 12 % за 24-часовен третман во вода, дефинирана со стандардот МКС. Д.Ц5.032. Ова значи дека изработените фурнирски плочи се стабилен материјал во поглед на влјанието на вода.

5.1.6. Интензитет на релативното впивање при продолжен третман во вода

Интензитетот на релативното впивање вода во текот на 72 часа за сите модели на лабораториски плочи, како и за споредбените модели на индустриски произведени плочи се претставени графички на сликата 26.

Анализата на релативното впивање вода за 24, 48 и 72 часа на лабораториските фурнирски плочи покажува дека кај сите модели најголемото впивање вода се постигнува за првите 24 часа, по што интензитетот на впивањето вода се намалува. Во следните 24 часа (до 48 часа) релативното впивање вода се зголемува за 6,71 % кај модел I, 6,31 % кај модел II, 6,04 % кај модел III, 6,08 % кај модел IV и 7,48 % кај моделот II/N.

Со продолжување на третманот во вода до 72 часа доаѓа до понатамошно зголемување на релативното впивање вода, но со уште послаб интензитет, така што кај моделот I тоа се зголемува за 4,46 %, кај моделот II за 5,2 %, кај моделот III за 4,41 %, кај моделот IV за 4,13 % и кај моделот II/N за 4,43 %.

Од горенаведените вредности може да се забележи дека кај сите модели на лабораториски фурнирски плочи интензитетот на релативното впивање вода во

текот на 72 часа се движи во слични граници.

Слика 26. Интензитет на релативното впивање вода во текот на 72 часа

Интензитетот на релативното впивање вода на споредбените модели на индустриски произведени плочи како и кај лабораториските модели е најголем во првите 24 часа, по што, со продолжувањето на третманот во вода, релативното впивање вода продолжува да се зголемува, но со намален интензитет.

Во следните 24 часа (до 48 часа) релативното впивање вода кај моделот S/I се зголемува за 9,29 %, кај моделот S/II за 11,36 % и кај моделот S/III за 10,71 %. Во споредба со лабораториските модели, може да се забележи дека во овој период кај споредбените модели се јавува поголем интензитет на релативното впивање вода.

Со продолжување на третманот во вода до 72 часа вредностите на релативното впивање вода се зголемуваат за 6,32 % кај моделот S/I, 16,79 % кај моделот S/II и за 3,09 % кај моделот S/III.

Од овие вредности може да се забележи дека со исклучок на моделот S/II кај кој во овој период се јавува зголемување на интензитетот на впивањето вода во споредба со интензитетот во претходните 24 часа, кај останатите споредбени модели овој интензитет е намален. Кај споредбениот модел S/III интензитетот на впивањето вода во периодот од 48 до 72 часа е помал и од оној на лабораториските фурнирски плочи.

5.1.7. Интензитет на релативното дебелинско бабрење при продолжен третман во вода

Интензитетот на релативното дебелинско бабрење во текот на 72 часа за поедините модели на лабораториски плочи, како и за споредбените модели на индустриски произведени плочи се претставени графички на сликата 27.

Слика 27. Интензитет на релативното дебелинско бабрење во текот на 72 часа

Анализата на релативното дебелинско бабрење за 24, 48 и 72 часа на лабораториските фурнирски плочи покажува дека кај сите модели, најголемото дебелинско бабрење се постигнува за првите 24 часа, по што неговиот интензитет се намалува. Во следните 24 часа релативното дебелинско бабрење се зголемува за 0,73 % кај модел I, 1,07 % кај модел II, 0,58 % кај модел III, 1,14 % кај модел IV и за 0,86 % кај моделот II/N.

Овие вредности покажуваат дека во периодот од 24 до 48 часа кај моделите I и III се јавува нешто помал интензитет на бабрење во споредба со моделите II и IV.

Со продолжување на третманот во вода до 72 часа доаѓа до понатамошно зголемување на релативното дебелинско бабрење, но со уште послаб интензитет, така што кај моделот I тоа се зголемува за 0,22 %, кај моделот II за 0,46 %, кај моделот III за 0,21 %, кај моделот IV за 0,42 % и кај моделот II/N за 0,25 %. Интензитетот на зголемувањето на релативното дебелинско бабрење кај

моделите I и III е речиси двојно помал од оној на моделите II и IV.

Интензитетот на релативното дебелинско бабрење на споредбените модели на индустриски произведени плочи како и кај лабораториските модели е најголем во првите 24 часа, по што, со продолжувањето на третманот во вода релативното дебелинско бабрење продолжува да се зголемува, но со намален интензитет.

Во следните 24 часа (до 48 часа) релативното дебелинско бабрење кај моделот S/I се зголемува за 0,32 %, кај моделот S/II за 4,77 % и кај моделот S/III за 0,65 %.

Во споредба со лабораториските и останатите два споредбени модела, кај споредбениот модел S/I дебелинското бабрење во овој период се одвива со најмал интензитет. Интензитетот пак на дебелинското бабрење на моделот S/II е најмалку четири пати поголем во споредба со останатите модели.

Со продолжување на третманот во вода до 72 часа вредностите на релативното дебелинско бабрење се зголемуваат за 0,10 % кај моделот S/I, за 3,82 % кај моделот S/II и за 1,11 % кај моделот S/III.

Споредено со сите модели, во овој период од третманот најмал интензитет на дебелинското бабрење се јавува кај споредбениот модел S/I, додека најголем кај споредбениот модел S/II.

Во последните 24 часа од третманот во вода, интензитетот на заголемувањето на дебелинското бабрење на плочите е најмал.

5.2. РЕЗУЛТАТИ ОД ИСПИТУВАЊАТА НА МЕХАНИЧКИТЕ СВОЈСТВА

5.2.1. Резултати од испитувањето на јакоста на свивање

Со оглед на фактот што јакоста на свивање кај фурнирските плочи е испитана во две насоки, т.е. паралелно и напречно на должината на плочата, а кај плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF) и плочите со ориентирани иверки (OSB) во повеќе насоки (паралелно, напречно и под агол од 22,5°; 45° и 67,5° во однос на должината на плочите), резултатите од овие испитувања ќе бидат прикажани одделно, во посебни табели и хистограми.

5.2.1.1. Резултати од испитувањето на јакоста на свивање на фурнирскиите плочи

5.2.1.1.1. Резултати од испитувањето на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата

Табела 20. Статистички вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	62,58	68,89	66,71	66,71 $\pm$ 1,16	2,59 $\pm$ 0,82	3,88 $\pm$ 1,23	1,73
II	5	92,96	102,77	99,71	99,71 $\pm$ 1,78	3,99 $\pm$ 1,26	4,00 $\pm$ 1,27	1,79
III	5	60,57	71,04	64,16	64,16 $\pm$ 1,92	4,28 $\pm$ 1,35	6,68 $\pm$ 2,11	2,99
IV	5	86,07	108,20	94,13	94,13 $\pm$ 3,85	8,60 $\pm$ 2,72	9,14 $\pm$ 2,89	4,09
S/I	12	45,07	56,14	49,53	49,53 $\pm$ 1,14	3,94 $\pm$ 0,80	7,95 $\pm$ 1,62	2,29

Слика 28. Хистограмски приказ на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи

Анализата на резултатите прикажани во табелата 20 покажува дека моделите на лабораториски фурнирски плочи имаат поголеми вредности на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата, во споредба со моделот на индустриски произведени фурнирски плочи. Притоа, најголемата средна вредност на ова својство добиена кај моделот II е поголема за 101,31 % во однос

на средната вредност на споредбениот модел S/I.

Во поглед на лабораториските модели може да се направи извесно групирање на вредностите на ова својство. Имено, вредностите на моделите I и III се движат во слични граници, како што е тоа случај и со вредностите на моделите II и IV (табела 20), при што очигледна е разликата во вредностите помеѓу двете групи. Средната вредност на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај моделите II и IV е поголема за 41,10 до 55,41 % во однос на онаа кај моделите I и III.

Ваквата разлика во вредностите помеѓу двете групи на модели е резултат на ориентацијата на фурнирите во конструкцијата на плочите, посебно на оние со дебелина од 3,2 mm, бидејќи тие зафаќаат најголем процент од нивната дебелина. Кај моделите I и III, два од трите фурнирски листа со дебелина од 3,2 mm се ориентирани напречно на должината на пробното тело, додека кај моделите II и IV, трите фурнири со дебелина од 3,2 mm се ориентирани паралелно на должината на пробното тело. Поголемиот број на надолжно ориентирани фурнири со дебелина од 3,2 mm е причина за поголемите вредности на ова својство кај моделите II и IV во однос на моделите I и III. Всушност кај моделите II и IV поголем дел од дебелината на плочата ја зафаќаат фурнири чии дрвени влакна се ориентирани паралелно на должината на пробното тело.

Разликата пак во средните вредности помеѓу моделот I и моделот III, како и онаа помеѓу моделите II и IV е мала и изнесува $2,55 \text{ N/mm}^2$ во корист на моделот I и $5,58 \text{ N/mm}^2$ во корист на моделот II, односно, моделот I има поголема вредност во однос на моделот III за 3,97 %, а моделот II во однос на моделот IV за 5,74 %. Ова значи дека позицијата на фурнирските листови со дебелина од 3,2 mm во конструкцијата на плочата, односно нивното поместување кон површинските слоеви на плочата има само мало влијание врз јакоста на свивање. Притоа може да се каже дека со поместување на напречно ориентирани фурнири со дебелина од 3,2 mm во однос на должината на плочата кон нејзината површина доаѓа до мало намалување на вредноста на јакоста на свивање паралелно со должината на плочата. Исто така и со поместување на надолжно ориентирани фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површината на плочата доаѓа до мало намалување на вредноста на ова својство.

Добиените вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на

плочата кај сите модели на плочи се во дозволените граници дефинирани со МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото.

Дијаграмите на напрегањата при свивање паралелно на должината на плочата се прикажани на сликите 29, 30, 31, 32 и 33 за сите модели одделно.

Слика 29. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот I

Слика 30. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот II

Слика 31. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот III

Слика 32. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот IV

Слика 33. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за моделот S/I

Слика 34. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи

5.2.1.1.2. Резултати од испитувањето на јакоста на свивање напречно на должината на плочата

Табела 21. Статистички вредности за јакоста на свивање напречно на должината на фурнирските плочи

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	68,23	73,91	71,34	71,34 $\pm$ 0,91	2,03 $\pm$ 0,64	2,85 $\pm$ 0,90	1,27
II	5	59,32	66,44	63,74	63,74 $\pm$ 1,40	3,13 $\pm$ 0,99	4,91 $\pm$ 1,55	2,20
III	5	78,64	89,95	83,87	83,87 $\pm$ 2,44	5,46 $\pm$ 1,73	6,51 $\pm$ 2,06	2,91
IV	5	41,08	45,34	43,79	43,79 $\pm$ 0,78	1,75 $\pm$ 0,55	4,00 $\pm$ 1,26	1,79
S/I	12	28,63	37,66	32,29	32,29 $\pm$ 0,82	2,86 $\pm$ 0,58	8,84 $\pm$ 1,80	2,55

Слика 35. Хистограмски приказ на јакоста на свивање напречно на должината на фурнирските плочи

Најголема средна вредност на јакоста на свивање напречно на должината на плочата во износ од 83,87 N/mm² се јавува кај моделот III, додека пак најмалата во износ од 43,79 N/mm² кај моделот IV (табела 21).

Споредбената анализа на резултатите прикажани во табелата 21, покажува дека моделите на лабораториски фурнирски плочи имаат поголеми средни вредности на јакоста на свивање напречно на должината на плочата во однос на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи за 35,61 % (модел IV во однос на модел S/I) до 159,74 % (модел III во однос на модел S/I).

Разлики во вредностите на ова својство постојат и помеѓу одделните модели на лабораториски фурнирски плочи. Моделите I и III имаат повисоки средни вредности во однос на оние кај моделите II и IV, при што средната вредност на моделот III е поголема од онаа на моделот IV за 91,53 %, додека таа на моделот I во однос на моделот II за 11,92 %.

Најголемите вредности на ова својство се јавуваат кај моделите кај кои фурнирските листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани паралелно на должината на пробното тело (модел I и III). Кај моделите II и IV сите три фурнирски листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани напречно на должината на пробното тело, што резултира со пониски вредности на јакоста на

свивање во однос на претходните два модели.

Средните вредности на јакоста на свивање напречно на должината на плочата кај моделите I и III (табела 21) се повисоки во однос на средните вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај истите модели (табела 20) и тоа за 6,94 и 30,72 % соодветно. Овие разлики во вредностите се резултат на ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на должината на пробното тело. Имено, при испитувањето на јакоста на свивање напречно на должината на плочата, два од трите фурнири со оваа дебелина се ориентирани со дрвните влакна паралелно на должината на пробното тело. Додека пак, при испитувањето на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата, истите фурнири се ориентирани со дрвните влакна напречно на должината на пробното тело, што резултира со пониски вредности на јакоста на свивање.

Разликите во вредностите на јакоста на свивање паралелно и напречно на должината на плочата кај моделите I и III се помали во однос на ваквите разлики кај моделите II и IV.

Во поглед на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи (S/I), причината за помалата вредност на јакоста на свивање напречно на должината на плочата треба да се бара во ориентацијата на подповршинските листови на плочата. Кај овој модел, вториот и третиот, како и единаесеттиот и дванаесеттиот фурнирски лист не се поставени нормално еден во однос на друг и имаат иста ориентација во однос на протегањето на дрвните влакна. Ваквата структура на плочата се прави со цел да се постигнат зголемени својствата на плочата во дадена насока. При испитување на јакоста на свивање напречно на должината на плочата, четирите подповршински фурнири се ориентирани напречно на должината на пробното тело, што резултира со помала вредност на ова својство, во споредба со вредноста на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата, кога истите фурнири се ориентирани паралелно со должината на пробното тело. Всушност, при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата, поголем дел од дебелината на плочата ја зафаќаат фурнири чии дрвни влакна се ориентирани паралелно на должината на пробното тело, што резултира со повисоки вредности на јакоста на свивање.

Ваквиот однос на вредностите може да даде насоки за употребата на соодветните модели на плочи во зависност од местото на нивната примена,

односно од видот на напрегањата на кои би се изложиле во определени конструкции.

Добиените вредности на јакоста на свивање напречно на должината на плочата за сите модели на плочи се во согласност со дефинираната вредност во стандардот МКС Д.Ц5.043.

Дијаграмите на напрегањата при свивање напречно на должината на плочата се прикажани за сите модели одделно, на сликите 36, 37, 38, 39 и 40.

Слика 36. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за моделот I

Слика 37. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за моделот II

Слика 38. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за моделот III

Слика 39. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за моделот IV

Слика 40. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за модел S/I

Слика 41. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на фурнирските плочи

5.2.1.2. Резултати од испитувањето на јакоста на свивање на плочите од дрвени влакна со средна густина (MDF) и плочите со ориентирани иверки (OSB)

За подобра прегледност и анализа на добиените резултати, статистичките вредности за јакоста на свивање во насока паралелно, напречно и под агол од $22,5^\circ$, 45° и $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата ќе бидат прикажани заедно во една табела. Покрај тоа, вредностите на јакоста на свивање во различните насоки на плочите се прикажани и преку поларни дијаграми.

Ваквиот приказ на резултатите ќе овозможи подобро воочување на разликите или сличностите на ова својство во различни насоки на плочите.

Статистичките вредности за јакоста на свивање на споредбените модели на индустриски произведените MDF и OSB плочи се прикажани во табелите 22 и 23.

Анализата на резултатите за јакоста на свивање на споредбениот модел на MDF плочи (модел S/II) прикажани во табелата 22, покажува дека постои голема изедначеност на вредностите на ова својство во испитуваните насоки на плочата.

Истото може да се забележи и од прикажниот поларен дијаграм (слика 43).

Табела 22. Статистички вредности за јакоста на свивање на плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF)

Модел	Насока на пробните тела	Број на пробни тела	X_{min} [N/mm ²]	X_{max} [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/II	II	12	32,29	38,89	35,30	35,30 $\pm$ 0,61	2,10 $\pm$ 0,43	5,94 $\pm$ 1,21	1,72
	$\perp$	12	33,24	36,87	35,54	35,54 $\pm$ 0,34	1,19 $\pm$ 0,24	3,36 $\pm$ 0,69	0,97
	$\angle 22,5^\circ$	12	31,44	35,84	34,13	34,13 $\pm$ 0,38	1,31 $\pm$ 0,27	3,84 $\pm$ 0,78	1,11
	$\angle 45^\circ$	12	32,38	37,49	35,14	35,14 $\pm$ 0,46	1,59 $\pm$ 0,32	4,53 $\pm$ 0,92	1,31
	$\angle 67,5^\circ$	12	33,34	38,31	35,68	35,68 $\pm$ 0,46	1,58 $\pm$ 0,32	4,42 $\pm$ 0,90	1,28

Слика 42. Хистограмски приказ на јакоста на свивање на плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF)

Слика 43. Поларен дијаграм на јакоста на свивање на споредбениот модел на MDF плочи

Најголема средна вредност на јакоста на свивање е добиена под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата. Во однос на оваа вредност, средната вредност јакоста на свивање паралелно на должината на плочата е помала за 1,06 %, напречно на должината за 0,39 %, под агол од $22,5^\circ$ за 4,34 % и под агол од 45° за 1,51 %.

Ваквите приближно изедначени вредности на јакоста на свивање на плочите од дрвни влакна со средна густина - MDF се очекувани и се резултат на хомогената структура на овој тип на плочи. Хомогеноста на структурата на овие плочи доведува до зголемена изотропност на нивните својствата, во споредба со другите типови на плочи (фурнирски, OSB).

Во поглед на јакоста на свивање на споредбениот модел S/III (OSB), може да се забележи дека постои разлика во вредностите на ова својство во различни насоки на плочата (табела 23).

Јакоста на свивање на овие плочи има најголема вредност во насока паралелна на должината на плочата, а најмала во насока напречно на должината на плочата. Вредностите на јакоста на свивање под агол од $22,5^\circ$; 45° и $67,5^\circ$ се движат во границите помеѓу вредностите во овие две насоки, при што со зголемување на аголот се намалува вредноста на јакоста на свивање (табела 23). Ваквиот тек на вредностите може да се забележи и на поларниот дијаграм (слика 45).

Во однос на средната вредност јакоста на свивање паралелно на должината на плочата, средната вредност на ова својство напречно на должината на плочата е помала за 46,32 %, под агол од $22,5^\circ$ за 15,91 %, под агол од 45° за 31,14 % и под агол од $67,5^\circ$ за 37,45 %.

Табела 23. Статистички вредности за јакоста на свивање на плочите со ориентирани иверки (OSB)

Модел	Насока на пробните тела	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_\sigma$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/III	II	10	15,02	23,35	19,17	$19,17 \pm 0,78$	$2,47 \pm 0,55$	$12,87 \pm 2,93$	4,07
	⊥	12	8,13	12,92	10,29	$10,29 \pm 0,42$	$1,46 \pm 0,30$	$14,19 \pm 2,95$	4,10
	$\angle 22,5^\circ$	11	12,72	20,46	16,12	$16,12 \pm 0,76$	$2,54 \pm 0,54$	$15,73 \pm 3,44$	4,74
	$\angle 45^\circ$	11	10,88	17,01	13,20	$13,20 \pm 0,48$	$1,59 \pm 0,34$	$12,07 \pm 2,61$	3,64
	$\angle 67,5^\circ$	12	9,04	15,57	11,99	$11,99 \pm 0,46$	$1,59 \pm 0,33$	$13,28 \pm 2,76$	3,83

Слика 44. Хистограмски приказ на јакоста на свивање на плочите со ориентиран иверки (OSB)

Различните вредности на јакоста на свивање во различни насоки кај овој тип на плочи се сосема очекувани, бидејќи една од главните карактеристики на OSB плочите е да имаат зголемени својства во определена насока, што се постигнува со ориентирање на иверот во структурата на плочата.

Слика 45. Поларен дијаграм на јакоста на свивање на споредбениот модел на OSB плочи

Споредбената анализа на вредностите на јакоста на свивање помеѓу споредбените модели на MDF и OSB плочи (модел S/II и модел S/III) покажува

дека вредностите на јакоста на свивање на моделот S/II во сите насоки на плочата се поголеми во однос на истите кај моделот S/III.

Средните вредности на јакоста на свивање во сите насоки кај споредбениот модел S/II се повисоки и од средната вредност на јакоста на свивање напречно на должината на плочата кај моделот S/I за 5,70 до 10,50 %.

Сепак, средните вредности на јакоста на свивање во сите насоки кај моделот S/II (табела 22) се пониски за 27,96 до 31,09 % во споредба со средната вредност на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај моделот S/I (табела 20).

Средните вредности на јакоста на свивање на сите лабораториски модели на фурнирски плочи се повисоки во однос на средните вредности на ова својство кај споредбените модели на MDF и OSB плочи. Имено, јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај лабораториските модели на фурнирски плочи (модел I до IV) е поголема во однос на таа кај споредбениот модел на MDF плочи (модел S/II) за 1,8 до 2,8 пати, додека во однос на споредбениот модел на OSB плочи (модел S/III) за 3,3 до 5,2 пати.

Јакоста на свивање напречно на должината на плочата кај лабораториските модели на фурнирски плочи е поголема во однос на истата кај споредбениот модел на MDF плочи за 1,23 до 2,36 пати, додека во однос на споредбениот модел на OSB плочи за 4,25 до 8,15 пати.

Дијаграмите на напрегањата при свивање во одделните насоки на плочата за моделот S/II се прикажани на сликите 46, 47, 48, 49 и 50, додека за моделот S/III на сликите 51, 52, 53, 54 и 55.

Слика 46. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за споредбениот модел S/II

Слика 47. Дијаграм на напрегања при свивање наспротно на должината на плочата за споредбениот модел S/II

Слика 48. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II

Слика 49. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II

Слика 50. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II

Слика 51. Дијаграм на напрегања при свивање паралелно на должината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 52. Дијаграм на напрегања при свивање напречно на должината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 53. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 54. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 55. Дијаграм на напрегања при свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 56. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на свивање на моделите на MDF и OSB плочи

5.2.2. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свивање

Аналогно на прикажувањето на резултатите од испитувањето на јакоста на свивање, на ист начин се прикажани и добиените резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свивање, односно добиените вредности за ова својство се прикажани посебно за моделите на фурнирски плочи и моделите на OSB и MDF плочи, со оглед на тоа што за последниве два модела модулот на еластичност е испитан во повеќе насоки во однос на должината на плочата.

5.2.2.1. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свивање на фурнирскиите плочи

5.2.2.1.1. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата

Модул на еластичност во првото мерно место

Резултатите од испитувањето на модулот на еластичност на фурнирските плочи во првото мерно место, односно при оптоварување со сила околу 10 % од максималната сила на кршење, се прикажани во табелата 24. Добиените средни вредности се прикажани и преку хистограм (слика 57).

Табела 24. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во првото мерно место

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	6170,47	6847,97	6380,65	6380,65 $\pm$ 122,99	275,01 $\pm$ 86,97	4,31 $\pm$ 1,36	1,93
II	5	8203,51	9092,89	8416,20	8416,20 $\pm$ 169,61	379,27 $\pm$ 119,93	4,51 $\pm$ 1,43	2,02
III	5	5450,33	6089,79	5685,31	5685,31 $\pm$ 136,23	304,63 $\pm$ 96,33	5,36 $\pm$ 1,69	2,40
IV	5	7454,22	9079,55	8208,14	8208,14 $\pm$ 299,81	670,40 $\pm$ 212,00	8,17 $\pm$ 2,58	3,65
S/I	12	4345,00	5795,99	4881,06	4881,06 $\pm$ 116,68	404,18 $\pm$ 82,50	8,28 $\pm$ 1,69	2,39

Слика 57. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во првото мерно место

Најголемата вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во првото мерно место е добиена кај моделот II, додека најмалата кај споредбениот модел S/I (табела 24).

Споредбената анализата на резултатите прикажани во табелата 24 покажува дека во однос на најголемата средна вредност која е добиена кај моделот II, средните вредности на моделите I, III, IV и S/I се помали за 24,19 %, 32,45 %, 2,47 % и 42 % соодветно.

Најмалата средна вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во првото мерно место на лабораториските модели која е добиена кај моделот III е поголема во однос на онаа на споредбениот модел S/I за 16,48 %.

Од анализата на истите резултати може да се забележи дека средните вредности на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во првото мерно место кај моделите I и III се помали во однос на оние кај моделите II и IV за 22,26 до 32,45 %. Помалите вредности на моделите I и III во однос на оние на моделите II и IV се резултат на ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на должината на плочата (должината на пробното тело), како што е образложено и при анализата на резултатите од испитувањето на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата.

Средната вредност на моделот III во однос на онаа на моделот I е помала за 10,90 %. Разликите во средните вредности на моделите II и IV се доста мали, така што средната вредност на моделот IV во однос на онаа на моделот II е помала за 2,47 %.

При оптоварување од 10 % од максималното, модулот на еластичност на моделите II и IV ја надминуваат вредноста од 7000 N/mm^2 дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.043.

Модул на еластичност во второто мерно место

Резултатите од испитувањето на модулот на еластичност на фурнирските плочи паралелно на должината на плочата за второто мерно место, односно при оптоварување со сила околу 20 % од максималната сила на кршење, се прикажани во табелата 25.

Табела 25. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во второто мерно место

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	6401,84	6832,62	6669,24	6669,24 $\pm$ 72,24	161,54 $\pm$ 51,08	2,42 $\pm$ 0,77	1,08
II	5	9448,19	11432,50	10734,50	10734,50 $\pm$ 359,36	803,55 $\pm$ 254,10	7,49 $\pm$ 2,37	3,35
III	5	5586,00	6562,35	6128,13	6128,13 $\pm$ 156,25	349,40 $\pm$ 110,49	5,70 $\pm$ 1,80	2,55
IV	5	8796,92	9938,97	9667,01	9667,01 $\pm$ 218,58	488,76 $\pm$ 154,56	5,06 $\pm$ 1,60	2,26
S/I	12	4346,29	5756,79	5208,56	5208,56 $\pm$ 110,59	383,08 $\pm$ 78,20	7,35 $\pm$ 1,50	2,12

Слика 58. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во второто мерно место

Најголемата вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во второто мерно место е добиена кај моделот II, додека најмалата кај споредбениот модел S/I (табела 25), што е случај и при испитувањето на ова својство во првото мерно место.

Споредбената анализата на резултатите прикажани во табелата 25 покажува дека во однос на најголемата средна вредност која е добиена кај моделот II, средните вредности на моделите I, III, IV и S/I се помали за 37,87 %, 42,91 %, 9,94 % и 51,48 % соодветно.

Најмалата средна вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во второто мерно место на лабораториските модели која е

добиена кај моделот III е поголема во однос на онаа на споредбениот модел S/I за 17,65 %.

Средните вредности на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во второто мерно место, како што е случај и при испитувањето на ова својство во првото мерно место, кај моделите I и III се помали во однос на оние кај моделите II и IV, и тоа за 31,01 до 42,92 %.

Средната вредност на моделот III во однос на онаа на моделот I е помала за 8,11 %, додека средната вредност на моделот IV во однос на онаа на моделот II е помала за 9,94 %.

Модул на еластичност во третото мерно место

Табела 26. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во третото мерно место

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	7176,39	7852,67	7546,76	7546,76 $\pm$ 150,28	336,04 $\pm$ 106,27	4,45 $\pm$ 1,41	1,99
II	5	8912,53	10005,13	9536,04	9536,04 $\pm$ 187,25	418,69 $\pm$ 132,40	4,39 $\pm$ 1,39	1,96
III	5	6150,38	7189,46	6720,53	6720,53 $\pm$ 186,17	416,28 $\pm$ 131,64	6,19 $\pm$ 1,96	2,77
IV	5	9684,51	11170,69	10414,86	10414,86 $\pm$ 298,38	667,19 $\pm$ 210,98	6,41 $\pm$ 2,03	2,86
S/I	12	4795,10	6659,02	5778,77	5778,77 $\pm$ 156,62	542,54 $\pm$ 110,75	9,39 $\pm$ 1,92	2,71

Слика 59. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во третото мерно место

Резултатите од испитувањето на модулот на еластичност на фурнирските плочи паралелно на должината на плочата во третото мерно место, односно при оптоварување со сила околу 30 % од максималната сила на кршење, се прикажани во табелата 26.

Најголемата вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во третото мерно место е добиена кај моделот IV, додека најмалата кај споредбениот модел S/I (табела 26).

Споредбената анализата на овие резултати покажува дека во однос на најголемата средна вредност која е добиена кај моделот IV, средните вредности на моделите I, II, III и S/I се помали за 27,54%, 8,44 %, 35,47 % и 44,51 % соодветно.

Најмалата средна вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во третото мерно место на лабораториските модели која е добиена кај моделот III е поголема во однос на онаа на споредбениот модел S/I за 16,30 %. Оваа разлика е многу слична на истата која се јавува при испитувањето во првото и второто мерно место (16,48 % и 17,65 %).

Средните вредности на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во третото мерно место, како што е случај и при испитувањето на ова својство во првото и второто мерно место, кај моделите I и III се помали во однос на оние кај моделите II и IV за 20,86 до 35,47 %.

Средната вредност на ова својство кај моделот III однос на онаа на моделот I е помала за 10,95 %.

Во третото мерно место, средната вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата на моделот IV е поголема во однос на онаа на моделот II за 9,21 %.

Модул на еластичности во четвртото мерно место

Вредностите од статистичката обработка на резултатите од испитувањето на модулот на еластичност на фурнирските плочи паралелно на должината на плочата во четвртото мерно место, односно при оптоварување со сила околу 40 % од максималната сила на кршење, се прикажани во табелата 27.

Табела 27. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во четвртото мерно место

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	6859,70	7664,15	7327,39	7327,39 $\pm$ 164,51	367,85 $\pm$ 116,33	5,02 $\pm$ 1,59	2,25
II	5	9311,13	10833,48	10339,29	10339,29 $\pm$ 281,28	628,97 $\pm$ 198,90	6,08 $\pm$ 1,92	2,72
III	5	6129,13	6864,85	6428,95	6428,95 $\pm$ 154,22	344,84 $\pm$ 109,05	5,36 $\pm$ 1,70	2,40
IV	5	9226,02	10736,63	10229,59	10229,59 $\pm$ 270,36	604,53 $\pm$ 191,17	5,91 $\pm$ 1,87	2,64
S/I	12	5252,97	6954,79	5948,74	5948,74 $\pm$ 161,42	559,17 $\pm$ 114,14	9,40 $\pm$ 1,92	2,71

Слика 60. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи во четвртото мерно место

Најголемата вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во четвртото мерно место е добиена кај моделот IV, додека пак најмалата, кај споредбениот модел S/I (табела 27). Сепак средната вредност на ова својство кај моделот IV е помала во однос на таа кај моделот II.

Споредбената анализата на резултатите прикажани во табелата 27, покажува дека во однос на најголемата средна вредност која е добиена кај моделот II, средните вредности на моделите I, III, IV и S/I се помали за 29,13 %, 37,82 %, 1,06 % и 42,46 % соодветно.

Најмалата средна вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во четвртото мерно место на лабораториските модели која е добиена кај моделот III е поголема во однос на онаа на споредбениот модел

S/I за 8,07 %. Оваа разлика е помала во однос на истата која се јавува при испитувањето во претходните мерни места.

Средните вредности на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата во четвртото мерно место, како и при испитувањето на ова својство во претходните мерни места, кај моделите I и III се помали во однос на оние кај моделите II и IV за 28,37 до 37,82 %.

Средната вредност на ова својство кај моделот III однос на онаа на моделот I е помала за 12,26 %, додека пак средната вредност на моделот IV е поголема во однос на онаа на моделот II за 1,06 %.

Модул на еластичност при кршење

Табела 28. Статистички вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи при кршење

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	6102,86	6675,17	6441,11	6441,11 $\pm$ 95,30	213,10 $\pm$ 67,39	3,31 $\pm$ 1,05	1,48
II	5	7034,51	7559,76	7275,55	7275,55 $\pm$ 94,85	212,08 $\pm$ 67,07	2,91 $\pm$ 0,92	1,30
III	5	4478,79	5805,99	5048,83	5048,83 $\pm$ 219,52	490,85 $\pm$ 155,22	9,72 $\pm$ 3,07	4,35
IV	5	6603,73	7820,99	7264,34	7264,34 $\pm$ 238,33	532,91 $\pm$ 168,52	7,34 $\pm$ 2,32	3,28
S/I	12	2745,09	5618,04	3890,03	3890,03 $\pm$ 237,46	822,60 $\pm$ 167,91	21,15 $\pm$ 4,51	6,10

Слика 61. Хистограмски приказ на модулот на еластичност паралелно на должината на фурнирските плочи при кршење

Вредностите од статистичката обработка на резултатите од испитувањето на модулот на еластичност на фурнирските плочи паралелно на должината на плочата при кршење, односно при максимално оптоварување, се прикажани во табелата 28.

Најголемата вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата при кршење е добиена кај моделот IV, додека пак најмалата, кај споредбениот модел S/I (табела 28). Сепак средната вредност на ова својство кај моделот IV е помала во однос на таа кај моделот II.

Споредбената анализа на резултатите прикажани во табелата 28, покажува дека најголемата средна вредност која е добиена кај моделот II во однос на средните вредности на моделите I, III, IV и S/I е поголема за 12,95 %, 44,10 %, 0,15 % и 87,03 % соодветно.

Најмалата средна вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата при кршење кај лабораториските модели која е добиена кај моделот III е поголема во однос на онаа на споредбениот модел S/I за 29,79 %.

Средните вредности на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата при кршење, како и при испитувањето на ова својство во претходните мерни места, кај моделите II и IV се поголеми во однос на оние кај моделите I и III, и тоа за 12,78 до 44,10 %.

Средната вредност на ова својство кај моделот I во однос на онаа на моделот III е поголема за 27,58 %, додека пак средната вредност на моделот II е поголема во однос на онаа на моделот IV за 0,15 %.

Промена на модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата со промена на оптоварувањето

Со цел да се проследи промената на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата од првото до последното мерно место, односно при оптоварување од 10 до 40 % од максималната сила на кршење, како и модулот на еластичност при кршење, изработена е табела со средните вредности на модулот на еластичност од првото до последното мерно место во која се опфатени сите модели на фурнирски плочи. Промените на модулот на еластичност се прикажани и графички, при што се опфатени вредностите на модулот на

еластичност при оптоварување од 10 до 40 % од максималната сила на кршење (слики 62 и 63).

Табела 29. Средни вредности на модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на фурнирските плочи по мерни места за сите модели

Модел	Број на пробни тела	Модул на еластичност по мерни места				
		1 $X_{sr} [N/mm^2]$	2 $X_{sr} [N/mm^2]$	3 $X_{sr} [N/mm^2]$	4 $X_{sr} [N/mm^2]$	5 $X_{sr} [N/mm^2]$
I	5	6380,65	6669,24	7546,76	7327,39	6441,11
II	5	8416,20	10734,50	9536,04	10339,29	7275,55
III	5	5685,31	6128,13	6720,53	6428,95	5048,83
IV	5	8208,14	9667,01	10414,86	10229,59	7264,34
S/I	12	4881,06	5208,56	5778,77	5948,74	3890,03

Од прикажаната табела 29 и графициите на сликите 62 и 63, може да се забележи дека најголемите средни вредности на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата кај моделите I, III и IV се јавуваат во третото мерно место, односно при оптоварување од околу 30% од максималната сила која предизвикува кршење. Кај моделот II најголемата средна вредност се јавува во второто мерно место, т.е. при оптоварување од приближно 20 %, додека пак кај споредбениот модел S/I, најголема вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата се јавува при оптоварување од околу 40% од максималната сила на кршење.

Во границите од 10 до 40 % оптоварување од максималната сила, кај сите модели, средната вредност на модулот на еластичност е најмала при оптоварување од 10 %.

Со зголемување на оптоварувањето во граници од 10 до 30 %, кај сите модели со исклучок на моделот II, доаѓа до зголемување на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата.

Со понатамошно зголемување на оптоварувањето до 40 %, кај сите лабораториски модели со исклучок на моделот II, вредноста на модулот на еластичност опаѓа, но таа е повисока во однос на вредностите на модулот на еластичност при оптоварување од 10 и 20 % од максималната сила на кршење.

Со зголемување на оптоварувањето од 10 на 20 %, модулот на еластичност кај моделот I се зголемува за 4,52 %, кај моделот II за 27,55 %, кај моделот III за 7,79 %, кај моделот IV за 17,77 % и кај споредбениот модел S/I за 6,71 %.

Со зголемување на оптоварувањето од 20 на 30 %, модулот на еластичност паралелно на должината на плочата се зголемува за 13,16 % кај моделот I, 9,67 % кај моделот III, 7,74 % кај моделот IV и 10,95 % кај споредбениот модел S/I. При оваа промена на оптоварувањето, вредноста на модулот на еластичност на моделот II се намалува за 11,16 %.

Со понатамошно зголемување на оптоварувањето од 30 на 40 %, кај моделите I, III и IV доаѓа до намалување на вредноста на модулот на еластичност за 2,91 %, 4,34 % и 1,78 % соодветно. Кај моделите II и S/I доаѓа пак до зголемување на вредноста за 8,42 и 2,94 % соодветно.

Со исклучок на моделот I, вредностите на модулот на еластичност при кршење кај сите модели се помали од вредностите на модулот при оптоварување од 10 %.

Слика 62. Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за лабораториските модели на фурнирски плочи (модел I, II, III и IV)

Слика 63. Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбениот модел S/I

Со оглед на тоа што модулот на еластичност при свивање се мери на правиот дел од кривата сила-флексija, овој дел од дијаграмот е претставен на сликите 64, 65, 66, 67 и 68, за сите модели поединечно. Од прикажаните дијаграми може да се забележи дека при оптоварување од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, постои линеарна зависност помеѓу силата на свивање и флексijата на плочите. Овој дел од кривата го претставува еластичното подрачје на материјалот.

Слика 64. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот I

Слика 65. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот II

Слика 66. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот III

Слика 67. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот IV

Слика 68. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на фурнирските плочи за моделот S/I

5.2.2.1.2. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата

Модул на еластичност во првото мерно место

Резултатите од испитувањето на модулот на еластичност на фурнирските плочи напречно на должината на плочата во првото мерно место, односно при оптоварување со сила од околу 10 % од максималната сила на кршење, се прикажани во табелата 30. Врз основа на добиените средни вредности изработени се и хистограми (слика 69).

Најголемата вредност на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во првото мерно место е добиена кај моделот III, додека најмалата кај моделот IV (табела 30).

Табела 30. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во првото мерно место

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	5134,96	5870,84	5501,07	5501,07±128,59	287,54±90,93	5,23±1,65	2,34
II	5	5162,39	5611,75	5373,87	5373,87±82,13	183,64±58,07	3,42±1,08	1,53
III	5	6124,15	7873,13	7102,63	7102,63±335,33	749,82±237,11	10,56±3,38	4,72
IV	5	3424,16	3789,08	3603,37	3603,37±76,30	170,62±53,95	4,73±1,50	2,12
S/I	12	3548,81	4740,29	4144,67	4144,67±100,19	347,07±70,85	8,37±1,71	2,42

Слика 69. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во првото мерно место

Споредбената анализа на резултатите прикажани во табелата 30 покажува дека во однос на најголемата средна вредност која е добиена кај моделот III, средните вредности на моделите I, II, IV и S/I се помали за 22,55%, 24,34 %, 49,27% и 41,65 % соодветно.

Споредбениот модел S/I има помала средна вредност на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во првото мерно место во споредба со средните вредности на лабораториските модели, со исклучок на моделот IV, во однос на кој има поголема вредност за 15,02 %.

Иако разликата во вредностите помеѓу моделите I и II е доста мала, може да се забележи дека средните вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во првото мерно место кај моделите I и III се поголеми во однос на оние кај моделите II и IV за 2,37 до 97,11 %. Поголемите вредности на моделите I и III во однос на оние на моделите II и IV се резултат на ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на должината на плочата (должината на пробното тело), како што е образложено и при анализата на резултатите од испитувањето на јакоста на свивање напречно на должината на плочата.

Средната вредност на моделот III во однос на онаа на моделот I е поголема за 29,11 %, додека на моделот II во однос на моделот IV за 49,13 %.

Сите модели на фурнирски плочи ја задоволуваат вредноста од 3000 N/mm^2 дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото.

Модул на еластичност во второто мерно место

Табела 31. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во второто мерно место

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	6049,10	6735,59	6329,61	$6329,61 \pm 128,08$	$286,41 \pm 90,57$	$4,52 \pm 1,43$	2,02
II	5	4918,57	5686,36	5366,50	$5366,50 \pm 125,74$	$281,15 \pm 88,91$	$5,24 \pm 1,66$	2,34
III	5	6968,15	7866,56	7519,99	$7519,99 \pm 157,48$	$352,13 \pm 111,35$	$4,68 \pm 1,48$	2,09
IV	5	2979,82	3420,40	3224,95	$3224,95 \pm 73,39$	$164,10 \pm 51,89$	$5,09 \pm 1,61$	2,28
S/I	12	3640,35	4519,86	4050,66	$4050,66 \pm 71,77$	$248,61 \pm 50,75$	$6,14 \pm 1,25$	1,77

Слика 70. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во второто мерно место

Резултатите од испитувањето на модулот на еластичност на фурнирските плочи напречно на должината на плочата за второто мерно место, односно при оптоварување со сила околу 20 % од максималната сила на кршење, се прикажани во табелата 31.

Најголемата вредност на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во второто мерно место е добиена кај моделот III, додека најмалата

кај моделот IV, што е случај и при испитувањето на ова својство во првото мерно место.

Споредбената анализа на резултатите прикажани во табелата 31 покажува дека во однос на најголемата средна вредност која е добиена кај моделот III, средните вредности на моделите I, II, IV и S/I се помали за 15,83 %, 28,64 %, 57,11 % и 46,13 % соодветно.

Лабораториските модели на плочи со исклучок на моделот IV, имаат повисоки средни вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во второто мерно место во однос на споредбениот модел S/I.

Споредбениот модел S/I има повисока средна вредност на ова својство во однос на моделот IV за 25,60 %.

Средните вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во второто мерно место, како што е случај и при испитувањето на ова својство во првото мерно место, кај моделите I и III се поголеми во однос на оние кај моделите II и IV и тоа за 17,95 до 133,18 %.

Средната вредност на моделот III во однос на онаа на моделот I е поголема за 18,81 %, додека средната вредност на моделот II во однос на онаа на моделот IV е поголема за 66,41 %.

Модул на еластичност во третото мерно место

Резултатите од испитувањето на модулот на еластичност на фурнирските плочи напречно на должината на плочата во третото мерно место, односно при оптоварување со сила од околу 30 % од максималната сила на кршење, се прикажани во табелата 32.

Најголемата вредност на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во третото мерно место е добиена кај моделот III, додека најмалата кај моделот IV, што е случај и при испитувањето на ова својство во првото и второто мерно место.

Споредбената анализа на резултатите прикажани во табелата 32 покажува дека во однос на најголемата средна вредност која е добиена кај моделот III, средните вредности на моделите I, II, IV и S/I се помали за 18,36 %, 24,03 %, 58,26 % и 45,73 % соодветно.

Табела 32. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во третото мерно место

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	6186,40	6810,43	6461,08	6461,08 $\pm$ 114,04	255,01 $\pm$ 80,64	3,95 $\pm$ 1,25	1,77
II	5	5414,20	6402,01	6012,91	6012,91 $\pm$ 162,99	364,46 $\pm$ 115,25	6,06 $\pm$ 1,92	2,71
III	5	7469,54	8534,44	7914,55	7914,55 $\pm$ 232,35	519,54 $\pm$ 164,29	6,56 $\pm$ 2,08	2,94
IV	5	3117,47	3525,64	3303,72	3303,72 $\pm$ 72,68	162,51 $\pm$ 51,39	4,92 $\pm$ 1,56	2,20
S/I	12	3641,65	5044,25	4295,33	4295,33 $\pm$ 133,17	461,32 $\pm$ 94,17	10,74 $\pm$ 2,22	3,10

Слика 71. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во третото мерно место

Како и во претходните две мерни места, лабораториските модели на плочи со исклучок на моделот IV, имаат повисоки средни вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во третото мерно место во однос на споредбениот модел S/I.

Споредбениот модел S/I има повисока средна вредност на ова својство во однос на моделот IV за 30,01 %.

Средните вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во третото мерно место, како што е случај и при испитувањето на ова својство во првото и второто мерно место, кај моделите I и III се поголеми во однос на оние кај моделите II и IV, и тоа за 7,45 до 139,56 %.

Средната вредност на моделот III во однос на онаа на моделот I е поголема за 22,50 %, додека средната вредност на моделот II во однос на онаа на моделот IV

е поголема за 82,00 %.

Модул на еластичност во четвртото мерно место

Табела 33. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во четвртото мерно место

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	5673,24	6524,51	6175,84	6175,84 $\pm$ 174,83	390,93 $\pm$ 123,62	6,33 $\pm$ 2,00	2,83
II	5	5460,09	6216,35	5771,22	5771,22 $\pm$ 138,00	308,57 $\pm$ 97,58	5,35 $\pm$ 1,69	2,39
III	5	8216,68	9220,91	8758,74	8758,74 $\pm$ 221,73	495,79 $\pm$ 156,78	5,66 $\pm$ 1,79	2,53
IV	5	3543,50	3956,00	3730,85	3730,85 $\pm$ 79,86	178,57 $\pm$ 56,47	4,79 $\pm$ 1,51	2,14
S/I	12	3535,81	6065,03	4531,64	4531,64 $\pm$ 207,00	717,06 $\pm$ 146,37	15,82 $\pm$ 3,31	4,75

Слика 72. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи во четвртото мерно место

Статистичките вредности на добиените резултати од испитувањето на модулот на еластичност на фурнирските плочи напречно на должината на плочата во четвртото мерно место, односно при оптоварување со сила од околу 40 % од максималната сила на кршење, се прикажани во табелата 33.

Најголемата вредност на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во четвртото мерно место е добиена кај моделот III, додека најмалата кај моделот IV, што е случај и при испитувањето на ова својство во претходните три мерни места.

Споредбената анализа на резултатите прикажани во табелата 33 покажува дека во однос на најголемата средна вредност која е добиена кај моделот III, средните вредности на моделите I, II, IV и S/I се помали за 29,49 %, 34,11 %, 57,40 % и 48,26 % соодветно.

Како и во претходните три мерни места, лабораториските модели на плочи со исклучок на моделот IV, имаат повисоки средни вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во четвртото мерно место во однос на споредбениот модел S/I.

Споредбениот модел S/I има повисока средна вредност на ова својство во однос на моделот IV за 21,46 %.

Средните вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во четвртото мерно место, како и при испитувањето на ова својство во претходните три мерни места, кај моделите I и III се поголеми во однос на оние кај моделите II и IV, и тоа за 7,01 до 134,76 %.

Средната вредност на моделот III во однос на онаа на моделот I е поголема за 41,82 %, додека средната вредност на моделот II во однос на онаа на моделот IV е поголема за 54,69 %.

Модул на еластичност при кршење

Резултатите од испитувањето на модулот на еластичност напречно на должината на плочата при кршење се прикажани во табелата 34.

Анализата на овие резултати покажува дека во однос на најголемата средна вредност на ова својство добиена кај моделот III, моделите I, II, IV и S/I имаат помала средна вредност за 4,25 %, 29,29 %, 47,25 % и 15,31 % соодветно.

Како и во претходните мерни места, моделите I и III имаат поголеми средни вредности на модулот на еластичност при кршење во однос на оние на моделите II и IV за 35,40 до 89,56 %.

Во ова мерно место, средната вредност на модулот на еластичност напречно на должината на плочата кај споредбениот модел S/I е поголема во однос на оние на моделите II и IV за 19,76 и 60,53 % соодветно.

Средната вредност на моделот III во однос на онаа на моделот I е поголема за 4,44 %, додека средната вредност на моделот II во однос на онаа на моделот IV

е поголема за 34,05 %.

Табела 34. Статистички вредности за модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи при кршење

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	4433,94	5471,77	5092,14	5092,14 $\pm$ 188,76	422,07 $\pm$ 133,47	8,29 $\pm$ 2,62	3,71
II	4	3488,29	3982,53	3760,69	3760,69 $\pm$ 121,13	242,26 $\pm$ 85,65	6,44 $\pm$ 2,28	3,22
III	5	4956,83	5610,92	5318,18	5318,18 $\pm$ 138,67	310,07 $\pm$ 98,05	5,83 $\pm$ 1,84	2,61
IV	5	2513,67	2988,28	2805,49	2805,49 $\pm$ 92,91	207,75 $\pm$ 65,70	7,41 $\pm$ 2,34	3,31
S/I	12	4043,62	5065,24	4503,81	4503,81 $\pm$ 90,52	313,57 $\pm$ 64,01	6,96 $\pm$ 1,42	2,01

Слика 73. Хистограмски приказ на модулот на еластичност напречно на должината на фурнирските плочи при кршење

Промена на модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата при промена на оптоварувањето

Промената на средните вредности на модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата при промена на оптоварувањето од 10 до 40 % од максималната сила на кршење, како и при оптоварување кое предизвикува кршење, може да се проследи преку табелата 35. Промените на модулот на еластичност се прикажани и графички, при што се опфатени вредностите на модулот на еластичност при оптоварување од 10 до 40 % од максималната сила на кршење (слика 74 и 75).

Табела 35. Средни вредности на модулот на еластичност при свивање напречно на должината на фурнирските плочи по мерни места за сите модели

Модел	Број на пробни тела	Модул на еластичност по мерни места				
		1 X_{sr} [N/mm ²]	2 X_{sr} [N/mm ²]	3 X_{sr} [N/mm ²]	4 X_{sr} [N/mm ²]	5 X_{sr} [N/mm ²]
I	5	5501,07	6329,61	6461,08	6175,84	5092,14
II	5	5373,87	5366,50	6012,91	5771,22	3760,69
III	5	7102,63	7519,99	7914,55	8758,74	5318,18
IV	5	3603,37	3224,95	3303,72	3730,85	2805,49
S/I	12	4144,67	4050,66	4295,33	4531,64	4503,81

Најголемите средни вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата кај моделите I и II се јавуваат во третото мерно место, односно при оптоварување од околу 30% од максималната сила која предизвикува кршење, додека кај моделите III, IV и S/I во четвртото мерно место, т.е. при оптоварување од приближно 40 % од максималната сила на кршење.

Слика 74. Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за лабораториските модели на фурнирски плочи (моделите I, II, III и IV)

Слика 75. Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбениот модел S/I

Со зголемување на оптиоварувањето во граници од 10 до 30 %, кај моделите I и III, доаѓа до зголемување на модулот на еластичност напречно на должината на плочата. Кај моделите II, IV и S/I, при оптиоварување од 20 % доаѓа до опаѓање на вредноста на модулот на еластичност, но со зголемување на оптиоварувањето на 30 %, вредноста на модулот на еластичност се зголемува.

Лабораториските модели имаат најмали вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата при максималното оптиоварување кое предизвикува кршење. Ова не е случај кај споредбениот модел S/I, кај кој најмалата вредност се јавува при оптиоварување од приближно 20 % од максималната сила на кршење. Модулот на еластичност при кршење кај овој модел е поголем во однос на модулот на еластичност при оптиоварување од приближно 10, 20 и 30 % од максималната сила на кршење.

Со оглед на тоа што модулот на еластичност при свивање се мери на правиот дел од кривата сила-флексија, овој дел од дијаграмот е претставен на сликите 76 и 77, за сите модели поединечно. Од прикажаните дијаграми може да се забележи дека при оптиоварување од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, постои линеарна зависност помеѓу силата на свивање и флексијата на плочите. Овој дел од кривата го претставува еластичното подрачје на материјалот.

Слика 76. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на лабораториските модели (I, II, III и IV)

Слика 77. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи (S/I)

5.2.2.2. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свивање на споредбените модели на MDF и OSB плочи

Резултатите од испитувањето на модулот на еластичност при свивање на споредбените модели на MDF и OSB плочи се прикажани во табели во кои се опфатени сите мерни места (при оптоварување од 10 до 40 % од максималната сила на кршење и максимално оптоварување кое предизвикува кршење).

Врз основа на средните вредности на ова својство изработени се графици преку кои може да се проследи промената на модулот на еластичност со промена на оптоварувањето.

5.2.2.2.1. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата

Резултатите од испитувањето на модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата кај споредбените модели на MDF и OSB се прикажани во табелите 36 и 37, при што се опфатени сите мерни места (при оптоварување од 10 до 40 % од максималната сила на кршење и максимално оптоварување кое предизвикува кршење).

Врз основа на средните вредности на ова својство се изработени графици преку кои може да се проследи промената на модулот на еластичност со промена

на оптоварувањето во граници од 10 до 40 % од максималното, кое предизвикува кршење (слика 78 и 79).

Табела 36. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/II	1 (10 %)	12	3089,83	3646,91	3448,54	3448,54 $\pm$ 43,13	149,40 $\pm$ 30,50	4,33 $\pm$ 0,88	1,25
	2 (20 %)	12	2849,10	3944,90	3202,92	3202,92 $\pm$ 82,94	287,30 $\pm$ 58,65	8,97 $\pm$ 1,83	2,59
	3 (30 %)	12	2516,43	3606,41	3056,13	3056,13 $\pm$ 86,12	298,33 $\pm$ 60,90	9,76 $\pm$ 1,99	2,82
	4 (40 %)	12	2952,12	4602,56	3479,23	3479,23 $\pm$ 139,99	484,95 $\pm$ 98,99	13,94 $\pm$ 2,90	4,02
	5 (кршење)	12	2602,77	3027,51	2798,20	2798,20 $\pm$ 35,87	124,26 $\pm$ 25,37	4,44 $\pm$ 0,91	1,28

Табела 37. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/III	1 (10 %)	10	2709,18	3850,63	3215,38	3215,38 $\pm$ 130,18	411,66 $\pm$ 92,05	12,80 $\pm$ 2,91	4,05
	2 (20 %)	10	1622,10	2803,95	2276,33	2276,33 $\pm$ 105,72	334,33 $\pm$ 74,76	14,69 $\pm$ 3,35	4,64
	3 (30 %)	10	2012,37	3002,84	2517,89	2517,89 $\pm$ 116,57	368,61 $\pm$ 82,42	14,64 $\pm$ 3,34	4,63
	4 (40 %)	10	2387,08	3816,27	2974,81	2974,81 $\pm$ 121,32	383,65 $\pm$ 85,79	12,90 $\pm$ 2,93	4,08
	5 (кршење)	10	2152,26	3248,35	2680,69	2680,69 $\pm$ 126,03	398,54 $\pm$ 89,12	14,87 $\pm$ 3,40	4,70

Анализата на резултатите прикажани во табелите 36 и 37 покажува дека во сите мерни места средната вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата кај споредбениот модел S/II (плочи од дрвни влакна со средна густина-MDF) е поголем во однос на онаа на споредбениот модел S/III (плочи со ориентирани иверки-OSB).

Во првото мерно место средната вредност на модулот на еластичност на моделот S/II е поголема во однос на онаа на моделот S/III за 7,25 %, во второто за 40,70 %, во третото за 21,38 %, во четвртото за 16,96 % и во последното мерно место за 4,38 %.

Овие споредбени модели имаат пониска вредност на модулот на еластичност во сите мерни места во споредба со моделите на фурнирските плочи.

Споредбената анализа на вредностите на ова својство на лабораториските модели на фурнирски плочи (табела 24) и споредбените модели на MDF и OSB плочи (табели 36 и 37) покажува дека лабораториските модели на фурнирски

плочи во првото мерно место имаат поголема средна вредност на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата за најмалку 64,86 % во споредба со моделот S/II, додека во однос на моделот S/III имаат поголема вредност за најмалку 76,82 %.

При оптоварување од приближно 20 % од максималното, средната вредност на модулот на еластичност кај лабораториските модели е поголема за најмалку 91,33 % во однос на споредбениот модел S/II и за 169,21 % во однос на моделот S/III.

Сличен сооднос на вредностите се јавува и при оптоварување од 30 % од максималното, при што средната вредност на модулот на еластичност кај лабораториските модели е поголема за најмалку 120 % во однос на моделот S/II и 167 % во однос на моделот S/III.

Во четвртото мерно место, средната вредност на модулот на еластичност на лабораториските модели е поголема за најмалку 74,78 % во однос на онаа на моделот S/II и 116,11 % во однос на моделот S/III.

При максималното оптоварување на свивање паралелно на должината на плочата кое предизвикува кршење, средната вредност на модулот на еластичност на лабораториските модели е поголема во однос на онаа на моделите S/II и S/III за најмалку 80,43 и 88,34 % соодветно.

Промената на модулот на еластичност паралелно на должината на плочата на моделите S/II и S/III при промена на оптоварувањето може да се проследи на графицие прикажани на сликите 78 и 79.

При оптоварување на свивање во граници од 10 до 40 % од максималното, модулот на еластичност на моделот S/II има најголема вредност во четвртото мерно место, т.е. при оптоварување од приближно 40 %, а најмала при оптоварување од 30 %. Со зголемување на оптоварувањето од 10 до 30 %, модулот на еластичност се намалува, а со понатамошно зголемување на оптоварувањето до 40 %, вредноста на ова својство се зголемува. Вредноста на модулот на еластичност при максималното оптоварување кое предизвикува кршење е најмала вредност на ова својство.

Кај моделот S/III, вредноста на модулот на еластичност при кршење е поголема во однос на онаа при оптоварување од 20 и 30 % од максималното. Најголема вредност на модулот на еластичност кај овој модел се јавува во првото

мерно место, односно при оптоварување од 10 %. Со зголемување на оптоварувањето на 20 % од максималното, модулот на еластичност се намалува до најмала вредност, а со понатамошно зголемување на оптоварувањето на 30 и 40 %, модулот на еластичност се зголемува.

Слика 78. Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбениот модел на MDF плочи-S/II

Слика 79. Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбениот модел на OSB плочи-S/III

Правиот дел од дијаграмот сила-флексија на кој се мери модулот на еластичност е претставен на сликите 80 и 81, за двата споредбени модели поединечно. При оптоварување од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, постои линеарна зависност помеѓу силата на свивање и флексијата на плочите. Овој дел од кривата го претставува еластичното подрачје на материјалот.

Слика 80. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата за модел S/II

Слика 81. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата за модел S/III

5.2.2.2.2. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност најпречено на должината на плочата

Табела 38. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање најпречено на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/II	1 (10 %)	12	2990,18	3713,81	3335,11	3335,11±57,51	199,23±40,67	5,97±1,22	1,72
	2 (20 %)	12	2787,59	3561,99	3127,02	3127,02±74,69	258,74±52,82	8,27±1,69	2,39
	3 (30 %)	12	2662,97	4133,15	3269,86	3269,86±124,97	432,91±88,37	13,24±2,75	3,82
	4 (40 %)	12	3069,03	4517,95	3799,33	3799,33±125,25	433,88±88,56	11,42±2,36	3,30
	5 (кршење)	12	2510,87	2947,95	2761,12	2761,12±42,08	145,78±29,76	5,28±1,08	1,52

Табела 39. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/III	1 (10 %)	10	1361,02	2510,75	2045,50	2045,50 $\pm$ 97,79	338,75 $\pm$ 69,15	16,56 $\pm$ 3,47	4,78
	2 (20 %)	10	1448,93	2129,98	1719,13	1719,13 $\pm$ 77,84	269,65 $\pm$ 55,04	15,69 $\pm$ 3,28	4,53
	3 (30 %)	10	1128,81	2028,62	1637,68	1637,68 $\pm$ 72,58	251,44 $\pm$ 51,32	15,35 $\pm$ 3,21	4,43
	4 (40 %)	10	809,95	1474,01	1236,43	1236,43 $\pm$ 59,74	206,95 $\pm$ 42,24	16,74 $\pm$ 3,51	4,83
	5 (кршење)	10	1290,73	1797,59	1468,93	1468,93 $\pm$ 46,81	162,16 $\pm$ 33,10	11,04 $\pm$ 2,28	3,19

Анализата на резултатите прикажани во табелите 38 и 39 покажува дека во сите мерни места средната вредност на модулот на еластичност напречно на должината на плочата кај споредбениот модел на плочи од дрвни влакна со средна густина (MDF) е поголем во однос на онаа на споредбениот модел на плочи со ориентирани иверки (OSB).

Во првото мерно место средната вредност на модулот на еластичност на моделот S/II е поголема во однос на онаа на моделот S/III за 63,05 %, во второто за 81,90 %, во третото за 99,66 %, во четвртото за 207,28 % и во последното мерно место за 87,97 %.

Овие споредбени модели имаат пониска вредност на модулот на еластичност во сите мерни места во споредба со сите модели на фурнирски плочи со исклучок на моделот IV (табела 38, 39 и 35).

Од првото до третото мерно место моделот IV има незначително повисока вредност на модулот на еластичност напречно на должината на плочата во однос на моделот S/II, додека во четвртото мерно место неговата вредност е помала во однос на онаа на моделот S/II за 1,8 %. Останатите три лабораториски модели во првото мерно место имаат поголема средна вредност на ова својство во однос на моделот S/II за најмалку 65 %.

Во однос на моделот S/III, во првото мерно место сите лабораториски модели имаат повисока вредност на модулот на еластичност за најмалку 76,16 %.

При опотварување од приближно 20 % од максималното, средната вредност на модулот на еластичност кај лабораториските модели (од I до III) е поголема за најмалку 71,62 % во однос на споредбениот модел S/II. Во однос на моделот S/III сите лабораториски модели имаат повисока вредност на модулот на еластичност за најмалку 51,38 %.

Во третото мерно место вредноста на модулот на еластичност на моделите

I, II и III е приближно 2 до 2,5 пати поголема од онаа на споредбениот модел S/II.

Во истото мерно место, лабораториските модели (од I до IV) имаат поголема вредност на ова својство за приближно 2 до 5 пати во однос на споредбениот модел S/III.

При оптоварување од 40 % (четврто мерно место) модулот на еластичност на моделите I, II и III во однос на моделот S/II е поголем за најмалку 51,90 %.

Во однос на моделот S/III, сите четири лабораториски модели имаат повисока вредност на ова својство за најмалку 201,73 %.

При максималното оптоварување на свивање напречно на должината на плочата кое предизвикува кршење, средната вредност на модулот на еластичност на лабораториските модели I, II и III е поголема во однос на онаа на моделот S/II за најмалку 38,46 %. Во однос на моделот S/III, сите четири лабораториски модели имаат повисока вредност на ова својство за најмалку 91 %.

Промената на модулот на еластичност напречно на должината на плочата на моделите S/II и S/III при промена на оптоварувањето во граници од 10 до 40 % од максималното оптоварување кое предизвикува кршење може да се проследи на графициите прикажани на сликата 82.

При оптоварување на свивање во граници од 10 до 40 % од максималното, модулот на еластичност на моделот S/II има најголема вредност во четвртото мерно место, т.е. при оптоварување од приближно 40 %, а најмала при оптоварување од 20 %. Вредноста на модулот на еластичност при максималното оптоварување кое предизвикува кршење е помала за 11,70 % во однос на онаа при оптоварување од 20 %.

Кај моделот S/III, вредноста на модулот на еластичност при кршење е поголема за 18,80 % во однос на онаа при оптоварување од 40 % од максималното, која воедно е и најмала вредност на ова својство за наведениот модел. Најголема вредност на модулот на еластичност кај овој модел се јавува во првото мерно место, односно при оптоварување од 10 %. Со понатамошно зголемување на оптоварувањето до 40 % од максималното, модулот на еластичност се намалува.

Слика 82. Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбените модели на MDF и OSB плочи

Правиот дел од дијаграмот сила-флексија на кој се мери модулот на еластичност при свивање е прикажан на сликите 83 и 84 за двата модела на плочи. При оптоварување од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, постои линеарна зависност помеѓу силата на свивање и флексијата на плочата. Овој дел од дијаграмот го претставува еластичното подрачје на материјалот.

Слика 83. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на плочата за модел S/II

Слика 84. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање напречно на должината на плочата за модел S/III

5.2.2.2.3. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност при свивање под агол од 22,5° во однос на должината на плочата

Табела 40. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 22,5° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/II	1 (10 %)	12	3139,04	4127,50	3429,15	3429,15±85,50	296,18±60,46	8,64±1,76	2,49
	2 (20 %)	12	2682,21	3535,86	3167,70	3167,70±64,04	221,85±45,28	7,00±1,43	2,02
	3 (30 %)	12	2789,92	3978,88	3184,08	3184,08±101,00	349,87±71,42	10,99±2,27	3,17
	4 (40 %)	12	2887,31	4128,06	3474,67	3474,67±115,32	399,47±81,54	11,50±2,38	3,32
	5 (кршење)	12	2598,49	3221,95	2907,51	2907,51±53,14	184,09±37,58	6,33±1,29	1,83

Табела 41. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 22,5° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/III	1 (10 %)	11	1979,52	3699,34	2951,81	2951,81±147,28	488,46±104,14	16,55±3,62	4,99
	2 (20 %)	11	1816,79	2344,83	2004,21	2004,21±54,74	181,54±38,70	9,06±1,93	2,73
	3 (30 %)	11	1899,76	2878,70	2343,86	2343,86±92,74	307,60±65,58	13,12±2,85	3,96
	4 (40 %)	11	2011,56	3149,13	2735,60	2735,60±125,42	415,96±88,68	15,21±3,32	4,58
	5 (кршење)	11	1874,28	2982,17	2415,27	2415,27±95,93	318,17±67,84	13,17±2,86	3,97

Анализата на резултатите прикажани во табелите 41 и 42 покажува дека во сите мерни места средната вредност на модулот на еластичност под агол од 22,5° во однос на должината на плочата кај споредбениот модел на плочи S/II

(MDF) е поголем во однос на онаа на споредбениот модел S/III (OSB).

Средната вредност на модулот на еластичност на моделот S/II во првото мерно место е поголема во однос на онаа на моделот S/III за 16,17 %, во второто за 58,05 %, во третото за 35,85 %, во четвртото за 27,02 % и во последното мерно место (при максимално оптоварување) за 20,38 %.

Промената на модулот на еластичност под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочите кај моделите S/II и S/III при промена на оптоварувањето во граници од 10 до 40 % од максималното оптоварување кое предизвикува кршење може да се проследи на граfiците прикажани на сликата 85.

Најголема средна вредност на модулот на еластичност кај моделот S/II се јавува во четвртото мерно место (оптоварување од 40 % од максималното) и во однос на неа средната вредност на ова својство при оптоварување од 10, 20 и 30 % е помала за 1,31 %, 8,83 % и 8,36 % соодветно. Во однос на модулот на еластичност при кршење, најголемата средна вредност на ова својство е поголема за 19,51 %.

Кај моделот S/III најголема средна вредност на модулот на еластичност се јавува во првото мерно место, т.е при оптоварување од 10 % од максималното и во однос на неа средната вредност на ова својство при оптоварување од 20, 30 и 40 % е помала за 32,10 %, 20,60 % и 7,32 % соодветно. Во однос на модулот на еластичност при кршење, најголемата средна вредност на ова својство е поголема за 22,21 %.

Слика 85. Модул на еластичност при свивање под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбените модели на MDF и OSB плочи

Правиот дел од дијаграмот сила-флексija на кој се мери модулот на еластичност при свивање е прикажан на сликата 86 за двата модела на плочи. При оптоварување од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, постои линеарна зависност помеѓу силата на свивање и флексijата на плочата. Овој дел од дијаграмот го претставува еластичното подрачје на материјалот.

Слика 86. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање под агол од 22,5° во однос на должината на плочата

5.2.2.2.4. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност под агол од 45° во однос на должината на плочата

Анализата на резултатите прикажани во табелите 42 и 43 покажува дека во сите мерни места средната вредност на модулот на еластичност под агол од 45° во однос на должината на плочата кај споредбениот модел на плочи S/II (MDF) е поголем во однос на онаа на споредбениот модел S/III (OSB).

Средната вредност на модулот на еластичност на моделот S/II во првото мерно место е поголема во однос на онаа на моделот S/III за 29,53 %, во второто за 45,51 %, во третото за 60,61 %, во четвртото за 53,09 % и во последното мерно место (при максимално оптоварување) за 31,01 %.

Промената на модулот на еластичност под агол од 45° во однос на должината на плочите кај моделите S/II и S/III при промена на оптоварувањето може да се проследи на графицие прикажани на сликата 87.

Најголемата средна вредност на модулот на еластичност кај моделот S/II се јавува во првото мерно место (оптоварување од 10 % од максималното) и во однос на неа средната вредност на ова својство при оптоварување од 20, 30, 40 % и максималното оптоварување е помала за 15,18 %, 14,08 %, 5,33 % и 21,17 % соодветно.

Кај моделот S/III најголемата средна вредност на модулот на еластичност исто така се јавува во првото мерно место и во однос на неа средната вредност на ова својство при оптоварување од 20, 30 и 40 % како и максималното оптоварување е помала за 24,50 %, 30,70 %, 19,90 % и 22,06 % соодветно.

Табела 42. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/II	1 (10 %)	12	3249,24	4051,23	3525,26	3525,26 $\pm$ 72,77	252,09 $\pm$ 51,46	7,15 $\pm$ 1,46	2,06
	2 (20 %)	12	2586,55	3286,89	2989,95	2989,95 $\pm$ 69,91	242,19 $\pm$ 49,44	8,10 $\pm$ 1,65	2,34
	3 (30 %)	12	2784,87	3266,76	3029,04	3029,04 $\pm$ 43,54	150,82 $\pm$ 30,79	4,98 $\pm$ 1,02	1,44
	4 (40 %)	12	2803,71	3995,66	3337,49	3337,49 $\pm$ 99,86	345,94 $\pm$ 70,61	10,37 $\pm$ 2,14	2,99
	5 (кршење)	12	2534,38	3257,59	2778,96	2778,96 $\pm$ 58,71	203,39 $\pm$ 41,52	7,32 $\pm$ 1,49	2,11

Табела 43. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/III	1 (10 %)	11	2239,35	3156,56	2721,65	2721,65 $\pm$ 107,53	356,62 $\pm$ 2,84	13,10 $\pm$ 2,84	3,95
	2 (20 %)	11	1637,92	2381,41	2054,83	2054,83 $\pm$ 84,15	279,11 $\pm$ 59,51	13,58 $\pm$ 2,95	4,10
	3 (30 %)	11	1564,23	2258,78	1885,99	1885,99 $\pm$ 69,04	228,99 $\pm$ 48,82	12,14 $\pm$ 2,63	3,66
	4 (40 %)	11	1710,07	2743,44	2180,04	2180,04 $\pm$ 105,92	351,30 $\pm$ 74,90	16,11 $\pm$ 3,52	4,86
	5 (кршење)	11	1902,52	2602,02	2121,12	2121,12 $\pm$ 75,65	250,91 $\pm$ 53,49	11,83 $\pm$ 2,56	3,57

Слика 87. Модул на еластичност при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбените модели на MDF и OSB плочи

Правиот дел од дијаграмот сила-флексија на кој се мери модулот на еластичност при свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата е прикажан на сликите 88 и 89, поединечно за двата модела на плочи. При оптоварување од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, постои линеарна зависност помеѓу силата на свивање и флексијата на плочата. Овој дел од дијаграмот го претставува еластичното подрачје на материјалот.

Слика 88. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата за моделот S/II

Слика 89. Прав дел од дијаграмот сила-флексija при испитување на јакоста на свивање под агол од 45° во однос на должината на плочата за моделот S/III

5.2.2.2.5. Резултати од испитувањето на модулот на еластичност под агол од 67,5° во однос на должината на плочата

Табела 44. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 67,5° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на MDF плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	X_{min} [N/mm ²]	X_{max} [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/II	1 (10 %)	12	3229,27	4024,48	3482,96	3482,96±78,01	270,23±55,16	7,76±1,58	2,24
	2 (20 %)	12	2764,72	3398,94	3029,49	3029,49±57,42	198,92±40,60	6,57±1,34	1,90
	3 (30 %)	12	2594,23	3572,71	3203,73	3203,73±91,60	317,30±64,77	9,90±2,02	2,86
	4 (40 %)	12	2804,90	4062,40	3567,13	3567,13±102,89	356,42±72,75	9,99±2,04	2,88
	5 (кршење)	12	2733,06	3035,12	2881,11	2881,11±28,30	98,03±20,01	3,40±0,69	0,98

Табела 45. Статистички вредности за модулот на еластичност при свивање под агол од 67,5° во однос на должината на плочата во сите мерни места за споредбениот модел на OSB плочи

Модел	Мерно место	Број на проб. тела	X_{min} [N/mm ²]	X_{max} [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/III	1 (10 %)	11	1786,23	2605,56	2140,69	2140,69±80,10	277,47±56,64	12,96±2,69	3,74
	2 (20 %)	11	1336,16	1773,45	1533,14	1533,14±42,23	146,30±29,86	9,54±1,95	2,75
	3 (30 %)	11	1523,06	2472,35	2026,31	2026,31±96,69	334,95±68,37	16,53±3,47	4,77
	4 (40 %)	11	1510,60	2484,84	1991,32	1991,32±83,02	287,60±58,71	14,44±3,01	4,17
	5 (кршење)	11	1376,65	2039,95	1710,08	1710,08±70,60	244,56±49,92	14,30±2,98	4,13

Анализата на резултатите прикажани во табелите 44 и 45 покажува дека во сите мерни места средната вредност на модулот на еластичност под агол од

67,5° во однос на должината на плочата кај споредбениот модел на плочи S/II е поголем во однос на онаа на споредбениот модел S/III.

Средната вредност на модулот на еластичност на моделот S/II во првото мерно место е поголема во однос на онаа на моделот S/III за 62,70 %, во второто за 97,60 %, во третото за 58,10 %, во четвртото за 79,13 % и во последното мерно место (при максимално оптоварување) за 68,48 %.

Промената на модулот на еластичност под агол од 67,5° во однос на должината на плочите кај моделите S/II и S/III при промена на оптоварувањето во граници од 10 до 40 % може да се проследи на графицие прикажани на сликата 90.

Најголемата средна вредност на модулот на еластичност кај моделот S/II се јавува во четвртото мерно место (оптоварување од 10 % од максималното) и во однос на неа средната вредност на ова својство при оптоварување од 10, 20, 30 % и при максималното оптоварување е помала за 2,36 %, 15,07 %, 10,19 % и 19,23 % соодветно.

Кај моделот S/III најголемата средна вредност на модулот на еластичност се јавува во првото мерно место и во однос на неа средната вредност на ова својство при оптоварување од 20, 30, 40 % и при максималното оптоварување е помала за 28,38 %, 5,34 %, 6,98 % и 20,11 % соодветно.

Слика 90. Модул на еластичност при свивање под агол од 67,5° во однос на должината на плочата од прво до четврто мерно место за споредбените модели на MDF и OSB плочи

Правиот дел од дијаграмот сила-флексија на кој се мери модулот на еластичност при свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата е прикажан на сликите 91 и 92, поединечно за двата модела на плочи. При оптоварување од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, постои линеарна зависност помеѓу силата на свивање и флексијата на плочата. Овој дел од дијаграмот го претставува еластичното подрачје на материјалот.

Слика 91. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за моделот S/II

Слика 92. Прав дел од дијаграмот сила-флексија при испитување на јакоста на свивање под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за моделот S/III

5.2.3. Резултати од испитувањето на јакоста на затегнување

5.2.3.1. Резултати од испитувањето на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата

Анализата на вредностите за јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови покажува дека моделите на лабораториски фурнирски плочи имаат за 2,5 до 4 пати поголеми средни вредности на ова својство, во однос на споредбениот модел на индустриски произведени фурнирски плочи (табела 46).

Табела 46. Статистички вредности за јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	52,92	66,29	60,55	60,55 $\pm$ 2,49	5,57 $\pm$ 1,76	9,20 $\pm$ 2,91	4,12
II	5	76,32	83,50	80,51	80,51 $\pm$ 1,22	2,74 $\pm$ 0,87	3,40 $\pm$ 1,07	1,52
III	5	49,36	59,55	54,11	54,11 $\pm$ 1,83	4,08 $\pm$ 1,29	7,54 $\pm$ 2,39	3,37
IV	5	73,40	97,65	87,82	87,82 $\pm$ 4,03	9,01 $\pm$ 2,85	10,26 $\pm$ 3,28	4,59
SI	11	16,39	27,27	21,97	21,97 $\pm$ 1,09	3,62 $\pm$ 0,77	16,48 $\pm$ 3,61	4,97

Слика 93. Хистограмски приказ на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Споредбената анализа пак помеѓу самите лабораториски модели, покажува дека моделите II и IV имаат повисоки средни вредности на јакоста на

затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови во однос на моделите I и III за 32,96 до 62,30 %.

Причината за ваквите разлики во вредностите помеѓу овие две групи на модели треба да се бара во ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на насоката на делување на силата на затегнување. Во структурата на моделите II и IV, сите три фурнирски листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани паралелно со насоката на делување на силата на затегнување, што резултира со повисоки вредности на ова својство во споредба со моделите I и III во чија структура само еден од овие фурнири е ориентиран паралелно, а останатите два напречно на насоката на делување на силата.

Поголемата средна вредност на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај моделот I во однос на моделот III, покажува дека со поместување на напречно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата доаѓа до намалување на вредноста на ова својство за 10,63 %.

Поголемата средна вредност пак на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај моделот IV во однос на моделот II, покажува дека со поместување на надолжно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата доаѓа до зголемување на вредноста на ова својство за 9,08 %.

Добиените вредности за јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај сите модели на лабораториски плочи се над минималната вредност од 24 N/mm² дефинирана со Македонскиот стандард МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото.

Дијаграмите на напрегањата при испитувањето на јакоста на затегнување паралелно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови се прикажани на сликите 94, 95, 96, 97 и 98, поединечно по модели.

Слика 94. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I

Слика 95. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II

Слика 96. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III

Слика 97. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV

Слика 98. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I

Слика 99. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

5.2.3.2. Резултати од испитувањето на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на ѝлочајта

Табела 47. Статистички вредности за јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	66,59	81,43	73,17	73,17 $\pm$ 2,97	6,65 $\pm$ 2,10	9,09 $\pm$ 2,87	4,07
II	5	54,96	60,44	57,73	57,73 $\pm$ 0,88	1,97 $\pm$ 0,62	3,41 $\pm$ 1,08	1,53
III	5	63,53	84,11	74,63	74,63 $\pm$ 3,59	8,03 $\pm$ 2,54	10,75 $\pm$ 3,44	4,81
IV	5	39,18	52,26	46,97	46,97 $\pm$ 2,27	5,08 $\pm$ 1,61	10,81 $\pm$ 3,46	4,83
S/I	12	28,42	46,84	35,54	35,54 $\pm$ 1,76	6,06 $\pm$ 1,24	17,13 $\pm$ 3,60	4,95

Слика 100. Хистограмски приказ на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Споредбената анализа на вредностите за јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови покажува дека моделите на лабораториски фурнирски плочи имаат до 2 пати поголеми средни вредности на ова својство, во споредба со моделот на индустриски произведени фурнирски плочи (табела 47). Најмала е разликата со четвртиот модел на лабораториски плочи кој има повисока вредност за 32,16 %.

Анализата на добиените резултати од испитувањето на лабораториски модели, покажува дека моделите I и III имаат повисоки средни вредности на

јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, во однос на моделите II и IV за 26,74 до 58,89 %.

Ваквите разлики во вредностите помеѓу овие две групи на модели се резултат на ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на насоката на делување на силата на затегнување.

Во структурата на моделите I и III, два од трите фурнирски листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани паралелно со насоката на делување на силата на затегнување, што придонесува за повисоки вредности на ова својство во споредба со моделите II и IV, кај кои сите фурнири со дебелина од 3,2 mm се ориентирани напречно на оваа сила.

Средните вредности на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај моделите I и III се разликуваат за само $1,46 \text{ N/mm}^2$, и тоа во корист на моделот III. Поголемата средна вредност кај овој модел, иако за многу мал процент, покажува дека со поместување на надолжно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата доаѓа до зголемување на вредноста на ова својство.

Разликата во средните вредности на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови помеѓу моделите II и IV е поголема во споредба со онаа помеѓу моделите I и III.

Поголемата средна вредност, пак, на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај моделот II во однос на моделот IV за 22,91 %, покажува дека со поместување на напречно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата доаѓа до намалување на вредноста на ова својство.

Добиените вредности за јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај сите модели на фурнирски плочи го задоволуваат барањето на Македонскиот стандард МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото, кој ја дефинира долната граница на ова својство од 12 N/mm^2 .

Дијаграмите на напрегања при испитувањето на јакоста на затегнување напречно на насоката на протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови се прикажани на сликите 101, 102, 103, 104 и 105, поединечно по модели.

Слика 101. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I

Слика 102. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II

Слика 103. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III

Слика 104. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV

Слика 105. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I

Слика 106. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

5.2.3.3. Резултати од испитувањето на јакоста на затегнување под агол од 22,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата

Табела 48. Статистички вредности за јакоста на затегнување под агол од 22,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	31,54	36,86	34,16	34,16 $\pm$ 1,04	2,32 $\pm$ 0,73	6,79 $\pm$ 2,15	3,04
II	4	34,21	36,64	35,50	35,50 $\pm$ 0,56	1,13 $\pm$ 0,40	3,18 $\pm$ 1,12	1,59
III	5	33,92	38,78	36,53	36,53 $\pm$ 1,07	2,39 $\pm$ 0,76	6,54 $\pm$ 2,07	2,93
IV	5	29,76	36,37	33,69	33,69 $\pm$ 1,17	2,61 $\pm$ 0,83	7,75 $\pm$ 2,45	3,47
S/I	11	12,20	19,64	16,31	16,31 $\pm$ 0,60	1,98 $\pm$ 0,42	12,12 $\pm$ 2,62	3,65

Слика 107. Хистограмски приказ на јакоста на затегнување под агол од 22,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Споредбената анализа на вредностите на јакоста на затегнување под агол од 22,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата прикажани во табелата 48, покажува дека лабораториските модели имаат повисоки средни вредности на ова својство за 106,56 до 123,97% во однос на споредбениот модел на индустриски плочи.

Во поглед на лабораториските модели на фурнирски плочи, може да се забележи дека средните вредности на сите модели се приближни едни на други при што најголема средна вредност е добиена кај моделот III, а најмала кај

моделот IV. Во однос на добиената вредност на моделот III, останатите модели имаат пониски вредности на ова својство за 2,82 до 7,77 %.

Од приближно изедначените вредности кај сите лабораториски модели може да се заклучи дека поместувањето на фурнирите со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата нема суштинско влијание врз јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на насоката протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.

Дијаграмите на напрегања при испитувањето на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на насоката протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови се прикажани на сликите 108, 109, 110, 111 и 112, поединечно по модели.

Слика 108. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I

Слика 109. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II

Слика 110. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III

Слика 111. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV

Слика 112. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I

Слика 113. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

5.2.3.4. Резултати од испитувањето на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата

Табела 49. Статистички вредности за јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	25,58	28,93	27,18	27,18±0,62	1,40±0,44	5,13±1,62	2,30
II	5	24,67	27,51	25,90	25,90±0,57	1,28±0,40	4,94±1,56	2,21
III	5	26,93	27,97	27,49	27,49±0,19	0,42±0,13	1,52±0,48	0,68
IV	5	27,06	29,45	27,97	27,97±0,44	0,99±0,31	3,53±1,12	1,58
SI	12	12,34	17,38	15,45	15,45±0,47	1,62±0,33	10,47±2,16	3,02

Слика 114. Хистограмски приказ на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Најмала средна вредност на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови во износ од 15,45 N/mm² е добиена кај споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи (табела 49). Во однос на оваа вредност, лабораториските модели на фурнирски плочи имаат повисоки средни вредности за 67,64 до 81 %.

Ваквите вредности покажуваат дека разликите помеѓу лабораториските модели и споредбениот индустриски модел при испитувањето на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови се помали во споредба со разликите помеѓу овие модели при испитување на јакоста на затегнување под агол од 22,5° во однос на дрвните

влакна од површинските фурнирски листови.

Анализата на вредностите на лабораториските фурнирски плочи покажува дека моделите I, III и IV имаат скоро изедначени средни вредности на ова својство. Моделот II има помала средна вредност на јакоста на затегнување во однос на останатите лабораториски модели за 4,7 до 7,4 %, што не претставува голема разлика.

Од ваквиот сооднос на вредностите може да се заклучи дека поместувањето на фурнирите со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата нема големо влијание врз јакоста на затегнување под агол од 45 % во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.

Слика 115. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I

Слика 116. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II

Слика 117. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III

Слика 118. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV

Слика 119. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I

Слика 120. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

5.2.3.5. Резултати од испитувањето на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на $\bar{\mu}$ лочајта

Табела 50. Статистички вредности за јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_\sigma$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	33,66	37,86	35,47	$35,47 \pm 0,93$	$2,08 \pm 0,66$	$5,86 \pm 1,85$	2,62
II	5	35,01	37,09	36,04	$36,04 \pm 0,43$	$0,97 \pm 0,31$	$2,69 \pm 0,85$	1,20
III	5	32,85	39,26	35,97	$35,97 \pm 1,10$	$2,47 \pm 0,78$	$6,87 \pm 2,17$	3,07
IV	5	26,34	31,98	28,50	$28,50 \pm 1,01$	$2,25 \pm 0,71$	$7,88 \pm 2,49$	3,53
S/I	12	17,68	23,58	20,58	$20,58 \pm 0,52$	$1,79 \pm 0,36$	$8,68 \pm 1,77$	2,51

Слика 121. Хистограмски приказ на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

Споредбената анализа на вредностите прикажани во табелата 50, покажува дека вредноста на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај споредбениот модел S/I е помала за 27,80 до 42,79 % во однос на вредностите на ова својство кај моделите на лабораториски фурнирски плочи.

Најголема средна вредност на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови е добиена кај

моделот III (табела 50). Во однос на оваа, моделите I и II имаат приближни вредности, додека моделот IV има пониска вредност за 20,77 %.

Од приближно изедначените вредности кај лабораториските модели, со исклучок на моделот IV, може да се забележи дека поместувањето на фурнирите со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата нема суштинско влијание врз јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на насоката протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.

Дијаграмите на напрегања при испитувањето на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на насоката протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови се прикажани на сликата 122, 123, 124, 125 и 126, поединечно по модели.

Слика 122. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот I

Слика 123. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот II

Слика 124. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот III

Слика 125. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот IV

Слика 126. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови за моделот S/I

Слика 127. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови

5.2.3.6. Поларни дијаграми на јакоста на затегнување, коефициент на рамномерност на јакоста на затегнување на фурнирскиот слој и коефициент на масиниот квалитет

Вредностите на јакоста на затегнување паралелно, напречно и под агол од 22,5; 45 и 67,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови се прикажани преку поларни дијаграми, поединечно по модели (слика 128, 129 и 130).

Врз основа на поларните дијаграми пресметани се и коефициентите на рамномерност на јакоста на затегнување на поедините модели.

Од поларните дијаграми прикажани на сликите 128, 129 и 130 може да се забележи дека кај моделите I, III и S/I постои слична тенденција во намалувањето, односно зголемувањето на вредностите на јакоста на затегнување во зависност од насоката на делување на силата на затегнување во однос на насоката на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, како што е тоа случај и со моделите II и IV.

Кај лабораториските модели I и III, како и кај споредбениот модел S/I, јакоста на затегнување има најголема вредност во насока напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, додека пак кај моделите II и IV, таа е најголема во насока паралелна на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.

Причината за ваквиот сооднос на вредностите кај моделите на лабораториски плочи треба да се бара во ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на делувањето на силата на затегнување. Познато е дека јакоста на затегнување на дрвото е поголема во насока паралелна на дрвните влакна, а помала во напречна насока. При дејство на силата на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, два од трите фурнири со дебелина од 3,2 mm кај моделите I и III се ориентирани напречно на дејството на силата, што резултира со помали вредности на ова својство во однос на оние вредности кога силата дејствува напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови. Во вториов случај, сите три фурнири со дебелина од 3,2 mm се ориентирани со дрвните влакна паралелно со насоката на делување на силата на затегнување. Јакоста на затегнување напречно

на дрвните влакна од површинските фурнири, во однос на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна, кај моделот I е поголема за 20,84 %, а кај моделот III за 37,92 %.

Од исти причини, јакоста на затегнување кај моделите II и IV е поголема во насока паралелна на дрвните влакна од површинските фурнирски листови во однос на онаа напречно на дрвните влакна. Кај овие модели, при дејство на силата на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, фурнирите со дебелина од 3,2 mm имаат надолжна ориентација во однос на дејството на силата. Јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнири кај моделот II е поголема за 39,46 % во однос на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна, додека кај моделот IV е поголема за 86,97 %.

Во поглед на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи (S/I), причината за поголемата вредност на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови треба да се бара во ориентацијата на подповршинските листови на плочата. Кај овој модел, вториот и третиот, како и единаесеттиот и дванаесеттиот фурнирски лист не се поставени напречно еден во однос на друг и имаат иста ориентација во однос на протегањето на дрвните влакна. Ваквата структура на плочата се прави со цел да се постигнат зголемени својствата на плочата во дадена насока. При испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, овие фурнири се ориентирани паралелно со насоката на делување на силата, што резултира со поголема вредност на ова својство, во споредба со вредноста на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, кога истите фурнири се ориентирани напречно на насоката на делување на силата на затегнување.

Вредноста на јакоста на затегнување напречно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај споредбениот модел S/I е поголема од вредноста на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнири за 61,76 %.

Сите четири модели на лабораториски плочи имаат најмала вредност на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, додека под агол од 22,5 и 67,5°

вредностите на јакоста на затегнување се поголеми од оваа вредност, но помали од вредноста на јакоста на затегнување паралелно и напречно на дрвните влакна.

Во однос на вредноста на јакоста на затегнување нормално на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, јакоста на затегнување под агол од 45° кај моделот I е помала за 62,85 %, кај моделот III за 63,16 %, а кај споредбениот модел S/I за 56,53 %.

Во однос на вредноста на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, јакоста на затегнување под агол од 45° кај моделот II е помала за 67,83 %, а кај моделот IV за 68,15 %.

Со исклучок на моделот IV, кај кој разликата помеѓу вредностите на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ и $67,5^\circ$ изнесува $5,19 \text{ N/mm}^2$, кај останатите три модели на лабораториски плочи оваа разлика е многу мала и изнесува 1,31 кај модел I, 0,54 кај модел II и $0,56 \text{ N/mm}^2$ кај моделот III.

Кај споредбениот модел S/I разликата во овие вредности изнесува $36,89 \text{ N/mm}^2$.

Моделите I, II и S/I имаат повисоки вредности на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во споредба со јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови. Кај моделите III и IV се јавува обратен сооднос на овие вредности.

Слика 128. Поларни дијаграми на јакоста на затегнување за моделите I и III

Слика 129. Поларни дијаграми на јакоста на затегнување за моделите II и IV

Слика 130. Поларен дијаграм на јакоста на затегнување за моделот S/I

Врз основа на изработените поларни дијаграми, пресметани се коефициентите на рамномерност на јакоста на затегнување на фурнирските плочи. Истите се прикажани во табелата 51.

Најголем коефициент на рамномерност на јакоста на затегнување има споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи, што значи дека кај овој модел се јавуваат најмали разлики во вредностите на јакоста на затегнување во различни насоки на плочата.

Во поглед на лабораториските плочи, моделите I и III имаат речиси идентични вредности на коефициентот на рамномерност, кои се поголеми во однос на оние на моделите II и IV.

Најмал коефициент на рамномерност на јакоста на затегнување е добиен кај моделот IV, што значи дека кај овој модел постојат најголеми разлики во вредностите на јакоста на затегнување во различни насоки на плочата.

Табела 51. Коефициенти на рамномерност на јакоста на затегнување

Модел	K_{rz}
I	0,30
II	0,26
III	0,29
IV	0,19
S/I	0,32

Врз основа на вредностите на зафатнинската маса и јакоста на затегнување паралелно и напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, пресметани се и коефициентите на масиниот квалитет на фурнирските плочи. Истите се прикажани во табелата 52.

Табела 52. Коефициенти на масиниот квалитет на фурнирските плочи

Модел	K_{mk}
I	1790
II	1855
III	1678
IV	1749
S/I	1072

Споредбениот модел на индустриски произведени фурнирски плочи има најнизок коефициент на масиниот квалитет. Во однос на него, моделите на лабораториските плочи имаат повисок коефициент на масиниот квалитет за најмалку 56,53 %. Коефициентот на моделот II е највисок и истиот е поголем во однос на споредбениот модел за 73,04 %. Порастот на вредноста на овој коефициент, говори за порастот на квалитетот на конструкцијата на плочата.

5.2.4. Резултати од испитувањето на јакоста на притисок

Со оглед на фактот што јакоста на притисок кај фурнирските плочи е испитана во две насоки, т.е. паралелно и напречно на должината на плочите, а кај плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF) и плочите со ориентирани иверки (OSB) во повеќе насоки (паралелно, напречно и под агол од 22,5; 45 и 67,5° во однос на должината на плочите), резултатите од испитувањата на овие плочи ќе бидат прикажани одделно во посебни табели и хистограми.

5.2.4.1. Резултати од испитувањето на јакоста на притисок на фурнирските плочи

5.2.4.1.1. Резултати од испитувањето на јакоста на притисок во насока на должината на плочата

Споредбената анализа на вредностите за јакоста на притисок во насока на должината на плочите (табела 53) покажува дека моделите на лабораториски фурнирски плочи имаат до 1,6 пати поголеми средни вредности на ова својство, во споредба со споредбениот моделот на индустриски произведени фурнирски плочи (S/II). Најмалата средна вредност на лабораториските модели која се јавува кај моделот I е повисока од средната вредност на споредбениот модел S/II за 24,29 %.

Анализата на добиените резултати од испитувањето на лабораториските модели, покажува дека средните вредности на јакоста на притисок во насока на должината на плочата кај моделите II и IV се повисоки во однос на средните вредности на моделите I и III за 19,09 до 33,29 %.

Ваквите разлики во вредностите помеѓу овие две групи на модели треба да се бараат на ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на насоката на делување на силата на притисок.

При испитувањето на јакоста на притисок во насока на должината на плочата, во структурата на моделите I и III, два од трите фурнирски листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани со дрвните влакна во нормална насока на делувањето на силата на притисок, што придонесува за пониски вредности на ова

својство во споредба со моделите II и IV, кај кои дрвните влакна на сите фурнири со дебелина од 3,2 mm се ориентирани во насока на дејството на оваа сила.

Средната вредност на јакоста на притисок паралелно на должината на плочата кај моделот III е повисока во однос на онаа на моделот I за 7,45 %, додека пак, моделот IV има повисока средна вредност во однос на моделот II за 4,17 %.

Добиените вредности за јакоста на притисок во насока на должината на плочата кај сите модели на лабораториски плочи се над 24 N/mm² која е минимална дозволена вредност за ова својство со стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото.

Табела 53. Статистички вредности за јакоста на притисок во насока на должината на фурнирските плочи

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	41,42	48,12	45,39	45,39 $\pm$ 1,35	3,03 $\pm$ 0,96	6,67 $\pm$ 2,11	2,98
II	5	56,56	59,52	58,08	58,08 $\pm$ 0,49	1,11 $\pm$ 0,35	1,90 $\pm$ 0,60	0,85
III	5	46,83	52,25	48,77	48,77 $\pm$ 0,99	2,21 $\pm$ 0,70	4,53 $\pm$ 1,43	2,03
IV	5	56,65	66,51	60,50	60,50 $\pm$ 1,76	3,93 $\pm$ 1,24	6,49 $\pm$ 2,05	2,90
S/I	12	33,75	38,80	36,52	36,52 $\pm$ 0,43	1,47 $\pm$ 0,30	4,04 $\pm$ 0,82	1,17

Слика 131. Хистограмски приказ на јакоста на притисок во насока на должината на фурнирските плочи

Дијаграмите на напрегања при испитувањето на јакоста на притисок во насока на должината на плочата се прикажани на сликите 132, 133, 134, 135 и 136.

Слика 132. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот I

Слика 133. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот II

Слика 134. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот III

Слика 135. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот IV

Слика 136. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за моделот S/I

Слика 137. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на фурнирските плочи

5.2.4.1.2. Резултати од испитувањето на јакоста на притисок напречно на должината на плочата

Табела 54. Статистички вредности за јакоста на притисок напречно на должината на фурнирските плочи

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
I	5	47,49	59,04	52,31	52,31 $\pm$ 1,97	4,40 $\pm$ 1,39	8,42 $\pm$ 2,66	3,77
II	5	40,30	43,49	41,65	41,65 $\pm$ 0,58	1,30 $\pm$ 0,58	3,12 $\pm$ 0,99	1,40
III	5	50,47	59,98	54,98	54,98 $\pm$ 1,65	3,70 $\pm$ 1,17	6,72 $\pm$ 2,13	3,01
IV	5	39,88	45,99	43,67	43,67 $\pm$ 1,03	2,30 $\pm$ 0,73	5,27 $\pm$ 1,67	2,36
S/I	12	26,34	30,60	28,45	28,45 $\pm$ 0,49	1,71 $\pm$ 0,35	6,02 $\pm$ 1,23	1,74

Слика 138. Хистограмски приказ на јакоста на притисок напречно на должината на фурнирските плочи

Споредбената анализа на резултатите прикажани во табелата 54 покажува дека моделите на лабораториски фурнирски плочи имаат поголеми вредности на јакоста на притисок напречно на должината на плочата, во однос на споредбениот модел на индустриски произведени фурнирски плочи за најмалку 46,40 %.

Најголема средна вредност на ова својство е добиена кај моделот III, и истата е повисока во однос на средната вредност на споредбениот модел за 93,25 %.

Јакоста на притисок напречно на должината на плочата кај моделите I и III

е поголема во однос на онаа кај моделите II и IV за 19,78 до 32 %.

Причината за ваквиот сооднос на вредностите кај моделите на лабораториски плочи треба да се бара во ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на делувањето на силата на притисок. При испитувањето на јакоста на притисок напречно на должината на плочата, кај моделите I и III дрвните влакна на два од трите фурнири со дебелина од 3,2 mm се ориентирани во насока на дејството на силата на притисок. Кај моделите II и IV, пак, трите фурнири со дебелина од 3,2 mm се ориентирани со дрвните влакна нормално на делувањето на силата на притисок, што резултира со помали вредности на јакоста на притисок во споредба со оние на моделите I и III.

Во поглед на лабораториските фурнирски плочи може да се забележи дека разликите во средните вредности на моделите I и III се доста мали, како што е тоа случај и со вредностите на моделите II и IV (табела 54). Таа разлика помеѓу моделот I и моделот III изнесува $2,67 \text{ N/mm}^2$ во корист на моделот III, а помеѓу моделите II и IV, $2,02 \text{ N/mm}^2$ во корист на моделот IV.

Добиените вредности за јакоста на притисок паралелно на должината на плочата кај сите модели на плочи се над минимално дозволената вредност од 12 N/mm^2 , која е дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото.

Дијаграмите на напрегања при испитувањето на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата се прикажани на сликите 139, 140, 141, 142 и 143, за сите модели одделно.

Слика 139. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот I

Слика 140. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот II

Слика 141. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот III

Слика 142. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот IV

Слика 143. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока напречно на должината на плочата за моделот S/I

Слика 144. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на притисок во насока на ширината на плочата

5.2.4.2. Резултати од испитувањето на јакоста на притисок на плочите од дрвени влакна со средна густина (MDF) и плочите со ориентирани иверки (OSB)

За подобра прегледност и анализа на добиените резултати, статистичките вредности за јакоста на притисок во насока паралелно, напречно и под агол од 22,5; 45 и 67,5° во однос на должината на плочата ќе бидат прикажани заедно во една табела. Покрај тоа, вредностите на јакоста на притисок во различните насоки на плочите се прикажани и преку поларни дијаграми.

Ваквиот приказ на резултатите ќе овозможи подобро воочување на разликите или сличностите на ова својство во различни насоки на плочите.

Статистичките вредности за јакоста на притисок на споредбените модели на индустриски произведените MDF и OSB плочи се прикажани во табелите 55 и 56.

Табела 55. Статистички вредности за јакоста на притисок на плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF)

Модел	Насока на проб. тела	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/II	II	12	11,78	15,94	13,75	13,75 $\pm$ 0,37	1,28 $\pm$ 0,26	9,29 $\pm$ 1,90	2,68
	⊥	12	12,39	14,68	13,26	13,26 $\pm$ 0,19	0,66 $\pm$ 0,14	5,00 $\pm$ 1,02	1,44
	∠ 22,5°	10	10,73	15,38	12,77	12,77 $\pm$ 0,45	1,41 $\pm$ 0,31	11,03 $\pm$ 2,50	3,49
	∠ 45°	11	11,19	13,24	12,10	12,10 $\pm$ 0,20	0,67 $\pm$ 0,14	5,54 $\pm$ 1,18	1,67
	∠ 67,5°	11	10,84	14,51	12,53	12,53 $\pm$ 0,36	1,20 $\pm$ 0,26	9,57 $\pm$ 2,04	2,89

Табела 56. Статистички вредности за јакоста на притисок на плочите со ориентиран иверки (OSB)

Модел	Насока на проб. тела	Број на проб. тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/III	II	12	10,65	14,40	12,20	12,20 $\pm$ 0,36	1,23 $\pm$ 0,25	10,09 $\pm$ 2,08	2,91
	⊥	10	7,43	9,96	8,95	8,95 $\pm$ 0,25	0,79 $\pm$ 0,18	8,81 $\pm$ 1,97	2,79
	∠ 22,5°	11	10,27	14,84	12,98	12,98 $\pm$ 0,38	1,25 $\pm$ 0,27	9,62 $\pm$ 2,05	2,90
	∠ 45°	12	9,80	12,87	11,48	11,48 $\pm$ 0,29	1,02 $\pm$ 0,21	8,88 $\pm$ 1,81	2,56
	∠ 67,5°	12	9,08	11,97	10,38	10,38 $\pm$ 0,29	1,01 $\pm$ 0,21	9,69 $\pm$ 1,98	2,80

Анализата на резултатите за јакоста на притисок на споредбениот модел на MDF плочи (модел S/II) прикажани во табелата 55, покажува дека не постојат големи разлики во вредностите на ова својство во испитуваните насоки на плочата. Истото може да се забележи и од прикажниот поларен дијаграм на јакоста на притисок (слика 145).

Средните вредности на јакоста на притисок паралелно и напречно на должината на плочата се нешто поголеми во однос на оние под агол од 22,5°, 45° и 67,5°.

Најголема средна вредност на јакоста на притисок е добиена во насока на должината на плочата. Во однос на оваа вредност, јакоста на притисок напречно на должината на плочата е помала за 3,56 %, додека под агол од 45°, која е и најмала средна вредност на јакоста на притисок е помала за 12 %.

Средната вредност на јакоста на притисок под агол од 22,5° е речиси изедначена со средната вредност на јакоста на притисок под агол од 67,5° и е

поголема од неа за само 1,91 %, додека пак во однос на онаа под агол од 45° е поголема за 5,54 %.

Малите разлики во вредностите на јакоста на притисок на плочите од дрвни влакна со средна густина се резултат на хомогената структура на овој тип на плочи, која доведува до зголемена изотропност на нивните својства во споредба со другите типови на плочи.

Слика 145. Поларен дијаграм на јакоста на притисок за моделот S/II

Слика 146. Поларен дијаграм на јакоста на притисок за моделот S/III

Во споредба со моделот S/II, кај моделот на плочи со ориентирани иверки (S/III), постојат поголеми разлики во вредностите на јакоста на притисок во

различните насоки на плочата (табела 56 и слика 146).

Јакоста на притисок на овие плочи е најголема под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата и во споредба со онаа напречно на должината на плочата која е најмала средна вредност на јакоста на притисок, таа е поголема за 45,03 %. Останатите средни вредности се помали од најголемата за 6,39 до 25,05 %.

Од прикажаните вредности во табелата 56 може да се забележи дека со зголемување на аголот кој го зафаќа силата на притисок со насоката на должината на плочата во границите од $22,5^\circ$ до 90° , вредностите на јакоста на притисок се намалуваат.

Споредбената анализа на вредностите на јакоста на притисок помеѓу моделите на MDF и OSB плочи (модел S/II и модел S/III) покажува дека со исклучок на средната вредност на јакоста на притисок под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата, средните вредности во останатите насоки на плочата кај моделот S/II се поголеми во однос на истите кај моделот S/III.

Средната вредност на јакоста на притисок под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата кај моделот S/III е поголема од онаа кај моделот S/II за 1,64 %.

Јакоста на притисок во сите насоки кај споредбените модели S/II и S/III е помала во споредба со јакоста на притисок паралелно и напречно на должината на плочата кај споредбениот модел на фурнирски плочи (S/I). Притоа, средната вредност на јакоста на притисок во насока на должината на плочата кај моделот S/I е поголема за 2,6 пати во однос на онаа кај моделот S/II, додека во однос на моделот S/III за 3 пати. Средната вредност, пак, на јакоста на притисок напречно на должината на плочата кај моделот S/I е 2,1 пати поголема во однос на онаа кај моделот S/II, и 3,2 пати во однос на моделот S/III.

Средните вредности на јакоста на притисок кај сите лабораториски модели на фурнирски плочи се повисоки во однос на средните вредности на ова својство кај споредбените модели на MDF и OSB плочи. Имено, јакоста на притисок паралелно на должината на плочата кај лабораториските модели на фурнирки плочи е најмалку 3,3 пати поголема во однос на истата кај споредбениот модел на MDF плочи и најмалку 3,7 пати во однос на споредбениот модел на OSB плочи.

Јакоста на притисок напречно на должината на плочата кај лабораториските модели на фурнирки плочи е поголема најмалку 3,1 пати во

однос на таа кај споредбениот модел на MDF плочи, и најмалку 4,6 пати во однос на споредбениот модел на OSB плочи.

Дијаграмите на напрегањата при испитување на јакоста на притисок на плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF) се прикажани на сликите 147, 148, 149, 150 и 151.

Слика 147. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за споредбениот модел S/II

Слика 148. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на ширината на плочата за споредбениот модел S/II

Слика 149. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од $22,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II

Слика 150. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од 45° во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II

Слика 151. Дијаграми на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/II

Дијаграмите на напрегањата при испитување на јакоста на притисок на плочите со ориентирани иверки се прикажани на сликите 152, 153, 154, 155 и 156.

Слика 152. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 153. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок во насока на ширината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 154. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од 22,5° во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 155. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од 45° во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 156. Дијаграм на напрегања при испитување на јакоста на притисок под агол од $67,5^\circ$ во однос на должината на плочата за споредбениот модел S/III

Слика 157. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на притисок на плочите од дрвни влакна (MDF) и плочите со ориентиран иверки (OSB)

5.2.5. Резултати од испитувањето на јакоста на раслојување

Јакоста на раслојување е испитана на споредбените модели на MDF и OSB плочи. Ова својство е значаен показател кој говори за квалитетот на овие типови на плочи.

Резултатите од испитувањето на јакоста на раслојување во средината на плочата во вид на статистички вредности се прикажани во табелата 57.

Табела 57. Статистички вредности за јакоста на раслојување

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_v$ [%]	P_x [%]
S/II	12	0,51	0,76	0,61	0,61 $\pm$ 0,02	0,07 $\pm$ 0,01	11,52 $\pm$ 2,38	3,33
S/III	10	0,32	0,50	0,40	0,40 $\pm$ 0,02	0,05 $\pm$ 0,01	13,60 $\pm$ 3,10	4,30

Моделот на индустриски произведени MDF плочи има поголеми вредности на јакоста на раслојување за 52,5 % во споредба со моделот на OSB плочи. Тоа е резултат на далеку похомогената структура на плочите од дрвни влакна со средна густина во однос на плочите со ориентирани иверки.

Вредностите на двата модела се во согласност со оние кои се дефинирани со стандардите МКС Д.Ц5.024 и МКС Д.Ц5.032.

Дијаграмите на напрегањата кои се јавуваат при раслојувањето на плочите се прикажани на сликите 158 и 159.

Слика 158. Дијаграм на напрегања при раслојување за моделот S/II (MDF)

Слика 159. Дијаграм на напрегања при раслојување за моделот S/III (OSB)

Слика 160. Стандардни деформации на пробните тела при испитување на јакоста на раслојување

5.2.6. Резултати од испитувањето на тврдоста

Табела 58. Статистички вредности за тврдоста на плочите

Модел	Број на пробни тела	$X_{\min}$ [N/mm ²]	$X_{\max}$ [N/mm ²]	X_{sr} [N/mm ²]	$X_{sr} \pm f_{Xsr}$ [N/mm ²]	$\sigma \pm f_{\sigma}$ [N/mm ²]	$V \pm f_V$ [%]	P_x [%]
I	5	77,50	95,16	87,55	87,55±3,01	6,73±2,13	7,69±2,43	3,44
II	5	83,39	89,27	86,13	86,13±0,89	1,99±0,63	2,31±0,73	1,03
III	5	81,42	106,44	93,69	93,69±4,16	9,30±2,94	9,92±3,14	4,44
IV	5	75,54	103,01	88,68	88,68±3,56	7,96±2,52	8,97±2,84	4,01
II/N	8	78,48	92,21	86,88	86,88±1,34	3,79±0,95	4,36±1,09	1,54
S/I	12	34,34	49,05	40,16	40,16±1,07	3,69±0,75	9,20±1,88	2,66
S/II	12	41,20	50,52	47,68	47,68±0,62	2,13±0,43	4,47±0,91	1,29
S/III	12	24,53	39,24	30,39	30,39±1,21	4,21±0,86	13,85±2,88	4,00

Слика 161. Хистограмски приказ на тврдоста

Споредбената анализа на резултатите за тврдоста прикажани во табелата 58 покажува дека моделите на лабораториските фурнирски плочи имаат два до три пати поголеми вредности на ова својство во однос на споредбените модели на индустриски произведени плочи.

Во поглед на лабораториските плочи, може да се забележат мали разлики во вредноста на тврдоста помеѓу одделните модели. Најголемата средна вредност во износ од 93,69 N/mm² е добиена кај моделот III и таа е поголема од средната вредност на моделот I за 7,01 %, од онаа на моделот II за 8,78 %, од таа на моделот IV за 5,65 % и од вредноста на моделот II/N за 7,84 %.

Помеѓу моделот II и моделот II/N, кој претставува негова реплика без

заштитна фенолна фолија, речиси не постои разлика во средните вредности на тврдоста.

Најмала вредност на тврдоста е добиена кај споредбениот модел на OSB плочи. Ваквите вредности се резултат на самата структура на овој вид плочи во која може да се јават одредени шуплини помеѓу иверките, што придонесува за намалување на тврдоста на плочата на тие места.

5.2.7. Резултати од испитувањето на степенот на слепеност

Резултатите од испитувањето на степенот на слепеност на фурнирските плочи се прикажани во табелата 59, при што е дадена оцена за степенот на слепеност за секој слој поединечно, како и средна вредност за секое пробно тело и поединечен модел.

Табела 59. Резултати од испитувањето на степенот на слепеност

Модел	Пробно тело	СЛЕОВИ												Ср. вред. за пр. тело	Ср. вред. за модел
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
II/N	1	4	5	4	5	3	4	3	7					4,38	6,42
	2	6	8	7	6	4	3	5	5					5,50	
	3	7	7	8	5	8	8	8	7					7,25	
	4	6	8	9	5	3	3	4	4					5,25	
	5	8	8	8	7	8	9	9	8					8,13	
	6	8	8	8	8	9	8	8	7					8,00	
SI	1	5	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	1,08	0,92
	2	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0,67	
	3	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	5	1,00	

Анализата на резултатите за степенот на слепеност покажува дека лабораториските фурнирски плочи имаат исклучително висок квалитет на лепење. Поединечните вредности за степенот на слепеност по слоеви ја надминуваат минималната вредност 3 која е дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.041/82. Средната вредност на степенот на слепеност на лабораторискиот модел на фурнирски плочи е за 60 % повисока од вредноста дефинирана во стандардот (средна вредност 4), со што се потврдува квалитетот на слепувањето на фурнирските листови во плочата.

Лабораторискиот модел покажа голема постојаност во формата и димензиите при третманот во вричка вода, при што не беше забележано самоодлепување на фурнирските листови во текот и по третманот.

Изгледот на површините на одвоените фурнирски листови при

испитувањето на степенот на слепеност на лабораторискиот модел може да се види на сликата 162.

Средната вредност на степенот на слепеност на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи изнесува 0,92, што покажува исклучително низок квалитет на слепување на фурнирските листови. Овој модел не ги задоволува минималните барања на стандардот за фурнирски плочи МКС Д.Ц5.041/82.

Изгледот на површините на одвоените фурнирски листови при испитувањето на степенот на слепеност на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи може да се види на сликата 163.

Слика 162. Изглед на површините на одвоените фурнирски листови при испитување на степенот на слепеност на лабораториските модели на фурнирски плочи

Слика 163. Изглед на површините на одвоените фурнирски листови при испитување на степенот на слепеност на индустрискиот модел на фурнирски плочи

5.3. РЕЗУЛТАТИ ОД ОПРЕДЕЛУВАЊЕТО НА СТАТИСТИЧКАТА ЗНАЧАЈНОСТ НА РАЗЛИКИТЕ НА СВОЈСТВАТА ПОМЕЃУ ЛАБОРАТОРИСКИТЕ ФУРНИРСКИ ПЛОЧИ

Резултатите од определувањето на статистичката значајност на разликите во вредностите на квалитетните својства помеѓу одделните модели на лабораториски фурнирски плочи на основа на Студентовиот тест (t-тест) се прикажани во табелата 60.

Табела 60. Статистичка значајност на разликите во вредностите на својствата помеѓу моделите на лабораториски фурнирски плочи

Р.бр.	Својство	Споредба на моделите		Прв статистички збир		Втор статистички збир		Вредност на тестот ($t_{пресмет.}$)	Значајност на разликите
				x	f_x	x	f_x		
1	Зафатнинска маса	I	II	761,70	6,04	759,99	4,94	0,22	нема
		I	III	761,70	6,04	782,34	9,00	1,90	нема
		I	IV	761,70	6,04	785,90	5,45	2,97	има
		I	II/N	761,70	6,04	761,35	3,43	0,05	нема
		II	III	759,99	4,94	782,34	9,00	2,18	има
		II	IV	759,99	4,94	785,90	5,45	3,52	има
		II	II/N	759,99	4,94	761,35	3,43	0,23	нема
		III	II/N	782,34	9,00	761,35	3,43	2,18	има
		III	IV	782,34	9,00	785,90	5,45	0,34	нема
		IV	II/N	785,90	5,45	761,35	3,43	3,81	има
2	Апсолутно впивање вода за 24 часа "Ua" [g]	I	II	38,03	1,80	28,42	1,26	4,37	има
		I	III	38,03	1,80	37,03	1,17	0,47	нема
		I	IV	38,03	1,80	35,62	1,10	1,14	нема
		I	II/N	38,03	1,80	40,38	1,10	1,11	нема
		II	III	28,42	1,26	37,03	1,17	5,01	има
		II	IV	28,42	1,26	35,62	1,10	4,30	има
		II	II/N	28,42	1,26	40,38	1,10	7,15	има
		III	II/N	37,03	1,17	40,38	1,10	2,09	нема
		III	IV	37,03	1,17	35,62	1,10	0,88	нема
		IV	II/N	35,62	1,10	40,38	1,10	3,06	има
3	Релативно впивање вода за 24 часа "Ur" [%]	I	II	29,72	1,18	22,93	1,11	4,19	има
		I	III	29,72	1,18	28,69	0,89	0,70	нема
		I	IV	29,72	1,18	27,73	0,90	1,34	нема
		I	II/N	29,72	1,18	32,43	0,92	1,81	нема
		II	III	22,93	1,11	28,69	0,89	4,05	има
		II	IV	22,93	1,11	27,73	0,90	3,36	има
		II	II/N	22,93	1,11	32,43	0,92	6,59	има
		III	II/N	28,69	0,89	32,43	0,92	2,92	има
		III	IV	28,69	0,89	27,73	0,90	0,76	нема
		IV	II/N	27,73	0,90	32,43	0,92	3,65	има
4	Апсолутно дебелинско бабрење за 24 часа "Bda" [mm]	I	II	1,61	0,04	1,43	0,03	3,60	има
		I	III	1,61	0,04	1,58	0,05	0,47	нема
		I	IV	1,61	0,04	1,47	0,05	2,19	нема
		I	II/N	1,61	0,04	1,66	0,05	0,78	нема
		II	III	1,43	0,03	1,58	0,05	2,57	има
		II	IV	1,43	0,03	1,47	0,05	0,69	нема
		II	II/N	1,43	0,03	1,66	0,05	3,94	има
		III	II/N	1,58	0,05	1,66	0,05	1,13	нема
		III	IV	1,58	0,05	1,47	0,05	1,56	нема
		IV	II/N	1,47	0,05	1,66	0,05	2,69	има

Р.бр.	Својство	Споредба на модели		Прв статистички збир		Втор статистички збир		Вредност на тестот ($t_{пресмет.}$)	Значајност на разликите
				х	f_x	х	f_x		
5	Релативно дебелинско бабрење за 24 часа "Bdr" [%]	I	II	9,58	0,36	8,90	0,16	1,73	нема
		I	III	9,58	0,36	9,46	0,28	0,26	нема
		I	IV	9,58	0,36	8,96	0,33	1,27	нема
		I	II/N	9,58	0,36	9,95	0,29	0,80	нема
		II	III	8,90	0,16	9,46	0,28	1,74	нема
		II	IV	8,90	0,16	8,96	0,33	0,16	нема
		II	II/N	8,90	0,16	9,95	0,29	3,17	има
		III	II/N	9,46	0,28	9,95	0,29	1,22	нема
		III	IV	9,46	0,28	8,96	0,33	1,16	нема
		IV	II/N	8,96	0,33	9,95	0,29	2,25	има
6	Апсолутно впивање вода за 48 часа „Ua“ [g]	I	II	46,61	1,85	36,24	1,50	4,35	има
		I	III	46,61	1,85	44,83	1,09	0,83	нема
		I	IV	46,61	1,85	43,43	0,96	1,53	нема
		I	II/N	46,61	1,85	49,69	0,94	1,48	нема
		II	III	36,24	1,50	44,83	1,09	4,63	има
		II	IV	36,24	1,50	43,43	0,96	4,04	има
		II	II/N	36,24	1,50	49,69	0,94	7,60	има
		III	II/N	44,83	1,09	49,69	0,94	3,38	има
		III	IV	44,83	1,09	43,43	0,96	0,96	нема
		IV	II/N	43,43	0,96	49,69	0,94	4,66	има
7	Релативно впивање вода за 48 часа „Ur“ [%]	I	II	36,43	1,15	29,24	1,34	4,07	има
		I	III	36,43	1,15	34,73	0,82	1,20	нема
		I	IV	36,43	1,15	33,81	0,79	1,88	нема
		I	II/N	36,43	1,15	39,91	0,79	2,49	има
		II	III	29,24	1,34	34,73	0,82	3,49	има
		II	IV	29,24	1,34	33,81	0,79	2,94	има
		II	II/N	29,24	1,34	39,91	0,79	6,86	има
		III	II/N	34,73	0,82	39,91	0,79	4,55	има
		III	IV	34,73	0,82	33,81	0,79	0,81	нема
		IV	II/N	33,81	0,79	39,91	0,79	5,46	има
8	Апсолутно дебелинско бабрење за 48 часа "Bda" [mm]	I	II	1,73	0,04	1,60	0,03	2,60	има
		I	III	1,73	0,04	1,68	0,04	0,88	нема
		I	IV	1,73	0,04	1,65	0,03	1,60	нема
		I	II/N	1,73	0,04	1,80	0,05	1,09	нема
		II	III	1,60	0,03	1,68	0,04	1,60	нема
		II	IV	1,60	0,03	1,65	0,03	1,18	нема
		II	II/N	1,60	0,03	1,80	0,05	3,43	има
		III	II/N	1,68	0,04	1,80	0,05	1,87	нема
		III	IV	1,68	0,04	1,65	0,03	0,60	нема
		IV	II/N	1,65	0,03	1,80	0,05	2,57	има
9	Релативно дебелинско бабрење за 48 часа "Bdr" [%]	I	II	10,31	0,39	9,97	0,18	0,79	нема
		I	III	10,31	0,39	10,04	0,24	0,59	нема
		I	IV	10,31	0,39	10,10	0,22	0,47	нема
		I	II/N	10,31	0,39	10,81	0,29	1,03	нема
		II	III	9,97	0,18	10,04	0,24	0,23	нема
		II	IV	9,97	0,18	10,10	0,22	0,46	нема
		II	II/N	9,97	0,18	10,81	0,29	2,46	има
		III	II/N	10,04	0,24	10,81	0,29	2,05	нема
		III	IV	10,04	0,24	10,10	0,22	0,18	нема
		IV	II/N	10,10	0,22	10,81	0,29	1,95	нема
10	Апсолутно впивање вода за 72 часа „Ua“ [g]	I	II	52,31	1,83	42,68	1,52	4,05	има
		I	III	52,31	1,83	50,52	0,98	0,86	нема
		I	IV	52,31	1,83	48,74	0,71	1,82	нема
		I	II/N	52,31	1,83	55,20	0,81	1,44	нема
		II	III	42,68	1,52	50,52	0,98	4,33	има
		II	IV	42,68	1,52	48,74	0,71	3,61	има
		II	II/N	42,68	1,52	55,20	0,81	7,27	има
		III	II/N	50,52	0,98	55,20	0,81	3,68	има
		III	IV	50,52	0,98	48,74	0,71	1,47	нема
		IV	II/N	48,74	0,71	55,20	0,81	6,00	има

Р.бр.	Својство	Споредба на моделите		Прв статистички збир		Втор статистички збир		Вредност на тестот ($t_{пресмет.}$)	Значајност на разликите
				х	f_x	х	f_x		
11	Релативно впивање вода за 72 часа „Ur“ [%]	I	II	40,89	1,08	34,44	1,39	3,66	има
		I	III	40,89	1,08	39,14	0,74	1,34	нема
		I	IV	40,89	1,08	37,94	0,60	2,39	има
		I	II/N	40,89	1,08	44,34	0,69	2,69	има
		II	III	34,44	1,39	39,14	0,74	2,98	има
		II	IV	34,44	1,39	37,94	0,60	2,31	има
		II	II/N	34,44	1,39	44,34	0,69	6,38	има
		III	II/N	39,14	0,74	44,34	0,69	5,14	има
		III	IV	39,14	0,74	37,94	0,60	1,26	нема
12	Апсолутно дебелинско бабрење за 72 часа "Bda" [mm]	IV	II/N	37,94	0,60	44,34	0,69	7,00	има
		I	II	1,77	0,04	1,67	0,03	2,00	нема
		I	III	1,77	0,04	1,72	0,04	0,88	нема
		I	IV	1,77	0,04	1,72	0,03	1,00	нема
		I	II/N	1,77	0,04	1,84	0,05	1,09	нема
		II	III	1,67	0,03	1,72	0,04	1,00	нема
		II	IV	1,67	0,03	1,72	0,03	1,18	нема
		II	II/N	1,67	0,03	1,84	0,05	2,92	има
		III	II/N	1,72	0,04	1,84	0,05	1,87	нема
13	Релативно дебелинско бабрење за 72 часа "Bdr" [%]	III	IV	1,72	0,04	1,72	0,03	0,00	нема
		IV	II/N	1,72	0,03	1,84	0,05	2,06	нема
		I	II	10,53	0,43	10,43	0,17	0,22	нема
		I	III	10,53	0,43	10,25	0,21	0,59	нема
		I	IV	10,53	0,43	10,52	0,19	0,02	нема
		I	II/N	10,53	0,43	11,06	0,31	1,00	нема
		II	III	10,43	0,17	10,25	0,21	0,67	нема
		II	IV	10,43	0,17	10,52	0,19	0,35	нема
		II	II/N	10,43	0,17	11,06	0,31	1,78	нема
14	Јакост на свивање паралелно на должината на плочата " $\sigma_{sv }$ " [N/mm ²]	III	II/N	10,25	0,21	11,06	0,31	2,16	има
		III	IV	10,25	0,21	10,52	0,19	0,95	нема
		IV	II/N	10,52	0,19	11,06	0,31	1,49	нема
		I	II	66,71	1,16	99,71	1,78	15,53	има
		I	III	66,71	1,16	64,16	1,92	1,14	нема
		I	IV	66,71	1,16	94,13	3,85	6,82	има
15	Јакост на свивање напречно на должината на плочата " $\sigma_{sv\perp}$ " [N/mm ²]	II	III	99,71	1,78	64,16	1,92	13,58	има
		II	IV	99,71	1,78	94,13	3,85	1,32	нема
		III	IV	64,16	1,92	94,13	3,85	6,97	има
		I	II	71,34	0,91	63,74	1,40	4,55	има
		I	III	71,34	0,91	83,87	2,44	4,81	има
		I	IV	71,34	0,91	43,79	0,78	22,99	има
16	Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата во првото мерно место " $E_{1 }$ " [N/mm ²]	II	III	63,74	1,40	83,87	2,44	7,16	има
		II	IV	63,74	1,40	43,79	0,78	12,45	има
		III	IV	83,87	2,44	43,79	0,78	15,65	има
		I	II	6380,65	122,99	8416,20	169,61	9,72	има
		I	III	6380,65	122,99	5685,31	136,23	3,79	има
		I	IV	6380,65	122,99	8208,14	299,81	5,64	има
17	Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата во второто мерно место " $E_{2 }$ " [N/mm ²]	II	III	8416,20	169,61	5685,31	136,23	12,55	има
		II	IV	8416,20	169,61	8208,14	299,81	0,60	нема
		III	IV	5685,31	136,23	8208,14	299,81	7,66	има
		I	II	6669,24	72,24	10734,50	359,36	11,09	има
		I	III	6669,24	72,24	6128,13	156,25	3,14	има
		I	IV	6669,24	72,24	9667,01	218,58	13,02	има
18	Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата во третото мерно место " $E_{3 }$ " [N/mm ²]	II	III	10734,50	359,36	6128,13	156,25	11,76	има
		II	IV	10734,50	359,36	9667,01	218,58	2,54	има
		III	IV	6128,13	156,25	9667,01	218,58	13,17	има
		I	II	7546,76	150,28	9536,04	187,25	8,29	има
		I	III	7546,76	150,28	6720,53	186,17	3,45	има
		I	IV	7546,76	150,28	10414,86	298,38	8,58	има
19	Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата во четвртото мерно место " $E_{4 }$ " [N/mm ²]	II	III	9536,04	187,25	6720,53	186,17	10,66	има
		II	IV	9536,04	187,25	10414,86	298,38	2,49	има
		III	IV	6720,53	186,17	10414,86	298,38	10,50	има
		I	II	7327,39	164,51	10339,29	281,28	9,24	има
		I	III	7327,39	164,51	6428,95	154,22	3,98	има
		I	IV	7327,39	164,51	10229,59	270,36	9,17	има
		II	III	10339,29	281,28	6428,95	154,22	12,19	има
		II	IV	10339,29	281,28	10229,59	270,36	0,28	нема
		III	IV	6428,95	154,22	10229,59	270,36	12,21	има

Р.бр.	Својство	Споредба на моделите		Прв статистички збир		Втор статистички збир		Вредност на тестот ($t_{пресмет.}$)	Значајност на разликите
				$\bar{x}$	f_x	$\bar{x}$	f_x		
20	Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата во првото мерно место " $E_{1\perp}$ " [N/mm ²]	I	II	5501,07	128,59	5373,87	82,13	0,83	нема
		I	III	5501,07	128,59	7102,63	335,33	4,46	има
		I	IV	5501,07	128,59	3603,37	76,30	12,69	има
		II	III	5373,87	82,13	7102,63	335,33	5,01	има
		II	IV	5373,87	82,13	3603,37	76,30	15,79	има
		III	IV	7102,63	335,33	3603,37	76,30	10,18	има
21	Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата во второто мерно место " $E_{2\perp}$ " [N/mm ²]	I	II	6329,61	128,08	5366,50	125,74	5,37	има
		I	III	6329,61	128,08	7519,99	157,48	5,86	има
		I	IV	6329,61	128,08	3224,95	73,39	21,03	има
		II	III	5366,50	125,74	7519,99	157,48	10,69	има
		II	IV	5366,50	125,74	3224,95	73,39	14,71	има
		III	IV	7519,99	157,48	3224,95	73,39	24,72	има
22	Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата во третото мерно место " $E_{3\perp}$ " [N/mm ²]	I	II	6461,08	114,04	6012,91	162,99	2,25	нема
		I	III	6461,08	114,04	7914,55	232,35	5,62	има
		I	IV	6461,08	114,04	3303,72	72,68	23,35	има
		II	III	6012,91	162,99	7914,55	232,35	6,70	има
		II	IV	6012,91	162,99	3303,72	72,68	15,18	има
		III	IV	7914,55	232,35	3303,72	72,68	18,94	има
23	Модул на еластичност при свивање напречно на должината на плочата во четвртото мерно место " $E_{4\perp}$ " [N/mm ²]	I	II	6175,84	174,83	5771,22	138,00	1,82	нема
		I	III	6175,84	174,83	8758,74	221,73	9,15	има
		I	IV	6175,84	174,83	3730,85	79,86	12,72	има
		II	III	5771,22	138,00	8758,74	221,73	11,44	има
		II	IV	5771,22	138,00	3730,85	79,86	12,80	има
		III	IV	8758,74	221,73	3730,85	79,86	21,33	има
24	Јакост на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата " $\sigma_{2\parallel}$ " [N/mm ²]	I	II	60,55	2,49	80,51	1,22	7,20	има
		I	III	60,55	2,49	54,11	1,83	2,08	нема
		I	IV	60,55	2,49	87,82	4,03	5,76	има
		II	III	80,51	1,22	54,11	1,83	12,00	има
		II	IV	80,51	1,22	87,82	4,03	1,74	нема
		III	IV	54,11	1,83	87,82	4,03	7,62	има
25	Јакост на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата " $\sigma_{\perp}$ " [N/mm ²]	I	II	73,17	2,97	57,73	0,88	4,98	има
		I	III	73,17	2,97	74,63	3,59	0,31	нема
		I	IV	73,17	2,97	46,97	2,27	7,01	има
		II	III	57,73	0,88	74,63	3,59	4,57	има
		II	IV	57,73	0,88	46,97	2,27	4,42	има
		III	IV	74,63	3,59	46,97	2,27	6,51	има
26	Јакост на затегнување под агол од 22,5° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата " $\sigma_{z\angle 22,5^\circ}$ " [N/mm ²]	I	II	34,16	1,04	35,50	0,56	1,13	нема
		I	III	34,16	1,04	36,53	1,07	1,59	нема
		I	IV	34,16	1,04	33,69	1,17	0,30	нема
		II	III	35,50	0,56	36,53	1,07	0,85	нема
		II	IV	35,50	0,56	33,69	1,17	1,40	нема
		III	IV	36,53	1,07	33,69	1,17	1,79	нема
27	Јакост на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата " $\sigma_{z\angle 45^\circ}$ " [N/mm ²]	I	II	27,18	0,62	25,90	0,57	1,52	нема
		I	III	27,18	0,62	27,49	0,19	0,48	нема
		I	IV	27,18	0,62	27,97	0,44	1,04	нема
		II	III	25,90	0,57	27,49	0,19	2,65	има
		II	IV	25,90	0,57	27,97	0,44	2,87	има
		III	IV	27,49	0,19	27,97	0,44	1,00	нема
28	Јакост на затегнување под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови на плочата " $\sigma_{z\angle 67,5^\circ}$ " [N/mm ²]	I	II	35,47	0,93	36,04	0,43	0,56	нема
		I	III	35,47	0,93	35,97	1,10	0,35	нема
		I	IV	35,47	0,93	28,50	1,01	5,08	има
		II	III	36,04	0,43	35,97	1,10	0,06	нема
		II	IV	36,04	0,43	28,50	1,01	6,87	има
		III	IV	35,97	1,10	28,50	1,01	5,00	има
29	Јакост на притисок во насока на должината на фурнирските плочи " $\sigma_{\parallel}$ " [N/mm ²]	I	II	45,39	1,35	58,08	0,49	8,84	има
		I	III	45,39	1,35	48,77	0,99	2,02	нема
		I	IV	45,39	1,35	60,50	1,76	6,81	има
		II	III	58,08	0,49	48,77	0,99	8,43	има
		II	IV	58,08	0,49	60,50	1,76	1,32	нема
		III	IV	48,77	0,99	60,50	1,76	5,81	има

Р.бр.	Својство	Споредба на моделите		Прв статистички збир		Втор статистички збир		Вредност на тестот ($t_{пресмет.}$)	Значајност на разликите
				$\bar{x}$	f_x	$\bar{x}$	f_x		
30	Јакост на притисок во насока на ширината на фурнирските плочи " $\sigma_{p\perp}$ " [N/mm ²]	I	II	52,31	1,97	41,65	0,58	5,19	има
		I	III	52,31	1,97	54,98	1,65	1,04	нема
		I	IV	52,31	1,97	43,67	1,03	3,89	има
		II	III	41,65	0,58	54,98	1,65	7,62	има
		II	IV	41,65	0,58	43,67	1,03	1,71	нема
		III	IV	54,98	1,65	43,67	1,03	5,81	има
31	Тврдост "Hj" [N/mm ²]	I	II	87,55	3,01	86,13	0,89	0,45	нема
		I	III	87,55	3,01	93,69	4,16	1,20	нема
		I	IV	87,55	3,01	88,68	3,56	0,24	нема
		II	III	86,13	0,89	93,69	4,16	1,78	нема
		II	IV	86,13	0,89	88,68	3,56	0,69	нема
		III	IV	93,69	4,16	88,68	3,56	0,92	нема

6. ДИСКУСИЈА

Соодветно со начинот на прикажување на резултатите од истражувањето, споредбата на добиените резултати помеѓу испитаните модели, како и споредбата со податоците од литературата се наведени по истиот редослед, односно поеднично за секое испитано својство.

Зафатнинска маса

Зафатнинската маса е основно својство кое го детерминира квалитетот на изработените плочи. Високата зафатнинска маса е показател за високи физичко-механички карактеристики на материјалот.

Вредностите на зафатнинската маса на изработените лабораториски модели на фурнирски плочи се движат во граници од 759,99 до 785,90 kg/m³. Споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи има помала зафатнинска маса која изнесува 547,19 kg/m³, што е очекувано, бидејќи овој модел е изработен од топоволи фурнирски листови. Производителот на испитаниот модел „Shandong Xingang Wood Development Co, Ltd.” во извештајот од испитувањето на овој тип плочи наведува вредност за зафатнинската маса од 550 kg/m³ [40].

Сите модели на фурнирски плочи ги задоволуваат барањата на стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото, кој ја дефинира минималната вредност на зафатнинската маса од 500 kg/m³.

Зафатнинската маса на споредбениот модел на MDF плочи изнесува 703,10 kg/m³, со што се вклопува во стандардните вредности за ваков тип на плочи. Македонскиот стандард МКС Д.Ц5.022 за плочи влакнатици за општа употреба дефинира вредности од 350 до 800 kg/m³ за зафатнинската маса на полутврди плочи од дрвени влакна. Според Германскиот стандард DIN EN 316 за плочи од дрвени влакна синхронизиран со Европската норма, зафатнинската маса на MDF плочите изнесува минимум 600 kg/m³.

Споредбениот модел на OSB плочи има зафатнинска маса од 599,91 kg/m³, која е на прагот на минималната вредност за овој тип плочи (од 600 до 680 kg/m³). Добиената вредност за ова својство соодветствува со вредноста од 640 kg/m³ ± 10 %

наведена во техничката спецификација на плочите дадена од страна на производителот на испитаните OSB плочи „Kronospan Bulgaria EOOD-Burgas” [23].

Високите вредности на зафатнинската маса на изработените лабораториски модели даваат основа за добри физичко-механички карактеристики на овие плочи.

Влажност

Средните вредности на влажноста на лабораториските модели на фурнирски плочи се движи во граници од 7,83 до 8,39 %. Истите ги задоволуваат барањата на стандардите МКС Д.Ц5.041/85 и МКС Д.Ц5.043/85. Споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи со влажност од 7,88 % исто така ги задоволува барањата на наведените стандарди.

Според стандардот DIN EN 622-1, влажноста на MDF плочите се движи во граници од 4 до 11 %, а според МКС Д.Ц5.022 таа изнесува максимум 9 %. Споредбениот модел S/II со влажност од 7,75 % се вклопува во дозволените вредности наведени во овие стандарди.

Според Германскиот стандард синхронизиран со Европската норма, DIN EN 300, максималната дозволена влажност за сите типови на OSB плочи изнесува 12 %. Испитаниот споредбен модел S/III со влажност од 8,51 % го задоволува барањето на овој стандард.

Соодветната влажност на материјалот е основен предуслов за неговата добра димензиона стабилност при употреба во услови на зголемена влажност.

Релативно впивање вода за 24 часа

Средните вредности на релативното впивање вода за 24 часа кај лабораториските модели на фурнирски плочи кои се заштитени со фенолформалдехидна фолија (од I до IV) се движат во граници од 22,93 % до 29,72 %. Незаштитениот лабораториски модел N/II има средна вредност на ова својство од 32,43 %. Средната вредност од 46,69 % на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи S/I е повисока од средните вредности на сите модели на лабораториски фурнирски плочи.

Споредбениот модел на индустриски произведени MDF плочи (модел S/II) има пониска вредност на релативното впивање вода за 24 часа во однос на сите модели на фурнирски плочи (20,47 %). Ова значи дека и покрај фактот што MDF плочите денес, пред сè, се употребуваат во мебелното производство, во поглед на ова својство се тежнее тие да бидат и соодветен производ и како градежен материјал, пред сè како материјал за обложување во подните, сидните, таванските и други конструкции во објектите.

Споредбениот модел на плочи со ориентирани иверки (OSB-модел S/III) има највисоки вредности на ова својство (75,35 %), кои дури се 2,5 до 3 пати повисоки од средните вредности на лабораториските модели на фурнирски плочи.

Добиените вредности за лабораториските фурнирски плочи кореспондираат со оние кои ги наведува Илиев, Б. [72] за седумслојни и деветслојни водоотпорни букови фурнирски плочи кои се движат во граници од 21,27 до 30,78 %. Според Димески-Илиев [63] вредностите кај повеќеслојни индустриски фурнирски плочи изработени со фенолформалдехидно лепило изнесуваат 15,67% кај седумслојни и 18,29% кај деветслојни букови фурнирски плочи. Nikolić, M. [39] наведува вредности од 46,0 и 47,0 % за впивањето вода за 24 часа кај седумслојни и деветслојни брезови фурнирски плочи. Според истиот автор, буковите фурнирски плочи се карактеризираат со поголемо впивање вода во споредба со плочите изработени од брезов фурнир [39].

Со оглед на фактот дека примената на фурнирските плочи, пред сè е во градежништвото и градежните конструкции, добро е да се направат споредба на нивните својства со други видови на дрвени плочи, чија примена исто така е во оваа област. Така, за комбинирани плочи двослојно фурнирани со буков фурнир Илиев, Б. [72] наведува вредности од 38,20 до 52,15 %, додека пак за еднослојно фурнирани од 34,56 до 51,59 %. Исто така, за комбинирани плочи фурнирани со букови фурнири Димески-Илиев-Граматинов [62] наведуваат вредности од 38,89 % за плочи фурнирани со еден фурнир и 33,16 % со два фурнира. Miljković-Dimeski-Iliev [37] за комбинирани плочи фурнирани со борови фурнири наведуваат вредности од 39,83 % за еднослојно фурнирани плочи и 47,20 % за двослојно фурнирани. Димески-Јосифов-Илиев [65] за комбинирани плочи фурнирани со тополови фурнири даваат вредности од 48,07 % за плочи со еден

фурнир и 43,61% за плочи со два фурнира. Повисоките вредности на ова својство кај комбинираниите плочи во однос на фурнирските се резултат на структурата на комбинираниите плочи, кои во својот состав како основа содржат плочи од иверки кои придонесуваат за поголемото впивање вода.

Добиените вредности за релативното впивање вода за 24 часа кај MDF плочите се вклопуваат во рамките на оние кои ги наведуваат производителите на вакви типови плочи и оние кои се наведени во литературата. Компанијата LogSearch Sdn Bhd [26] за MDF плочи со дебелина од 19 mm за ова својство дава вредност од 20 %. Компанијата Wintek Prelam [30] за своите плочи специфицирани според IS: 12406-1988 наведува вредности од максимум 12 % за MDF плочи за надворешна употреба и 18 % за плочи за внатрешна употреба. Jones-Barnes-Murphy [32] наведуваат вредности за комерцијални MDF плочи со зафатнинска маса од 913 до 977 kg/m³ произведени на територијата на Северна Америка во граници од 9,14 до 10,81 %.

Споредбениот модел на OSB плочи (S/III) покажува повисоки вредности на релативното впивање вода за 24 часа од оние кои ги наведуваат Gu-Wang-Neimsuwan-Wang [17] за комерцијални OSB плочи за употреба во подните конструкции и тоа: за плочи од борова суровина 10,45 до 60,94 %, за плочи од трепетлика од 19,86 до 25,70 % и за плочи изработени од мешавина од тврди лисјари, 26,69 %. Jones-Barnes-Murphy [32] наведуваат вредности за комерцијални OSB плочи со зафатнинска маса од 690 до 720 kg/m³ произведени на територијата на Северна Америка во граници од 47,00 до 59,88 %.

Од приложените вредности може да се забележи дека релативното впивање вода кај плочите со ориентирани иверки варира во широки граници, што е резултат на различните зафатнински маси на појдовната суровина и на произведените плочи, различните зафатнинскомасини профили на плочите, како и видот на употребеното лепило.

Добиените вредности за релативното впивање вода кај лабораториските фурнирски плочи се вклопуваат во рамките на достапните податоци од литературата и воедно покажуваат дека се работи за стабилен и квалитетен материјал во поглед на водоотпорноста.

Релативно дебелинско бабрење за 24 часа

Средните вредности на релативното дебелинско бабрење за 24 часа кај лабораториските модели се движат во граници од 8,90 до 9,95 %. Споредбениот модел на индустриските фурнирски плочи S/I покажува исклучителна димензиона стабилност во поглед на дебелинското бабрење, кое изнесува 4,91 %. Во однос на оваа вредност, споредбените модели S/II и S/III имаат повисока вредност за 1,8 и 4,5 пати соодветно. Вредноста на дебелинското бабрење на овие два модела изнесува 9,07 и 22,12 %, соодветно.

Лабораториските модели на фурнирски плочи ги задоволуваат барањата на стандардот МКС Д.Ц5.032 кој ја дефинира горната граница за ова својство на 12 %. Ова значи дека се изработени димензионо стабилни плочи во однос на дејството на вода, што е еден од предусловите за употреба на фурнирските плочи во услови на зголемена влажност и во градежништвото.

Димески-Илиев [63] наведуваат вредности за дебелинското бабрење од 5,01 % за индустриски водоотпорни седумслојни букови фурнирски плочи и 5,45 % за деветслојни плочи. Nikolić, M. [39] дава вредности за дебелинското бабрење за 24 часа кај деветслојни брезови фурнирски плочи во износ од 14,70 %.

Димески-Илиев-Граматинов [62] за комбинирани плочи фурнирани со букови фурнири наведуваат вредност од 10,71% за еднослојно фурнирани плочи и 9,02% за двослојно фурнирани. Miljković-Dimeski-Iliev [37] за комбинирани плочи фурнирани со борови фурнири ги даваат следниве вредности: 7,52% со еден фурнир и 9,82% со два фурнира. Димески-Јосифов-Илиев [65] за комбинирани плочи фурнирани со тополови фурнири наведуваат вредности од 9,64% и 8,76% за еднослојно и двослојно фурнирани плочи.

Добиените вредности кај споредбениот модел на плочите од дрвни влакна со средна густина (MDF) ги задоволуваат и барањата на стандардот МКС Д.Ц5.024 за плочи од дрвни влакна за употреба во градежништвото кој ја дефинира горната граница на дебелинското бабрење од 15 %. Оваа вредност се однесува за полутврди плочи кои може да се користат за неносиви преградни сидови во систем на панели или сендвичи. Стандардот МКС Д.Ц5.022 за плочи влакнатици за општа употреба ја дефинира горната граница на ова својство на 20 %. Според стандардот DIN EN 622-5, испитаниот модел на MDF плочи ги

задоволува барањата за плочи за општа употреба, како и за плочи за конструктивна употреба во суви услови. Наведениот стандард за овие типови плочи ја дефинира горната граница од 12 %. Вредностите за ова својство кои ги наведуваат производителите на комерцијални MDF плочи се движат во слични граници. Компанијата LogSearch Sdn Bhd [26] за MDF плочи со дебелина од 19 mm дава вредности од 8 %. Во публикациите на орагнизацијата EWPAА [14] за MDF плочи со дебелина од 13 до 22 mm кои се произведуваат на териториите на Австралија, Нов Зеланд, Фиџи и Нова Гвинеја, а во согласност со Австралискиот стандард AS/NZS 1859.2 се наведени вредности за ова својство во граници од 8 до 12 %. Wang-Winistorfer [50] за комерцијални MDF плочи со дебелина од 16 mm наведуваат вредност за дебелинското бабрење за 24 часа од 13,65 %. Jones-Barnes-Murphy [32] наведуваат вредности за комерцијални MDF плочи со зафатнинска маса од 913 до 977 kg/m³ произведени на територијата на Северна Америка во граници од 7,41 до 9,39 %.

Wang-Winistorfer [50] за комерцијални OSB плочи со дебелина од 12,70 mm наведуваат вредност за дебелинското бабрење за 24 часа од 23,81 %. Miljković, J. [38], наведува стандардни ограничувања за дебелинското бабрење кај OSB плочите од 10 до 20 %. Jones-Barnes-Murphy [32] наведуваат вредности за комерцијални OSB плочи со зафатнинска маса од 690 до 720 kg/m³ произведени на територијата на Северна Америка во граници од 20,84 до 27,16 %. Taylor-Wang-Freitag-Morrel [49] наведуваат вредности за комерцијални OSB плочи застапени на територијата на САД од приближно 15 %, додека за “подобрани” OSB плочи во граници од 5 до 9 %. Европската федерација за плочи (EPF - European Panel Federation) во документот со технички податоци за OSB плочи [12], а во согласност со Европскиот стандард EN 300 ги дава следниве вредности за дебелинското бабрење за 24 часа: за OSB/1 max 25 %, OSB/2 max 20 %, OSB/3 max 15 % и OSB/4 max 12 %. Согласно овие ограничувања во стандардот, испитаниот модел на OSB плочи (S/III) се вбројува во OSB плочи за општа употреба во внатрешни услови (OSB/1). Добиената вредност за ова својство не соодветствува со максимално дозволената вредност од 20 %, наведена во техничката спецификација на плочите дадена од страна на производителот на испитаните OSB плочи „Kronospan Bulgaria EOOD-Burgas” [23]. Наведениот производител ги категоризира испитаните OSB плочи како тип OSB/2 (носиви плочи за употреба во суви услови), што не

соодветствува со добиените вредности од испитувањето на дебелинското бабрење. Согласно Канадскиот стандард CSA0437.0, максималното дебелинско бабрење за OSB плочи со дебелина над 12,7 mm изнесува 10 %. Компанијата “Bolderaja Ltd” која е единствениот производител на OSB плочи во Нордискиот регион, а е дел од корпорацијата “Kronospan”, во техничката спецификација за плочите тип OSB/2 и OSB/3 наведува дозволено дебелинско бабрење за 24 часа од максимум 20 и 15 % соодветно.

**Релативно впивање вода и дебелинско бабрење при продолжен
прејман во вода**

Испитувањето на релативното впивање вода и дебелинското бабрење за 48 и 72 часа не е задолжително и не е опфатено во стандардите. Сепак, ваквото испитување дава можност да се согледа интензитетот на впивањето вода и дебелинското бабрење во услови на продолжено дејство на вода.

Средните вредности за релативното впивање вода за 48 часа кај лабораториските модели на фурнирски плочи се движат во граници од 29,24 % кај моделот II до 39,91 % кај моделот II/N. Споредбената анализа на вредностите на лабораториските и индустриските модели на плочи покажува дека средната вредност на моделите S/I, S/II и S/III изнесуваат 1,9; 1,09 и 2,9 пати од најмалата средна вредност на ова својство добиена кај моделот II. Добиеените вредности кај лабораториските модели се приближни на оние кои ги наведува Илиев, Б. [73] за седумслојни и деветслојни водоотпорни букови фурнирски плочи во износ од 29,13 % и 32,42 %. Истиот автор, за седумслојни и деветслојни водоотпорни борови фурнирски плочи наведува вредности од 29,74 и 28,01 % [73]. Nikolić, M. [39] наведува вредности за релативното впивање вода при третман од 48 часа за седумслојни и деветслојни брезови фурнирски плочи во износ од 55,0 и 58,0 % соодветно.

Вредностите на релативното впивање вода за 72 часа кај лабораториските модели на фурнирски плочи се движи во граници од 34,44 до 44,34 %. Илиев, Б. [73] дава вредности од 33,66 и 36,45 % за седумслојни и деветслојни букови фурнирски плочи, како и 33,82 и 32,27 % за седумслојни и деветслојни борови фурнирски плочи. Nikolić M. [39] наведува вредности од 88,0 и 97,0 % за впивањето

вода за 96 часа кај седумслојни и деветслојни брезови фурнирски плочи.

Semple-Cullis-Evans [43] наведуваат вредности за релативното впивање вода за 48 часа кај OSB плочи во износ од 21,43 %, што е за четири пати помалку во однос на добиената вредност за испитаниот модел S/III. Gu-Wang-Neimsuwan-Wang [17] за комерцијални OSB плочи за употреба во подните конструкции ги наведуваат следниве вредности за релативното впивање вода за 96 часа: за плочи од борова суровина од 35,24 до 84,98 %, за плочи од трепетлика од 51,22 до 62,16 % и за плочи изработени од мешавина од тврди лисјари, 56,16 %. Средната вредност на релативното впивање вода за 72 часа кај испитаниот споредбен модел на OSB плочи (S/III) во износ од 89,15 % е поголема и од горенаведените вредности за ова својство при третман во вода од 96 часа.

Анализата на релативното впивање вода за 24, 48 и 72 часа на лабораториските фурнирски плочи покажува дека кај сите модели, најголемото впивање вода се постигнува за првите 24 часа, по што интензитетот на впивањето вода се намалува. Во следните 24 часа (до 48 часа) релативното впивање вода се зголемува за 6,71 % кај модел I, 6,31 % кај модел II, 6,04 % кај модел III, 6,08 % кај модел IV и 7,48 % кај моделот II/N. Со продолжување на третманот во вода до 72 часа доаѓа до понатамошно зголемување на релативното впивање вода, но со уште послаб интензитет.

Интензитетот на релативното впивање вода на споредбените модели на индустриски произведените плочи како и кај лабораториските модели е најголем во првите 24 часа, по што, со продолжувањето на третманот во вода релативното впивање вода продолжува да се зголемува, но со намален интензитет. Во следните 24 часа (до 48 часа) релативното впивање вода кај моделот S/I се зголемува за 9,29 %, кај моделот S/II за 11,36 % и кај моделот S/III за 10,71 %. Во споредба со моделите на лабораториски плочи, може да се забележи дека во овој период кај споредбените модели се јавува поголем интензитет на релативното впивање вода. Со продолжување на третманот во вода до 72 часа вредностите на релативното впивање вода се зголемуваат за 6,32 % кај моделот S/I, за 16,79 % кај моделот S/II и за 3,09 % кај моделот S/III. Од овие вредности може да се забележи дека со исклучок на моделот S/II, кај кој во овој период се јавува зголемување на интензитетот на впивањето вода во споредба со интензитетот во претходните 24 часа, кај останатите споредбени модели овој интензитет е намален.

Вредностите за релативното дебелинско бабрење за 48 часа кај лабораториските модели се движаат во граници од 9,97 до 10,81 %. Илиев, Б. [73] за седумслојни и деветслојни водоотпорни букови фурнирски плочи наведува вредности од 7,45 и 7,32 % соодветно, додека пак за седумслојни и деветслојни борови фурнирски плочи дава вредности во износ од 14,28 и 14,40 %. Nikolić, M. [39] наведува вредности за релативното дебелинско бабрење при третман од 48 часа за седумслојни и деветслојни брезови фурнирски плочи во износ од 20,5 и 15,2 % соодветно, кои се речиси двојно повисоки во однос на добиените вредности кај лабораториските модели.

Вредностите на релативното дебелинско бабрење за 72 часа кај лабораториските модели на фурнирски плочи се движи во граници од 10,25 до 11,06 %. При ваков третман во вода, за седумслојни и деветслојни букови фурнирски плочи, Илиев, Б. [проект] дава вредности од 7,75 и 7,63 %, додека пак за борови фурнирски плочи во износ од 15,80 и 14,92 %. Nikolić, M. [39] наведува вредности од 22,2 и 16,3 % за дебелинското бабрење за 96 часа кај седумслојни и деветслојни брезови фурнирски плочи.

Sample-Cullis-Evans [43] наведуваат вредности за релативното дебелинско бабрење за 48 часа кај OSB плочи во износ од 15,66 %, наспроти добиената вредност за испитаниот модел S/III (22,77 %). Gu-Wang-Neimsuwan-Wang [17] за комерцијални OSB плочи за употреба во подните конструкции ги наведуваат следниве вредности за релативното дебелинско бабрење за 96 часа: за плочи од борова суровина од 15,20 до 35,10 %, за плочи од трепетлика од 14,96 до 27,66 % и за плочи изработени од мешавина од тврди лисјари 23,53 %. Средната вредност на релативното дебелинско бабрење за 72 часа кај испитаниот споредбен модел на OSB плочи S/III (23,88 %) се наоѓа помеѓу горенаведените вредности за ова својство при третман во вода од 96 часа.

Анализата на релативното дебелинско бабрење за 24, 48 и 72 часа на лабораториските фурнирски плочи покажува дека кај сите модели, најголемото дебелинско бабрење се постигнува за првите 24 часа, по што неговиот интензитет се намалува. Во следните 24 часа (до 48 часа) релативното дебелинско бабрење се зголемува за 0,73 % кај моделот I, 1,07 % кај моделот II, 0,58 % кај моделот III, 1,14 % кај моделот IV и 0,86 % кај моделот II/N. Со продолжување на третманот во вода до 72 часа доаѓа до понатамошно зголемување на релативното дебелинско

бабрење, но со уште послаб интензитет, така што кај моделот I тоа се зголемува за 0,22 %, кај моделот II за 0,46 %, кај моделот III за 0,21 %, кај моделот IV за 0,42 % и кај моделот II/N за 0,25 %. Интензитетот на зголемувањето на релативното дебелинско бабрење кај моделите I и III е речиси двојно помал од оној на моделите II и IV.

Интензитетот на релативното дебелинско бабрење на споредбените модели на индустриски произведени плочи како и кај лабораториските модели е најголем во првите 24 часа, по што, со продолжувањето на третманот во вода релативното дебелинско бабрење продолжува да се зголемува, но со намален интензитет. Во споредба со моделите на лабораториските плочи и останатите два споредбени модела, кај моделот S/I дебелинското бабрење во периодот до 48 часа се одвива со најмал интензитет. Интензитетот, пак, на дебелинското бабрење на моделот S/II е најмалку четири пати поголем во споредба со останатите модели. Со продолжување на треманот во вода до 72 часа вредностите на релативното дебелинско бабрење се зголемуваат, но со најслаб интензитет.

Јакост на свивање на фурнирскиите плочи паралелно на должината на плочата

Јакоста на свивање е едно од најважните својства на дрвените плочи кое ја детерминира, пред сè, нивната употреба како неносиви или носиви материјали во градежните конструкции.

Средните вредности за ова својство кај лабораториските модели на фурнирски плочи се движат во граници од 64,16 до 99,71 N/mm², при што средната вредност кај моделите I и III е помала за 29,13 до 35,21 % во однос на онаа кај моделите II и IV. Поголемиот број на надолжно ориентирани фурнири со дебелина од 3,2 mm кои зафаќаат најголем процент од дебелината на плочите е причина за поголемите вредности на ова својство кај моделите II и IV во однос на моделите I и III. Всушност кај моделите II и IV поголем дел од дебелината на плочата ја зафаќаат фурнири чии дрвени влакна се ориентирани паралелно на должината на пробното тело. Ваквиот сооднос на вредностите е во согласност и со т.н. “Parallel ply theory” која ги образложува разликите во јакостните карактеристики и еластичноста на фурнирските плочи во насока на должината и

пириката на плочата, што е резултат од наизменичниот распоред на фурнирските листови во плочата [13]. Според оваа теорија, фурнирите ориентирани паралелно на распонот на оптоварената плоча го носат целото свивање од нанесениот товар, додека пак напречно ориентирани фурнири се претпоставува дека не придонесуваат воопшто во јакоста на плочата, а само мал процент во еластичноста [13].

Разликата во средните вредности, пак, помеѓу моделот I и моделот III, како и онаа помеѓу моделите II и IV е мала, при што, моделот I има поголема вредност за 3,97 % во однос на моделот III, а моделот II за 5,74 % во однос на моделот IV. Ова значи дека позицијата на фурнирските листови со дебелина од 3,2 mm во конструкцијата на плочата, односно нивното поместување кон површинските слоеви на плочата има мало влијание врз јакоста на свивање паралелно на должината на плочата.

Сите модели на лабораториски плочи имаат повисоки вредности на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата во однос на споредбениот модел на индустриски произведени фурнирски плочи (S/I), и тоа за најмалку 29,54 %, а најмногу 101,31 %.

Средните вредности на јакоста на свивање на сите лабораториски модели на фурнирски плочи се повисоки и од средните вредности на ова својство во сите насоки на плочата кај споредбените модели на MDF и OSB плочи.

Добиените вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај сите модели на фурнирски плочи ја надминуваат вредноста од 40 N/mm² дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Притоа, лабораториските модели ја надминуваат дефинираната вредност за 1,6 до 2,5 пати.

Јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај изработените лабораториски модели е во рамките на вредностите за ова својство наведени во достапната литература. Димески-Илиев [63] даваат вредности од 78,36 и 67,68 N/mm² за седумслојни и деветслојни букови фурнирски плочи. Илиев, Б. [72] наведува вредности од 84,25 и 96,51 N/mm² за седумслојни и деветслојни букови фурнирски плочи. Hrázský-Král [18] за лабораториски букови фурнирски плочи со зафатнинска маса од 725,40 до 783,99 kg/m³ и дебелина од приближно 10 mm, даваат вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кои

се движат во граници од 85,32 до 109,83 N/mm². Nikolić, M. [39] наведува вредност за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај седумслојни букови фурнирски плочи во износ од 83 N/mm². Arriga-Peraza [2] за борови фурнирски плочи со дебелина од 15 и 18 mm наведуваат вредности за ова својство од 37,2 и 23,4 N/mm². Brezović-Jambreković-Kljak [7] наведуваат вредност од 61,95 N/mm² за лабораториски тополови фурнирски плочи со дебелина од 10 mm, слепени со резорцинфенолформалдехидно лепило. Истите автори за вакви плочи зајакнати со јаглородни влакна, даваат вредности од 86,33 до 86,60 N/mm². Компанијата “Allied veneer Co” [21] која произведува фурнирски плочи за употреба во пловни објекти во согласност со стандардот BS 1088 наведува вредност од 92 N/mm², која е помала од добиените вредности на лабораториските модели II и IV.

Покрај лабораториските модели на фурнирски плочи и испитаниот споредбен модел S/I има повисоки вредности за ова својство во однос на оние наведени во прирачниците за дрвени композити и фурнирски плочи [8, 15, 53]. Вредностите за фурнирските плочи произведени на територијата на Финска, кои се наведени во прирачникот за финските фурнирски плочи [15] се движат во следните граници: за брезови плочи со дебелина од 12 mm (деветслојни), 15 mm (единаесетслојни) и 18 mm (тринаесетслојни) изнесуваат: 42,9; 41,3 и 40,2 N/mm² соодветно; за комбинирани плочи од бреза и иглолисни видови со истите дебелини: 40,0; 37,5 и 35,8 N/mm², и за плочи од иглолисни видови (најчесто бор): 24,5; 23,6 и 23,0 N/mm². Youngquist, J.A. во прирачникот за дрвени композити [53] наведува вообичаени вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата за фурнирски плочи наменети за обложување во дрвените конструкции во граници од 20,7 до 48,3 N/mm². Cai-Ross во прирачникот за дрвото како инженерски материјал [8] наведуваат вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата за фурнирски плочи од различни дрвни видови во граници од 33,72 до 42,61 N/mm².

**Јакост на свивање на фурнирскиѝе ѝлочи најречно на должинаѝа
на ѝлочаѝа**

Македонскиот стандард за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото МКС Д.Ц5.043 ја дефинира долната граница за

јакоста на свивање напречно на должината на плочата од 15 N/mm^2 . Јакоста на свивање на лабораториските модели на фурнирски плочи која се движи во граници од 43,79 до $83,87 \text{ N/mm}^2$ ја надминува оваа вредност за 3 до 5,5 пати, додека споредбениот модел на индустриски плочи S/I ја надминува 2 пати. Најголемите вредности на ова својство се јавуваат кај моделите кај кои фурнирските листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани паралелно на должината на пробното тело (модел I и III). Кај овие модели делот од дебелината на плочата со паралелно ориентирани фурнири е поголем во однос на тој дел кај моделите II и IV. Кај моделите II и IV сите три фурнирски листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани напречно на должината на пробното тело, што резултира со пониски вредности на јакоста на свивање во однос на претходните два модели. Од ориентацијата на овие фурнири произлегуваат и повисоките или пониски средни вредности на јакоста на свивање паралелно и напречно на должината на плочата кај различните модели. Средните вредности на јакоста на свивање напречно на должината на плочата кај моделите I и III се повисоки во однос на средните вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај истите модели. Ова е резултат на поголемиот број надолжно ориентирани фурнири со дебелина од 3,2 mm при испитувањето на јакоста на свивање напречно на должината на плочата. Од иста причина моделите II и IV имаат повисоки вредности на јакоста на свивање во насока паралелна на должината на плочата во споредба со вредностите напречно на должината на плочата.

Добиените вредности кај лабораториските модели на фурнирски плочи се во гарниците на вредностите наведени во литературата, а во одредени случаи и повисоки. Hrázský-Král [18] за лабораториски букови фурнирски плочи со зафатнинска маса од 725,40 до $783,99 \text{ kg/m}^3$ и дебелина од приближно 10 mm, даваат вредности за јакоста на свивање напречно на должината на плочата кои се движат во граници од 49,83 до $61,21 \text{ N/mm}^2$. Brezović-Jambrečević-Kljak [7] наведуваат вредности за лабораториски тополови фурнирски плочи со дебелина од 10 mm, слепени со резорцинфенолформалдехидно лепило во износ од $28,41 \text{ N/mm}^2$. Истите автори за вакви плочи зајакнати со јаглородни влакна, даваат вредности од 52,02 до $58,11 \text{ N/mm}^2$. Arriga-Peraza [2] за борови фурнирски плочи со дебелина од 15 и 18 mm даваат вредности за истото својство од 23,0 и $27,0 \text{ N/mm}^2$.

Вредностите за фурнирските плочи произведени на територијата на

Финска, кои се наведени во прирачникот за финските фурнирски плочи [15] се движат во граници од 33,20 до 34,10 N/mm² за брезови плочи и од 19,00 до 19,50 N/mm² за плочи од иглолисни дрвни видови (најчесто бор). Споредбениот модел S/I има средна вредност на јакоста на свивање напречно на должината на плочата која е во рамките на наведените вредности од овој прирачник.

**Јакост на свивање на плочи од дрвни влакна со средна густина (MDF) и
плочи со ориентирани иверки (OSB)**

Споредбениот модел на MDF плочи (S/II) се карактеризира со приближно изедначени вредности на јакоста на свивање во насока паралелно, напречно и под агол од 22,5; 45 и 67,5° во однос на должината на плочата, што е резултат на хомогената структура на овој тип плочи. Добиените вредности од 34,13 до 35,68 N/mm² за овој модел во сите испитани насоки на плочата ги задоволуваат барањата на Германскиот стандард DIN EN за MDF плочи. Согласно овој стандард и добиените вредности, испитаниот модел на MDF плочи ја надминува и дефинираната вредност од 32 N/mm² за конструктивни (носиви) плочи за употреба во влажни услови изложени на краткотрајни оптоварувања (MDF-HLS).

Вредностите на јакоста на свивање на испитаниот споредбен модел S/II се во рамките на вредностите кои се наведени во литературата и од страна на производителите на ваков тип плочи ширум светот. Cai-Ross во прирачникот за дрвото како инженерски материјал [8] наведуваат вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата за MDF плочи во граници од 23,2 до 39,3 N/mm². Akgül-Çöpür-Güler-Tozluoğlu-Büyüksarı [33] за MDF плочи со дебелина од 18 mm изработени од дабова суровина, наведуваат вредности од 19,6 N/mm² за плочи со зафатнинска маса од 600 kg/m³, 28,8 N/mm² за плочи со зафатнинска маса од 700 kg/m³ и 30,7 N/mm² за плочи со зафатнинска маса од 800 kg/m³. Компанијата LogSearch Sdn Bhd [26] за MDF плочи со дебелина од 19 mm за ова својство дава вредност од 26 N/mm². Во публикациите на организацијата EWPAА [14] за MDF плочи со дебелина од 13 до 22 mm кои се произведуваат на териториите на Австралија, Нов Зеланд, Фиџи и Нова Гвинеја е наведена вредност за ова својство од 38 N/mm². Компанијата Wintek Prelam [30] за своите плочи специфицирани според IS: 12406-1988 наведува вредности од минимум 28 N/mm² за

MDF плочи за надворешна и внатрешна употреба. Компанијата “Plum Creek” [28] од САД за MDF плочи со зафатнинска маса од 780 kg/m^3 , наведува вредност од $33,1 \text{ N/mm}^2$. Производителот на MDF плочи во Северна Америка “Flakeboard” во брошурата за MDF плочи [24], наведува вредности од 24,13 до $25,51 \text{ N/mm}^2$. Белгискиот производител “Spanolux” во својот прирачник за MDF плочи [29], наведува вредност за јакоста на свивање од 30 N/mm^2 за конструктивни плочи за употреба во суви услови со дебелина од 12 до 19 mm, а во согласност со стандардот EN 622-5. Австрискиот производител, пак, “Kaindl Holzindustrie” во техничката спецификација за неносиви MDF плочи со дебелина од 12 до 19 mm за општа употреба во внатрешни услови [25], наведува вредност за јакоста на свивање од минимум 20 N/mm^2 .

Споредбата на добиените вредности на јакоста на свивање на испитаниот модел на MDF плочи со податоците од литературата укажува на тоа дека увезените MDF плочи во Р. Македонија од соодветниот производител ги задоволуваат барањата за овој тип на плочи за општа употреба во внатрешни услови. Добиените вредности за ова својство соодветствуваат со наведените вредности во техничката спецификација на плочите дадена од страна на производителот на испитаните MDF плочи “MDF Hallein GmbH & Co KG” [27]. За квалитетот на овие плочи говори и податокот дека средните вредностите на јакоста на свивање во сите насоки кај споредбениот модел S/II се повисоки и од средната вредност на јакоста на свивање напречно на должината на плочата кај споредбениот модел на индустриските фурнирски плочи. Вредностите на јакоста на свивање на моделот S/II (MDF) во сите насоки се поголеми во однос на истите кај моделот S/III (OSB).

Споредбениот модел на OSB плочи се карактеризира со различни вредности на ова својство во различни насоки на плочата. Јакоста на свивање на овој модел има најголема средна вредност во насока паралелна на должината на плочата ($19,17 \text{ N/mm}^2$), а најмала во насока напречно на должината на плочата ($10,29 \text{ N/mm}^2$). Вредностите на јакоста на свивање под агол од $22,5^\circ$; 45° и $67,5^\circ$ се движат во границите помеѓу вредностите во овие две насоки, при што со зголемување на аголот се намалува вредноста на јакоста на свивање. Различните вредности на јакоста на свивање во различни насоки кај овој тип на плочи се очекувани, бидејќи една од главните карактеристики на OSB плочите е да имаат

зголемени својства во одредена насока што се постигнува со ориентирање на иверот во структурата на плочата. Вредностите на јакоста на свивање на испитаниот модел на OSB плочи ги задоволуваат барањата на стандардот DIN EN 300 за плочи за конструктивна употреба (носиви плочи – OSB/2 и OSB/3).

Добиените вредности на јакоста на свивање кај OSB плочите се пониски од повеќето во литературата. Youngquist, J.A. во прирачникот за дрвени композити [53] наведува вообичаени вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата за OSB плочи наменети за обложување од 20,7 до 27,6 N/mm². Cai-Ross во прирачникот за дрвото како инженерски материјал [8] наведуваат вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата за OSB плочи во граници од 21,8 до 38,8 N/mm², а напречно на должината на плочата од 7,8 до 33,7 N/mm². Во водичот за OSB плочи за употреба во дрвените конструкции [46], а во согласност со канадскиот стандард CSA 0437.0 за OSB плочи, наведена е вредност за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата од минимум 29 N/mm² за плочи тип О-2 и 23,4 N/mm² за плочи тип О-1. Во истиот водич, вредностите за ова својство напречно на должината на плочата изнесуваат минимум 12,4 N/mm² за плочи тип О-2 и 9,6 N/mm² за плочи тип О-1.

Европската федерација за плочи во документот со технички податоци за OSB плочите [12], а во согласност со Европскиот стандард EN 300 ги дава следниве вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата: за плочи тип OSB/1 за општа употреба во внатрешни услови: min 16 N/mm², за носиви плочи тип OSB/2 за употреба во суви услови min 18 N/mm², за носиви плочи тип OSB/3 за употреба во влажни услови min 18 N/mm², и за плочи изложени на тешки товари во влажни услови тип OSB/4 min 26 N/mm². Овие вредности се однесуваат за плочи со дебелина од 18 до 25 mm. Во истиот документ се наведени и вредностите за јакоста на свивање напречно на должината на плочата, односно за плочи тип OSB/1 min 8 N/mm², за тип OSB/2 и OSB/3 min 9 N/mm², и за плочи тип OSB/4 min 14 N/mm². Добиените вредности за ова својство соодветствуваат со наведените вредности во техничката спецификација на плочите дадена од страна на производителот на испитаните OSB плочи „Kronospan Bulgaria EOOD-Burgas” [23]. Испитаниот модел во поглед на ова својство ги задоволува вредностите за носиви плочи тип OSB/1 за употреба во суви услови.

Wang, S., H. Gu, T. Neimsuwan [51] за комерцијални OSB плочи произведени

на територијата на Северна Америка, а застапени на пазарите во САД и Канада, наведуваат вредности од 17,8 до 46,0 N/mm² за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата и од 14,7 до 21,5 N/mm² за јакоста на свивање напречно на должината на плочата. Големiot распон на вредностите е резултат на различните дрвни видови и лепило употребени за производство на плочите, како и различните технологии застапени кај поедините производители.

Malanit-Laemsak [36] за OSB плочи изработени од гумозно дрво (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) наведуваат вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата во граници од 38,73 до 92,74 N/mm². Големите разлики во вредностите се резултат на различната ориентација на иверките во структурата на плочите, при што најголеми вредности се добиени кај еднослојни плочи со еднонасочно ориентирани иверки, додека пак најмали кај еднослојни плочи со иверки ориентирани во различни насоки. Високи вредности (72,58 N/mm²) се добиени и кај трослојни OSB плочи со вкрстена ориентација на слоевите. Истите автори за јакоста на свивање напречно на должината на плочата кај овие плочи даваат вредности од 13,37 до 42,84 N/mm².

Shigehiko, S [48] за OSB плочи со дебелина од 12 mm изработени од Јапонски кедар, наведува вредности од 27,7 до 69,7 N/mm², при што најголемите вредности се добиени кај еднослојни плочи со еднонасочно ориентирани иверки и со поголема должина на иверките (70 mm). Јакоста на свивање напречно на должината на овие плочи се движи во граници од 12,8 до 29,9 N/mm².

Со споредба на добиените вредности на јакоста на свивање на испитаниот модел на OSB плочи со наведените вредности од литературата се согледува дека овие плочи може да одговорат на барањата и препораките за ова својство наведени во Европскиот технички документ [12]. Од друга страна, пак, добиените вредности за овие плочи се пониски од оние кои се препорачани во прирачниците и водичите за OSB плочи наменети за пазарите во САД и Канада [8, 46, 53].

Модул на еластичност при свивање паралелно на должината на фурнирскиите плочи

Модулот на еластичност при свивање заедно со јакоста на свивање е својство од кое зависи примената на плочите во различни типови на конструкции.

При оптоварување од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата се движи во граници од 6380,65 до 7546,76 N/mm² кај моделот I, од 8416,20 до 10734,50 N/mm² кај моделот II, од 5685, 31 до 6720,53 N/mm² кај моделот III, од 8208,14 до 10414,86 N/mm² кај моделот IV, и од 4881,06 до 5948,74 N/mm² кај споредбениот модел S/I.

Аналогно на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата, вредностите на модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата кај моделите II и IV се поголеми во однос на оние на моделите I и III.

Добиените вредности за ова својство кај лабораториските модели со исклучок на моделот III, ја надминуваат вредноста од 7000 N/mm² дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Моделите II и IV ја задоволуваат оваа вредност и при максимално оптоварување на кршење (7275,55 и 7264,34 N/mm²). Ова јасно укажува на тоа дека со оптимализирање на конструкциите на фурнирските плочи може да се постигнат зголемени јакостни карактеристики на плочите и воедно да се прошири подрачјето на нивната примена. Со користење на еднаков број на исти фурнири, но со различен распоред во структурата на плочата, може да се изработат различни плочи, со различни физичко-механички карактеристики.

Споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи S/I не ги задоволува барањата за ова својство наведени во стандардот МКС Д.Ц5.043, со што истите не треба да се употребуваат во инженерските конструкции каде ќе бидат оптоварени на свивање во насока на должината на плочата.

Добиените вредности на модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата кај лабораториските модели на фурнирски плочи се во границите на наведените вредности во литературата. Илиев, Б. [72] наведува вредности од 5102,81 до 11145,69 N/mm² за седумслојни и од 5712,07 до 11075,30 N/mm² за деветслојни букови фурнирски плочи. Истиот автор за комбинирани плочи од иверки еднослојно и двослојно фурнирани со буков фурнир, дава вредности од 8222,91 и 5293,22 N/mm² соодветно [71]. Hrázský-Král [18] за лабораториски букови фурнирски плочи со зафатнинска маса од 725,40 до 783,99 kg/m³ и дебелина од приближно 10 mm, наведуваат вредности за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата кои се движат во

граница од 8139,34 до 9695,86 N/mm². Brezović-Jambreko-kić-Kljak [7] наведуваат вредности за лабораториски топови фурнирски плочи со дебелина од 10 mm, слепени со резорцинфенолформалдехидно лепило во износ од 3633 N/mm². Истите автори за вакви плочи зајакнати со јаглородни влакна, даваат вредности од 6732 до 8632 N/mm².

Вредностите за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата кои се наведени во прирачникот за финските фурнирски плочи [15] се движат во граница од 10048 до 10719 N/mm² за брезови плочи и од 7464 до 7963 N/mm² за плочи од иглолистни дрвени видови (најчесто бор). Youngquist, J.A. во прирачникот за дрвени композити [53] наведува вообичаени вредности за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата за фурнирски плочи наменети за обложување во дрвените конструкции во граница од 6890 до 13100 N/mm². Компанијата “Allied veneer Co” [21] која произведува фурнирски плочи за употреба во пловни објекти во согласност со стандардот BS 1088 наведува вредност од 11400 N/mm² за ваков тип плочи. Cai-Ross во прирачникот за дрвото како инженерски материјал [8] наведуваат вредности за модулот на еластичност при свивање на фурнирски плочи од различни дрвени видови во граница од 6960 до 8550 N/mm².

Добиените вредности на модулот на еластичност кај лабораториските модели кои ги задоволуваат барањата на стандардот за фурнирски плочи за употреба во градежништвото (со исклучок на моделот III), даваат надеж за успешна примена на ваквите плочи како конструктивен материјал. Притоа, од различните вредности помеѓу поедините модели може да се заклучи дека со правилен избор на соодветна конструкција на плоча може да се постигнат зголемени јакостни карактеристики на плочите, што секако ќе придонесе за проширување на подрачјето на нивната примена.

**Модул на еластичноста при свивање напречно на должината на
фурнирските плочи**

При оптоварување од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата се движи во граница од 5501,07 до 6461,08 N/mm² кај моделот I, од 5366,50 до

6012,91 N/mm² кај моделот II, од 7102,63 до 8758,74 N/mm² кај моделот III, од 3303,72 до 3730,85 N/mm² кај моделот IV, и од 4050,66 до 4531,64 N/mm² кај споредбениот модел S/I. Аналогно на јакоста на свивање напречно на должината на плочата, вредностите на модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата кај моделите I и III се поголеми во однос на оние на моделите II и IV. При овие оптоварувања (од 10 до 40 %), сите модели на фурнирски плочи ја задоволуваат вредноста од 3000 N/mm² дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Притоа, моделите I, II и III ја надминуваат оваа вредност за 1,8 до 2,9 пати. При максималното оптоварување на кршење, само кај моделот IV се јавува помала вредност на модулот на еластичност (2805,49 N/mm²) од дефинираната во стандардот.

Добиените вредности на изработените лабораториски модели се во границите на вредностите на ова својство наведени во достапната литература, а во одредени случаи и повисоки. Имено, Hrázský-Král [18] за лабораториски букови фурнирски плочи со зафатнинска маса од 725,40 до 783,99 kg/m³ даваат вредности за модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата во граници од 3970,18 до 4870,09 N/mm². Brezović-Jambrečević-Kljak [7] наведуваат вредност за лабораториски топови фурнирски плочи во износ од 1055 N/mm². Истите автори за вакви плочи зајакнати со јаглородни влакна, даваат вредност од 2545 до 2785 N/mm². Вредностите за модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата наведени во прирачникот за финските фурнирски плочи [15] се движат во граници од 6781 до 7452 N/mm² за брезови плочи и од 5037 до 5536 N/mm² за плочи од иглолистни дрвени видови.

**Модул на еластичност при свивање на плочи од дрвени влакна со средна
зусина (MDF) и плочи со ориентирани иверки (OSB)**

Споредбениот модел на MDF плочи (S/II) се карактеризира со приближно изедначени вредности на модулот на еластичност при свивање во насока паралелно, напречно и под агол од 22,5; 45 и 67,5° во однос на должината на плочата, што е резултат на хомогената структура на овој тип на плочи. Така, при оптоварување од 10 %, модулот на еластичност во различните насоки на плочата

се движи во граници од 3335, 11 до 3525,26 N/mm². При оптоварување од 20 % се движи во граници од 2989 до 3202,92 N/mm², при оптоварување од 30 % од 3029,73 до 3269,86 N/mm², при оптоварување од 40 % во граници од 3337,49 до 3799,33 N/mm² и при оптоварување на кршење, од 2761,12 до 2881,11 N/mm².

Добиените вредности на модулот на еластичност на моделот S/II во сите испитани насоки на плочата ги надминуваат барањата на стандардот МКС Д.Ц5.022 за плочи од дрвни влакна за општа употреба, кој ја дефинира долната граница на ова својство од 2500 N/mm². Испитаниот модел ги задоволува и барањата на Германскиот стандард DIN EN 622-5 за MDF плочи, кој ја дефинира долната граница од 2700 N/mm² за плочи за конструктивна употреба.

Вредностите за модулот на еластичност на испитаниот модел на MDF плочи се во границите на оние кои се наведени во достапната литература. Cai-Ross во прирачникот за дрвото како инженерски материјал [8] наведуваат вредности за ова својство за MDF плочи во граници од 2980 до 4380 N/mm². Akgül-Çörpür-Güler-Tozluoğlu-Büyüksarı [33] за MDF плочи со дебелина од 18 mm изработени од дабова суровина, наведуваат вредности од 2226,5 до 3204,2 N/mm² за плочи со зафатнинска маса од 600 до 800 kg/m³. Компанијата LogSearch Sdn Bhd [26] за MDF плочи со дебелина од 19 mm за ова својство дава вредност од 2500 N/mm². Во публикациите на орагнизацијата EWPAА [14] за MDF плочи со дебелина од 13 до 22 mm кои се произведуваат на териториите на Австралија, Нов Зеланд, Фиџи и Нова Гвинеја е наведена вредност за ова својство од 3300 N/mm². Компанијата “Plum Creek” [28] од САД за MDF плочи со зафатнинска маса од 780 kg/m³, наведува вредност од 3448,3 N/mm². Производителот на MDF плочи во Северна Америка “Flakeboard” во брошурата за MDF плочи [24], наведува вредности од 3033,7 до 3171,6 N/mm². Белгискиот производител “Spanolux” во својот прирачник за MDF плочи [29] наведува вредност за ова својство за конструктивни плочи за употреба во суви услови, а во согласност со стандардот EN 622-5, во износ од 2700 N/mm².

Вредностите на модулот на еластичност при свивање на моделот S/II (MDF) во сите насоки се поголеми во однос на истите кај моделот S/III (OSB).

Споредбениот модел на OSB плочи се карактеризира со различни вредности на ова својство во различни насоки на плочата. Модулот на еластичност на овој модел има најголема средна вредност во насока паралелна на

должината на плочата (од 2276,33 до 3215,38 N/mm²), а најмала во насока напречно на должината на плочата (од 1236,43 до 2045,50 N/mm²). Вредностите на модулот на еластичност при свивање под агол од 22,5; 45 и 67,5° се движат во границите помеѓу вредностите во овие две насоки, при што со зголемување на аголот се намалува вредноста на модулот на еластичност.

Добиените вредности на модулот на еластичност кај испитаниот модел на OSB плочи (S/III) генерално се пониски од оние кои се наведени во литературата. Cai-Ross во прирачникот за дрвото како инженерски материјал [8] наведуваат вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на плочите за OSB плочи во граници од 4410 до 7900 N/mm², додека пак во насока напречно на должината на плочата во граници од 1400 до 3170 N/mm². Во водичот за OSB плочи за употреба во дрвените конструкции [46], а во согласност со канадскиот стандард CSA 0437.0 за OSB плочи, наведена е вредност за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата од минимум 5500 N/mm² за плочи тип О-2 и 4500 N/mm² за плочи тип О-1. Во истиот водич, вредностите за ова својство напречно на должината на плочата изнесуваат минимум 1500 N/mm² за плочи тип О-2 и 1300 N/mm² за плочи тип О-1. Youngquist, J.A. во прирачникот за дрвени композити [53] за OSB плочи наменети за обложување наведува вредности од 4830 до 8270 N/mm².

Европската федерација за плочи во документот со технички податоци за OSB плочите [12], а во согласност со Европскиот стандард EN 300 ги дава следниве вредности за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата: за плочи тип OSB/1 min 2500 N/mm², за тип OSB/2 и OSB/3 min 3500 N/mm² и за плочи тип OSB/4 min 4800 N/mm². Овие вредности се однесуваат за плочи со дебелина од 18 до 25 mm. Во истиот документ се наведени и вредностите за модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата, односно: за плочи тип OSB/1 min 1200 N/mm², за тип OSB/2 и OSB/3 min 1400 N/mm², и за плочи тип OSB/4 min 1900 N/mm².

Добиените вредности за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на OSB плочите се пониски од минималната дозволена вредност за ова својство за плочи тип OSB/2, која е дадена од страна на производителот на испитаните OSB плочи „Kronospan Bulgaria EOOD-Burgas” [23]. Во поглед на модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата,

добиените вредности ги задоволуваат барањата за носиви плочи за употреба во суви услови-тип OSB/2.

Wang, S., H. Gu, T. Neimsuwan [51] за комерцијални OSB плочи произведени на територијата на Северна Америка, а застапени на пазарите во САД и Канада, наведуваат вредности од 3731,4 до 7569,0 N/mm² за модулот на еластичност паралелно на должината на плочата и од 1720,9 до 3059,0 N/mm² за модулот на еластичност напречно на должината на плочата. Malanit-Laemsak [36] за OSB плочи изработени од гумозно дрво (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) наведуваат вредности за модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата во граници од 2934,28 до 7576,71 N/mm², при што најголеми вредности се добиени кај еднослојни плочи со еднонасочно ориентирани иверки, додека пак најмали кај еднослојни плочи со иверки ориентирани во различни насоки. Истите автори за ова својство напречно на должината на плочата, даваат вредности од 869,00 до 3407,13 N/mm², при што најмали вредности се добиени кај еднослојни плочи со еднонасочно ориентирани иверки, додека пак најголеми кај еднослојни плочи со иверки ориентирани во различни насоки. Shigehiko, S [48] за OSB плочи од Јапонски кедар наведува вредности од 3770 до 8010 N/mm² за модулот на еластичност паралелно на должината на плочата и од 1260 до 3090 N/mm² за модулот на еластичност напречно на должината на плочата.

Од споредбата на вредностите на моделот S/III со оние наведени во прирачниците и техничките документи (8, 12, 46, 53), може да се заклучи дека овие OSB плочи се наменети за општа употреба во внатрешни услови (OSB/1) и неможат да одговорат на барањата за конструктивни носиви плочи во дрвените инженерски конструкции.

Јакост на затегнување

Јакоста на затегнување е еден од најдобрите и најчестите показатели на квалитетот на фурнирските плочи. Врз основа на јакоста на затегнување паралелно и напречно на дрвните влакна се пресметува и коефициентот на квалитетот на овие плочи.

Моделите I, III и S/I имаат слична тенденција во намалувањето, односно зголемувањето на вредностите на јакоста на затегнување во зависност од

насоката на делување на силата на затегнување во однос на насоката на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, како што е тоа случај и со моделите II и IV. Кај лабораториските модели I и III, како и кај споредбениот модел S/I, јакоста на затегнување има најголема вредност во насока напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, додека пак кај моделите II и IV, таа е најголема во насока паралелна на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови.

Различниот сооднос на вредностите на јакоста на затегнување во различни насоки кај лабораториските модели е резултат на различната ориентација на фурнирите во структурата на поедините модели, пред сè на фурнирите со дебелина од 3,2 mm, бидејќи тие со најголем процент учествуваат во вкупната дебелина на плочата. Затоа, големината на јакоста на затегнување ќе зависи од надолжната или напречната ориентација на овие фурнири. Јакоста на затегнување на дрвото е поголема во насока на протегањето на дрвните влакна. Со зголемување на аголот кој го зафаќаат дрвните влакна со насоката на дејството на силата, јакоста на затегнување на дрвото се намалува. При агол од 60 до 90°, јакоста на затегнување речиси и да не се разликува од напречната јакост на затегнување [35]. При дејство на силата на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, два од трите фурнири со дебелина од 3,2 mm кај моделите I и III се ориентирани напречно на дејството на силата, што резултира со помали вредности на ова својство во однос на оние вредности кога силата дејствува напречно на дрвните влакна од површинските фурнири. Во вториов случај, сите три фурнири со дебелина од 3,2 mm се ориентирани со дрвните влакна паралелно со насоката на делување на силата на затегнување. Од исти причини, јакоста на затегнување кај моделите II и IV е поголема во насока паралелна на дрвните влакна од површинските фурнирски листови во однос на онаа напречно на дрвните влакна.

Во поглед на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи (S/I), причината за поголемата вредност на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови треба да се бара во ориентацијата на подповршинските листови на плочата. Кај овој модел, вториот и третиот, како и единаесеттиот и дванаесеттиот фурнирски лист не се поставени напречно еден во однос на друг и имаат иста ориентација во однос на

протегањето на дрвните влакна. При испитување на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна, овие фурнири се ориентирани пралелно со насоката на делување на силата, со што поголем дел од дрвните влакна во структурата на плочата е ориентиран во насока на дејство на силата на затегнување. Ова резултира со поголема вредност на ова својство, во споредба со вредноста на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, кога истите фурнири се ориентирани напречно на насоката на делување на силата.

Сите модели на лабораториски плочи, како и споредбениот модел имаат најмала вредност на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови. Вредностите на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ и $67,5^\circ$ се поголеми од оваа вредност, но помали од вредноста на јакоста на затегнување паралелно и напречно на дрвните влакна.

Македонскиот стандард МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото, ги дефинира следниве вредности на јакоста на затегнување на фурнирските плочи: $\min 24 \text{ N/mm}^2$ во насока на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, $\min 12 \text{ N/mm}^2$ напречно на дрвните влакна и $\min 6 \text{ N/mm}^2$ за јакоста на затегнување под агол од 30° и 60° во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнири.

Изработените лабораториски модели на фурнирски плочи ги надминуваат сите наведени вредности дефинирани во стандардот и тоа во насока на дрвните влакна за најмалку 2,2 пати, напречно на влакната најмалку 3,9 пати, под агол од $22,5^\circ$ најмалку 5,6 пати, под агол од 45° најмалку 4,3 пати и под агол од $67,5^\circ$ за најмалку 4,7 пати.

Добиените вредности на јакоста на затегнување на лабораториските модели се во границите на наведените податоци од литературата.

Nikolić, M. [39] за петослојни букови фурнирски плочи наведува вредности за јакоста на затегнување во износ од $71,0 \text{ N/mm}^2$ во насока на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, $62,5 \text{ N/mm}^2$ напречно на дрвните влакна и $22,2 \text{ N/mm}^2$ под агол од 45° во однос на дрвните влакна од површинските фурнири. Arriga-Peraza [2] за борови фурнирски плочи со дебелина од 15 и 18 mm наведуваат вредности за ова својство од 22,3 и $19,5 \text{ N/mm}^2$ во насока на дрвните влакна и од

15,0 и 17,3 N/mm² напречно на дрвните влакна.

Вредностите за јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна кај моделите I и III се во границите на оние кои ги наведуваат Brezović-Jambreković-Kljak [7] за тополови фурнирски плочи зајакнати со јаглородни влакна (од 70,97 до 80,18 N/mm²). Истите автори за класични тополови фурнирски плочи со дебелина од 10 mm, слепени со резорцинфенолформалдехидно лепило, наведуваат вредности за јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна во износ од 49,12 N/mm² и напречно на нив во износ од 28,63 N/mm².

Во прирачникот за фурнирски плочи произведени на територијата на Финска [15] се наведени вредности од 39,2 до 40,0 N/mm² за јакоста на затегнување на брезови плочи во насока паралелно на дрвните влакна. За истите плочи, вредностите за јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна се движат во граници од 35,0 до 35,8 N/mm². Youngquist, J.A. во прирачникот за дрвени композити [53] наведува вообичаени вредности за јакоста на затегнување во насока на дрвните влакна од површинските фурнири за плочи наменети за обложување во дрвените конструкции во граници од 10,30 до 27,60 N/mm².

Коефициентите на рамномерност на јакоста на затегнување кај лабораториските модели се движат во граници од 0,19 до 0,30. Моделите I и III имаат речиси идентични вредности на коефициентот на рамномерност, кои се поголеми во однос на оние на моделите II и IV. Најмал коефициент на рамномерност на јакоста на затегнување е добиен кај моделот IV, што значи дека кај овој модел постојат најголеми разлики во вредностите на јакоста на затегнување во различни насоки на плочата. Споредбениот модел има највисок коефициент на рамномерност (0,32), но најнизок коефициент на масиниот квалитет (1072). Кај лабораториските модели коефициентите на масиниот квалитет се движат во граници од 1678 до 1855. Порастот на вредноста на овој коефициент, говори за порастот на квалитетот на конструкцијата на плочата [34]. За споредба, коефициентот на масиниот квалитет на челикот изнесува 1026 [39].

Nikolić, M. [39] за букови фурнирски плочи со дебелина од 6 и 5 mm, дава вредности за овој коефициент од 1494 и 2135. Krapan, J [34] за букови фурнирски плочи со дебелина од 5 mm, наведува вредности за коефициентот на рамномерност од 0,063 до 0,308. Коефициентот на масиниот квалитет говори за големината на својствата на материјалот во однос на неговата зафатнинска маса.

Јакост на притисок на фурнирски плочи

Јакоста на притисок во рамнина на плочата е важно својство за фурнирските плочи кои се наменети за употреба во градежништвото.

Сите испитани модели на фурнирски плочи ги задоволуваат барањата на стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото, кој пропишува минимална вредност од 24 N/mm^2 за јакоста на притисок во насока на должината на плочата и 12 N/mm^2 за јакоста на притисок напречно на должината на плочата. Лабораториските модели ја надминуваат вредноста за јакоста на притисок паралелно на должината на плочата за 1,9 до 2,5 пати, а јакоста на притисок напречно на должината на плочата за 3,5 до 4,6 пати.

Разликата во вредностите помеѓу поедините модели на лабораториски плочи е резултат на ориентацијата на фурнирите во конструкцијата на плочата, пред сè на фурнирите со дебелина од 3,2 mm, бидејќи тие зафаќаат најголем процент од дебелината на плочата. Јакоста на притисок на дрвото е поголема во насока на дрвните влакна, во споредба со јакоста на притисок на дрвото нормално на протегањето на влакната. Со зголемување на аголот под кој дејствува силата на притисок во однос на влакната, јакоста на притисок се намалува [35]. Од овие причини јакоста на притисок на фурнирските плочи е поголема кај моделите во чија структура поголем процент од дрвните влакна се ориентирани во насока на делувањето на силата на притисок. Затоа, при испитувањето на јакоста на притисок во насока на должината на плочата, кај моделите II и IV се јавуваат поголеми вредности во однос на оние на моделите I и III. Од истите причини јакоста на притисок напречно на должината на плочата кај моделите I и III е поголема во однос на онаа на моделите II и IV.

Добиените вредности на јакоста на притисок на лабораториските модели (од 45,39 до $60,50 \text{ N/mm}^2$ во насока на должината на плочата и од 41,65 до $54,98 \text{ N/mm}^2$ напречно на должината) се поголеми од повеќето вредности наведени во достапната литература. Димески-Илиев [63] наведуваат вредности за јакоста на притисок на седумслојни и деветслојни букови фурнирски плочи од $64,16 \text{ N/mm}^2$ и $55,64 \text{ N/mm}^2$ соодветно. Илиев, Б. [72] дава вредност од 64,08 за седумслојни и $49,11 \text{ N/mm}^2$ за деветслојни букови фурнирски плочи. Arriga-Peraza [2] за борови

фурнирски плочи со дебелина од 15 и 18 mm наведуваат вредности од 27,6 и 26,6 N/mm² за јакоста на притисок паралелно на должината на плочата и од 23,0 и 25,8 N/mm² за јакоста на притисок напречно на должината.

Вредностите на јакоста на притисок во насока на должината на плочата за фурнирските плочи произведени на територијата на Финска, а кои се наведени во прирачникот за финските фурнирски плочи [15] се движат во граници од 27,2 до 27,7 N/mm² за брезови плочи, од 20,4 до 21,5 N/mm² за комбинирани плочи од бреза и иглолисни видови, и од 18,8 до 19,2 N/mm² за плочи од иглолисни дрвни видови (најчесто бор). Во истиот прирачник, вредностите за јакоста на притисок напречно на должината на плочата изнесуваат: од 24,3 до 24,8 N/mm² за брезови и комбинирани плочи, и од 16,80 до 17,20 N/mm² за плочи од иглолисни дрвни видови. Добиените вредности и на споредбениот индустриски модел S/I се повисоки од горенаведените вредности.

Youngquist, J.A. во прирачникот за дрвени композити [53] наведува вообичаени вредности за јакоста на притисок паралелно на должината на плочата за фурнирски плочи наменети за обложување во дрвените конструкции во граници од 20,70 до 34,50 N/mm².

Вредностите на јакоста на притисок паралелно на должината на плочата кај моделите II и IV се повисоки од 52,9 N/mm². Тоа е вредност која ја наведува компанијата “Allied veneer Co” [21] за фурнирски плочи за употреба во пловни објекти во согласност со стандардот BS 1088.

Со оглед на високите вредности на јакоста на притисок на изработените модели на фурнирски плочи, кои ги надминуваат вредностите дефинирани со стандардот, како и оние наведени во литературата, може да се заклучи дека овие плочи се сосема адекватни за примена во инженерските конструкции во градежништвото, посебно на места каде ќе бидат оптоварени на притисок во рамнината на плочата.

Јакост на притисок на плочи од дрвени влакна со средна густина (MDF) и плочи со ориентирани иверки (OSB)

Средните вредности на јакоста на притисок на сите лабораториски модели на фурнирски плочи се повисоки во однос на средните вредности на ова својство

кај споредбените модели на MDF и OSB плочи.

Анализата на резултатите за јакоста на притисок на споредбениот модел на MDF плочи (модел S/II) покажува дека не постојат големи разлики во вредностите на ова својство во испитуваните насоки на плочата (од 12,10 до 13,75 N/mm²). Средните вредности на јакоста на притисок паралелно и напречно на должината на плочата се нешто поголеми во однос на оние под агол од 22,5°, 45° и 67,5°. Малите разлики во вредностите се резултат на хомогената структура на овој тип на плочи, која доведува до зголемена изотропност на нивните својства во споредба со другите типови на плочи.

Во споредба со моделот S/II, кај моделот на плочи со ориентирани иверки (S/III), постојат поголеми разлики во вредностите на јакоста на притисок во различните насоки на плочата (од 8,95 до 12,98 N/mm²). Јакоста на притисок на овие плочи е најголема под агол од 22,5° во однос на должината на плочата. Со зголемување на аголот кој го зафаќа силата на притисок со насоката на должината на плочата во границите од 22,5 до 90°, вредностите на јакоста на притисок се намалуваат, при што најмала вредност на ова својство е добиена напречно на должината на плочата. Различните вредности на јакоста на притисок во различни насоки кај овој тип на плочи се очекувани, бидејќи една од главните карактеристики на OSB плочите е да имаат зголемени својства во одредена насока што се постигнува со ориентирање на иверот во структурата на плочата.

Youngquist, J.A. во прирачникот за дрвени композити [53] наведува вообичаени вредности од 10,30 до 17,20 N/mm² за јакоста на притисок паралелно на должината на плочата за OSB плочи наменети за обложување. Вредноста за ова својство кај испитаниот модел на OSB плочи се вклопува во границите на горенаведените вредности.

Јакост на раслојување

Добиените вредности на јакоста на раслојување на споредбените модели на MDF плочи (0,61 N/mm²) и OSB плочи (0,40 N/mm²) се во согласност со барањата на стандардите MKC Д.Ц5.024 и MKC Д.Ц5.032. Согласно Германскиот стандард DIN EN 622-5 за MDF плочи, испитаниот модел S/II ја надминува дефинираната вредност од 0,55 N/mm² за MDF плочи за општа употреба во суви услови, а исто

така согласно истиот стандард испитаниот модел ја задоволува и дефинираната вредност од $0,60 \text{ N/mm}^2$ за носиви конструктивни плочи во суви услови. Испитаниот модел на OSB плочи ги задоволува барањата на Германскиот стандард DIN EN 300 за сите типови на OSB плочи вклучително и за OSB плочи за тешки оптоварувања во услови на зголемена влажност (OSB/4), чија јакост на раслојување мора да изнесува најмалку $0,40 \text{ N/mm}^2$.

Споредено со податоците од достапната литература, MDF плочите се карактеризираат со пониски вредности. Компанијата LogSearch Sdn Bhd [26] за MDF плочи со дебелина од 19 mm за ова својство дава вредност од $0,6 \text{ N/mm}^2$. Во публикациите на организацијата EWPAА [14] за MDF плочи со дебелина од 13 до 22 mm кои се произведуваат на териториите на Австралија, Нов Зеланд, Фиџи и Нова Гвинеја е наведена вредност за ова својство од $0,75 \text{ N/mm}^2$. Компанијата Wintek Prelam [30] за своите плочи специфицирани според IS: 12406-1988 наведува вредности од минимум $0,8 \text{ N/mm}^2$ за MDF плочи за надворешна употреба и минимум $0,7 \text{ N/mm}^2$ за плочи за внатрешна употреба. Компанијата “Plum Creek” [28] од САД за MDF плочи со зафатнинска маса од 780 kg/m^3 , наведува вредност од $0,9 \text{ N/mm}^2$. Производителот на MDF плочи во Северна Америка “Flakeboard” во брошурата за MDF плочи [24], наведува вредности од 0,79 до $1,03 \text{ N/mm}^2$. Белгискиот производител “Spanolux” во својот водич за MDF плочи [29] дава вредност за јакоста на раслојување на конструктивни плочи за употреба во суви услови, а во согласност со стандардот EN 622-5, во износ од $0,75 \text{ N/mm}^2$. Akgül-Çöpür-Güler-Tozluoğlu-Büyüksarı [33] за MDF плочи со дебелина од 18 mm изработени од дабова суровина, наведуваат вредности од 0,54 до $0,70 \text{ N/mm}^2$. Добиените вредности за ова својство ја надминуваат вредноста од 55 N/mm^2 за јакоста на раслојување наведена во техничката спецификација на плочите дадена од страна на производителот [27].

Јакоста на раслојување на споредбениот модел на OSB плочи е во границите на вредностите од 0,23 до $0,57 \text{ N/mm}^2$ кои ги наведуваат Cai-Ross во прирачникот за дрвото како инженерски материјал [8]. Во истиот прирачник, за MDF плочи се дадени вредности за ова својство од 0,83 до $1,23 \text{ N/mm}^2$. Во водичот за OSB плочи за употреба во дрвените конструкции [46], а во согласност со канадскиот стандард CSA 0437.0 за OSB плочи, наведена е вредност за јакоста на раслојување од минимум $0,34 \text{ N/mm}^2$. Европската федерација за плочи во

документот со технички податоци за OSB плочите [12], а во согласност со Европскиот стандард EN 300 ги дава следниве вредности за јакоста на раслојување за OSB плочи со дебелина од 18 до 25 mm, односно: за плочи тип OSB/1 min 0,26 N/mm², за тип OSB/2 и OSB/3 min 0,3 N/mm², и за плочи тип OSB/4 min 0,4 N/mm². Испитаниот модел S/III го задоволува барањето во поглед на ова својство за плочи тип OSB/4 изложени на тешки оптоварувања.

Wang, S., H. Gu, T. Neimsuwan [51] наведуваат вредности од 0,15 до 0,76 N/mm² за комерцијални OSB плочи произведени на територијата на Северна Америка, а застапени на пазарите во САД и Канада. Од овие податоци може да се забележи голем распон на вредностите на јакоста на раслојување, што е резултат на различните дрвни видови и лепило употребени за производство на плочите, како и различните технологии застапени кај поедините производители. Malanit-Laemsak [36] за OSB плочи изработени од гумозно дрво (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) наведуваат вредности за ова својство во граници од 0,84 до 1,42 N/mm². Suzuki, S [48] за OSB плочи од Јапонски кедар наведува вредности од 0,40 до 0,58 N/mm². Suzuki-Miyagawa [47] за OSB плочи со дебелина од 10 mm даваат вредност за јакоста на раслојување од 0,59 N/mm². Истите автори за MDF плочи со дебелина од 7 и 9 mm наведуваат вредности за ова својство од 1,21 и 0,57 N/mm² соодветно. Hrázský, J. and P. Král [19] за плочи тип OSB/3 со дебелина од 18 mm, произведени од релевантен производител на дрвени композитни материјали во Р. Чешка, наведуваат вредности за јакоста на раслојување во граници од 0,32 до 0,37 N/mm².

Тврдоси

Изработените лабораториски модели на фурнирски плочи се карактеризираат со два до три пати повисоки вредности на тврдоста во однос на споредбените модели на индустриски произведени плочи. Тврдоста на лабораториските модели се движи во граници од 86,13 до 93,69 N/mm². Најголемата средна вредност е добиена кај моделот III и таа е поголема од средните вредности на останатите модели за 5,65 до 8,78 %. Помеѓу моделот II и моделот II/N кој претставува негова реплика без заштитна фенолна фолија, речиси не постои разлика во средните вредности на тврдоста.

Добиените вредности за тврдоста на лабораториските модели се во границите на вредностите наведени во достапната литература. Илиев, Б. [72] за деветслојни букови фурнирски плочи наведува вредност од $88,54 \text{ N/mm}^2$, додека за седумслојни $98,11 \text{ N/mm}^2$. Истиот автор за комбинирани плочи од иверки двослојно фурнирани со букови фурнири дава вредности во границите од $60,58$ до $86,29 \text{ N/mm}^2$, додека пак за еднослојно фурнирани, во граници од $68,13$ до $85,79 \text{ N/mm}^2$.

Akgül-Çöpür-Güler-Tozluoğlu-Büyüksarı [1] за MDF плочи со дебелина од 18 mm изработени од дабова суровина, наведуваат вредности од $58,1 \text{ N/mm}^2$ за плочи со зафатнинска маса од 600 kg/m^3 , $65,0 \text{ N/mm}^2$ за плочи со зафатнинска маса од 700 kg/m^3 и $66,5 \text{ N/mm}^2$ за плочи со зафатнинска маса од 800 kg/m^3 . Испитаниот модел на индустриски MDF плочи се карактеризира со пониски вредности од наведените.

Испитаниот модел на OSB плочи се карактеризира со најмала вредност на тврдоста ($30,39 \text{ N/mm}^2$), што е резултат на структурата на овој вид плочи во која може да се јават шуплини помеѓу иверките, што придонесува за намалување на тврдоста на плочата на тие места.

Со оглед на фактот што испитувањето на тврдоста на OSB плочите не е задолжително и не е опфатено со стандардите за OSB плочи, во достапната литература нема доволно соодветни податоци со кои може да се споредат добиените вредности за тврдоста на испитаниот модел на OSB плочи.

Високите вредности на тврдоста на изработените лабораториски модели се од значење за практичната примена на овие плочи.

Степен на слејеност

Високата средна вредност на степенот на слејеност на лабораторискиот модел на фурнирски плочи во износ од $6,42$ покажува дека изработените лабораториски модели на фурнирски плочи се карактеризираат со висок квалитет во лепењето. Оваа вредност за 60% ја надминува минималната вредност за ова својство дефинирана во стандардот за фурнирски плочи МКС Д.Ц5.041/82, со што се потврдува квалитетот на слејувањето.

Лабораторискиот модел има неспоредливо повисока средна вредност на

степенот на слепеност во однос на индустрискиот модел на фурнирски плочи, чија средна вредност изнесува 0,92. Индустрискиот модел не ги задоволува минималните барања на горенаведениот стандард. Со оглед на тоа што параметрите на производство на испитаните индустриски фурнирски плочи не се познати, може само да се претпостави дека лошиот квалитет на слепувањето се должи на употребата на несоодветно и неквалитетно лепило, или пак на несоодветниот нанос на лепило на фурнирските листови во текот на производството.

Високиот квалитет на слепување на лабораториските модели може да се согледа и преку споредба на вредноста на степенот на слепеност со достапните податоци од литературата. Илиев, Б. [72] за лабораториски букови фурнирски плочи наведува вредности на степенот на слепеност од 4,25 до 4,42, додека за борови плочи од 5 до 5,69. Истиот автор дава вредности од 3,94 и 3,88 за степенот на слепеност на седумслојни и деветслојни букови фурнирски плочи, додека пак, за седумслојни и деветслојни борови фурнирски плочи наведува вредности од 4,63 и 5,31 [73]. Според Nikolić, M. [39] степенот на слепеност на фурнирските плочи треба да изнесува најмалку 4 или 5. Димески-Илиев [63] за индустриски повеќеслојни букови фурнирски плочи слепени со фенолформалдехидна смола даваат вредности од 2,61 за седумслојни и 1,54 за деветслојни плочи.

Добиените вредности за степенот на слепеност на лабораторискиот модел на фурнирски плочи дава надеж за поширока практична примена на овие плочи, пред сè во градежништвото.

Во поглед на сите ипитани својства, резултатите од статистичката обработка на податоците покажуваат дека добиените вредности на показателот на точноста се движат до 5 %, со исклучок на само една вредност (табела 28, споредбен модел S/I), со што е задоволено барањето за производи од дрво овој показател да се движи во граници од 0 до 5 %.

7. ЗАКЛУЧОЦИ

Врз основа на спроведените истражувања на изработените лабораториски фурнирски плочи и индустриските модели на плочи, како и од споредбената анализа на резултатите од истражувањата, може да се донесат следниве заклучоци:

- Сите изработени модели на лабораториски фурнирски плочи претставуваат стабилен материјал со зафатнинска маса која ги надминува барањата на Македонскиот стандард за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Зафатнинската маса на овие модели е поголема од онаа на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи за најмалку 39 %. Високата зафатнинска маса е основен предуслов за добра димензиона стабилност и високи јакостни карактеристики на материјалот. Индустрискиот модел на плочи од дрвени влакна со средна густина (MDF) во поглед на зафатнинската маса ги задоволува барањата на Македонскиот стандард за плочи од дрвени влакна за општа употреба, како и барањата на Европските норми. Индустрискиот модел пак на плочи со ориентирани иверки (OSB) се карактеризира со зафатнинска маса која е на прагот на минималната вредност за овој тип плочи.
- Од добиените вредности за влажноста на изработените фурнирски плочи (од 7,83 до 8,39 %), како и оние за споредбените модели на индустриски плочи, може да се заклучи дека се работи за стабилен и климатизиран материјал. Истите се во рамките на дозволените вредности дефинирани со Македонските стандарди и Германските DIN стандарди кои се синхронизирани со Европските норми. Соодветната влажност на материјалот е основен предуслов за неговата добра димензиона стабилност при употреба во услови на зголемена влажност.
- Добрата димензиона стабилност на изработените фурнирски плочи се согледува од добиените вредности за релативното впивање вода и дебелинското бабрење на овие плочи. Притоа, најмали средни вредности на релативното впивање вода за 24, 48 и 72 часа помеѓу лабораториските модели се добиени кај моделот II (22,93; 29,24 и 34,44 %), во однос на кои споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи (S/I) се карактеризира со речиси

двојно поголеми вредности. Во текот на целиот третман во вода (до 72 часа), моделите I и III имаат нешто повисоки средни вредности во однос на оние на моделите II и IV. Од соодносот на вредностите, пак, на моделот II и моделот II/N кој претставува реплика на моделот II, но без површинска заштитна фолија, може да се заклучи дека обложувањето на плочите со заштитна фенолформалдехидна фолија го намалува релативното впивање вода за приближно 30 %.

- Споредбениот модел на индустриски произведени MDF плочи (модел S/II) има пониска вредност на релативното впивање вода за 24 часа во однос на сите модели на фурнирски плочи. Ова значи дека и покрај фактот што MDF плочите денес, пред сè, се употребуваат во мебелното производство, во поглед на ова својство се тежнее тие да бидат и соодветен производ и како градежен материјал, пред сè како материјал за обложување во подните, сидните и други конструкции во објектите. Споредбениот модел на плочи со ориентирани иверки (OSB-модел S/III) има највисоки вредности на ова својство (75,35 % за 24 часа) кои дури се 2,5 до 3 пати повисоки од средните вредности на лабораториските модели на фурнирски плочи.
- Од анализата на релативното впивање вода за 24, 48 и 72 часа може да се заклучи дека кај сите модели најголемото впивање вода се постигнува за првите 24 часа, по што интензитетот на впивањето вода се намалува. Во следните 24 часа (до 48 часа) релативното впивање вода на лабораториските модели се зголемува за 6 до 7,5 %, додека кај споредбените модели за 9,3 % (модел S/II), 11,4 % (модел S/II) и 10,7 (модел S/III). Со продолжување на третманот во вода до 72 часа доаѓа до понатамошно зголемување на релативното впивање вода но со уште послаб интензитет. Исклучок од ова се јавува кај моделот S/II, кај кој во овој период (од 48 до 72 часа) се јавува зголемување на интензитетот на впивањето вода во споредба со интензитетот во претходните 24 часа.
- Средните вредности на релативното дебелинско бабрење за 24 часа кај лабораториските модели на фурнирски плочи се движат во граници од 8,90 кај моделот II, до 9,95 % кај моделот II/N. Моделите I и III имаат приближно изедначени вредности на релативното дебелинско бабрење за 24 часа, како што е тоа случај и со моделите II и IV. Притоа, средните вредности на ова

својството на моделите II и IV се пониски од оние на моделите I и III, со напомена дека оваа разлика во вредностите е доста мала. Споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи S/I покажува исклучителна димензиона стабилност во поглед на дебелинското бабрење, чија средна вредност за 24 часа изнесува 4,91 %.

- Сите модели на фурнирски плочи ги задоволуваат барањата на Македонскиот стандард кој ја дефинира горната граница за релативното дебелинско бабрење на 12 %. Ова значи дека се изработени димензиона стабилни плочи во однос на дејството на вода, што е еден од предусловите за употреба на фурнирските плочи во услови на зголемена влажност и во градежништвото.
- Добиената вредност за дебелинското бабрење за 24 часа кај споредбениот модел на индустриски произведени MDF плочи ги задоволува барањата на стандардот МКС Д.Ц5.024 за плочи од дрвни влакна за употреба во градежништвото кој ја дефинира горната граница на дебелинското бабрење од 15 %. Оваа вредност се однесува за полутврди плочи кои може да се користат за неносиви преградни сидови во систем на панели или сендвичи. Испитаниот модел на MDF плочи ги задоволува и барањата на Германскиот стандард DIN EN 622-5 за плочи за општа употреба, како и за плочи за конструктивна употреба во суви услови, кој за овие типови плочи ја дефинира горната граница од 12 %. Добиената вредност на дебелинското бабрење на испитаниот модел на плочи од дрвни влакна (MDF) ја потврдува нивната добра димензиона стабилност и дава позитивни сигнали за нивна примена како материјал во градежните конструкции.
- Моделот на индустриски произведени OSB плочи се карактеризира со најголеми вредности на дебелинското бабрење. Добиената вредност на ова својство за 24 часа во износ од 22,12 %, согласно Европските норми ги класифицира овие плочи како плочи за внатрешна употреба (OSB/1).
- Од добиените резултати за релативното дебелинско бабрење за 24, 48 и 72 часа може да се заклучи дека кај сите модели на плочи најголемото дебелинско бабрење се постигнува за првите 24 часа, по што неговиот интензитет се намалува. Со продолжување на третманот во вода до 72 часа доаѓа до понатамошно зголемување на релативното дебелинско бабрење, но со уште послаб интензитет. Интензитетот на зголемувањето на релативното

дебелинско бабрење кај моделите I и III е речиси двојно помал од оној на моделите II и IV.

- Средните вредности на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај лабораториските модели на фурнирски плочи се движат во граници од 64,16 до 99,71 N/mm². Различната ориентација на фурнирските листови во конструкцијата на поедините модели на лабораториски фурнирски плочи доведува до различни вредности на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата. Поголемиот број на надолжно ориентирани фурнири со дебелина од 3,2 mm кои зафаќаат најголем процент од дебелината на плочата е причина за поголемите вредности на ова својство кај моделите II и IV во однос на моделите I и III. Всушност, кај моделите II и IV поголем дел од дебелината на плочата ја зафаќаат фурнири чии дрвни влакна се ориентирани паралелно на должината на пробното тело. Како резултат на ова, средната вредност на моделите II и IV е поголема за 41 до 55 % во однос на онаа на моделите I и III. Сите лабораториски модели имаат повисоки вредности на ова својство во однос на споредбениот модел на индустриски произведени фурнирски плочи (S/I) за најмалку 30 %, а најмногу 100 %, што е уште еден показател за високиот квалитет на изработените фурнирски плочи.
- Добиените вредности за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај сите модели на фурнирски плочи ја надминуваат вредноста од 40 N/mm² дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Притоа, моделите II и IV ја надминуваат оваа вредност до 2,5 пати, додека моделите I и III за 1,6 пати. Од ова може да се заклучи дека изработените модели на фурнирски плочи би биле сосема соодветен материјал за употреба во градежните конструкции како носиви елементи. Разликата во средните вредности, пак, помеѓу моделот I и моделот III, како и онаа помеѓу моделите II и IV е мала, при што, моделот I има поголема вредност во однос на моделот III за 3,97 %, а моделот II во однос на моделот IV за 5,74 %. Од овие вредности може да се заклучи дека позицијата на фурнирските листови со дебелина од 3,2 mm во конструкцијата на плочата, односно нивното поместување кон површинските слоеви на плочата има само мало влијание врз јакоста на свивање паралелно на должината на плочата.

- Различната ориентација на фурнирските листови во конструкцијата на различните лабораториски модели доведува до различни вредности и на јакоста на свивање напречно на должината на плочата. Од добиените вредности може да се заклучи дека најголемите вредности на ова својство се јавуваат кај моделите кај кои фурнирските листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани паралелно на должината на пробното тело (модел I и III). Кај овие модели делот од дебелината на плочата со паралелно ориентирани фурнири е поголем во однос на тој дел кај моделите II и IV. Од разликите во вредностите помеѓу моделот I и моделот III, како и од оние помеѓу моделот II и моделот IV, може да се заклучи дека покрај ориентацијата на фурнирите, влијание врз вредноста на јакоста на свивање има и распоредот на фурнирските листови во конструкцијата на плочата. Така, моделот III има повисока вредност на ова својство за 17,5 % во однос на онаа на моделот I, а моделот II за 45,5 % повисока од онаа на моделот IV. Моделите на лабораториски фурнирски плочи имаат поголеми средни вредности на јакоста на свивање напречно на должината на плочата во однос на споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи за најмалку 35 %.
- Добиените вредности на јакоста на свивање напречно на должината на плочата кај сите лабораториски модели (од 43,79 до 83,87 N/mm²) ја надминуваат вредноста од 15 N/mm² дефинирана со Македонскиот стандард МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Притоа моделот III ја надминува оваа вредност за 5,6 пати.
- Од ориентацијата на фурнирските листови со дебелина од 3,2 mm произлегуваат и повисоките или пониските средни вредности на јакоста на свивање паралелно и напречно на должината на плочата кај еден ист модел. Средните вредности на јакоста на свивање напречно на должината на плочата кај моделите I и III се повисоки во однос на вредностите за јакоста на свивање паралелно на должината на плочата кај истите модели. Ова е резултат на поголемиот број на надолжно ориентирани фурнири со дебелина од 3,2 mm при испитувањето на јакоста на свивање напречно на должината на плочата. Од иста причина моделите II и IV имаат повисоки вредности на јакоста на свивање во насока паралелна на должината на плочата во споредба со

вредностите напречно на должината на плочата.

- Разликите во вредностите на јакоста на свивање паралелно и напречно на должината на плочата кај моделите I и III се помали во однос на ваквите разлики кај моделите II и IV. Ваквиот однос на вредностите дава насоки за употребата на соодветните модели на плочи во зависност од местото на нивната примена, односно од видот на напрегањата на кои би се изложили во определени конструкции. Така, доколку плочите во конструкциите се оптоварени на свивање во насока на должината на плочата тогаш би се препорачала употреба на конструкциите на плочи од моделите II и IV. Но, доколку се бара изедначеност на носивоста во двете насоки на плочата, тогаш би се примениле конструкциите на моделите I и III.
- Споредбениот модел на индустриски произведени MDF плочи (S/II) се карактеризира со приближно изедначени вредности на јакоста на свивање во насока паралелно, напречно и под агол од 22,5; 45 и 67,5° во однос на должината на плочата, што е резултат на хомогената структура на овој тип плочи. Добиените вредности од 34,13 до 35,68 N/mm² за овој модел во сите испитани насоки на плочата ги задоволуваат барањата на стандардот DIN EN 622-5 за носиви плочи изложени на тешки товари (MDF-HLS) кој ја дефинира долната граница на ова својство од 32 N/mm². За квалитетот на овие плочи говори и податокот дека средните вредности на јакоста на свивање во сите насоки кај споредбениот модел S/II се повисоки и од средната вредност на јакоста на свивање напречно на должината на плочата кај споредбениот модел на индустриските фурнирски плочи. Вредностите на јакоста на свивање на моделот S/II (MDF) во сите насоки се поголеми во однос на истите кај моделот S/III (OSB). Ова наведува на заклучок дека MDF плочите заслужено го завземаат своето доминантно место во мебелното производство, но во последно време нивната примена и како материјал изложен на оптоварување во градежните конструкции е сосема оправдана.
- Споредбениот модел на OSB плочи се карактеризира со различни вредности на јакоста на свивање во различни насоки на плочата. Јакоста на свивање на овој модел има најголема средна вредност во насока паралелна на должината на плочата (19,17 N/mm²), а најмала во насока напречно на должината на плочата (10,29 N/mm²). Вредностите на јакоста на свивање под агол од 22,5°;

45° и 67,5° се движат во границите помеѓу вредностите во овие две насоки, при што со зголемување на аголот се намалува вредноста на јакоста на свивање. Испитаниот модел на OSB плочи ги задоволува барањата на Германскиот стандард DIN EN 300 синхронизиран со Европската норма за плочи тип OSB/2 и OSB/3, од што може да се заклучи дека истите може да се користат како носиви плочи.

- Аналогно на јакоста на свивање паралелно на должината на плочата, вредностите на модулот на еластичност при свивање паралелно на должината на плочата кај моделите II и IV се поголеми во однос на оние на моделите I и III. Вредностите на модулот на еластичност при оптоварување на свивање од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, кај моделите I и III се движат во граници од 5685,31 до 7546,76 N/mm², додека кај моделите II и IV во граници од 8208,14 до 10734,50 N/mm². Добиените вредности за ова својство кај лабораториските модели со исклучок на моделот III, ја надминуваат вредноста од 7000 N/mm² дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Моделите II и IV ја задоволуваат оваа вредност и при максимално оптоварување на кршење (7275,55 и 7264,34 N/mm²). Споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи S/I не ги задоволува барањата за ова својство наведени во стандардот МКС Д.Ц5.043, со што истите не треба да се употребуваат како носиви материјали во инженерските конструкции каде ќе бидат оптоварени на свивање во насока на должината на плочата.
- Аналогно на јакоста на свивање напречно на должината на плочата, вредностите на модулот на еластичност при свивање напречно на должината на плочата кај моделите I и III се поголеми во однос на оние на моделите II и IV. При оптоварувања од 10 до 40 % од максималното кое предизвикува кршење, сите модели на фурнирски плочи ја задоволуваат вредноста од 3000 N/mm² дефинирана со стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Притоа, моделот III ја надминува оваа вредност до 3 пати. Од добиените вредности може да се заклучи дека различната ориентацијата на фурнирските листови во конструкцијата на поедините модели доведува до различни вредности на модулот на еластичност при свивање како што е случај и со вредностите на

јакоста на свивање. Покрај ориентацијата на фурнирите, влијание врз вредностите на ова својство има и нивниот различен распоред во конструкцијата на поедините модели. Така, моделот III има повисоки вредности за 10 до 60 % во однос на моделот I кај кој фурнирите со дебелина од 3,2 mm се позиционирани во централниот дел на плочата. Исто така, разлика во вредностите се јавува и помеѓу моделите II и IV, при што моделот II има повисоки вредности за 44 до 82 % во однос на моделот IV.

- Споредбениот модел на MDF плочи се карактеризира со приближно изедначени вредности на модулот на еластичност при свивање во насока паралелно, напречно и под агол од 22,5; 45 и 67,5° во однос на должината на плочата, што е резултат на хомогената структура на овој тип на плочи. Добиените вредности на модулот на еластичност на моделот S/II во сите испитани насоки на плочата, ги надминуваат барањата на стандардот МКС Д.Ц5.022 за плочи од дрвени влакна за општа употреба, кој ја дефинира долната граница на ова својство од 2500 N/mm². Испитаниот модел ги задоволува и барањата на Германскиот стандард DIN EN 622-5 за MDF плочи, кој ја дефинира долната граница од 2700 N/mm² за плочи за конструктивна употреба. Од овие вредности, како и од добиените вредности за јакоста на свивање на овие плочи, може да се заклучи дека навлегувањето на примената на MDF плочите во областа на градежништвото како конструктивен материјал е сосема оправдано. Ваквата оправданост може да се согледа и од повисоките вредности на модулот на еластичност при свивање во сите насоки на моделот S/II (MDF) во однос на истите кај моделот S/III (OSB).
- Споредбениот модел на OSB плочи се карактеризира со различни вредности на модулот на еластичност во различни насоки на плочата. Модулот на еластичност на овој модел има најголема средна вредност во насока паралелна на должината на плочата (од 2276,33 до 3215,38 N/mm²), а најмала во насока напречно на должината на плочата (од 1236,43 до 2045,50 N/mm²). Вредностите на модулот на еластичност при свивање под агол од 22,5°, 45° и 67,5° се движат во границите помеѓу вредностите во овие две насоки, при што со зголемување на аголот се намалува вредноста на модулот на еластичност. Согласно добиените вредности за модулот на еластичност паралелно на должината на плочата и барањата на стандардот DIN EN 300, испитаниот модел на OSB

плочи е наменет за општа употреба, без можност да се примени како конструктивен, односно носив материјал. Од друга страна пак, добиените вредности на модулот на еластичност напречно на должината на плочата ги задоволуваат барањата за конструктивни OSB плочи, согласно горенаведениот стандард. Од ова може да се заклучи дека испитаниот модел на OSB плочи неможе во целост да ги исполни барањата за квалитетот за носиви плочи во градежните конструкции.

- Ориентацијата на фурнирските листови во структурата на фурнирските плочи, пред сè на фурнирите со дебелина од 3,2 mm, бидејќи тие со најголем процент учествуваат во вкупната дебелина на плочата, има пресудно влијание врз вредностите на јакоста на затегнување на поедините модели.
- Јакоста на затегнување паралелно на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнири кај моделите II и IV е поголема за 33 до 62 % во однос на онаа на моделите I и III. Од добиените вредности може да се заклучи дека разликите во вредностите помеѓу двете групи на модели се резултат на ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на насоката на делување на силата на затегнување. Во структурата на моделите II и IV, сите три фурнирски листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани паралелно со насоката на делување на силата на затегнување, што резултира со повисоки вредности на ова својство во споредба со моделите I и III во чија структура само еден од овие фурнири е ориентиран паралелно, а останатите два напречно на насоката на делување на силата.
- Од соодносот на вредностите на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови помеѓу моделите II и IV може да се заклучи дека со поместување на надолжно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата доаѓа до зголемување на вредноста на ова својство за околу 9 %.
- Од соодносот на вредностите на јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови помеѓу моделите I и III може да се заклучи дека со поместување на напречно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата доаѓа до намалување на вредноста на ова својство за приближно 11 %.
- Сите модели на лабораториски фурнирски плочи ја надминуваат вредноста од

24 N/mm² за јакоста на затегнување паралелно на дрвните влакна од површинските фурнири која е дефинирана со Македонскиот стандард МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Притоа моделот IV кој има најголема средна вредност ја надминува оваа вредност за 3,6 пати, додека моделот III кој има најмала средна вредност, ја надминува 2,2 пати.

- Моделите на лабораториски фурнирски плочи имаат за 2,5 до 4 пати поголеми средни вредности на ова својство во споредба со моделот на индустриски произведени фурнирски плочи, кој пак не ги задоволува барањата на стандардот МКС Д.Ц5.043.
- Ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во однос на насоката на делување на силата на затегнување е причина и за различните вредности на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај поедините лабораториски модели. Така, јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај моделите I и III е повисока за 27 до 59 % во однос на онаа на моделите II и IV. Во структурата на моделите I и III, два од трите фурнирски листови со дебелина од 3,2 mm се ориентирани паралелно со насоката на делување на силата на затегнување, што придонесува за повисоки вредности на ова својство во споредба со моделите II и IV, кај кои сите фурнири со дебелина од 3,2 mm се ориентирани напречно на оваа сила.
- Од соодносот на вредностите на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови помеѓу моделите I и III може да се заклучи дека со поместување на надолжно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата доаѓа до зголемување на вредноста на ова својство за само 2 %.
- Од соодносот на вредностите на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови помеѓу моделите II и IV може да се заклучи дека со поместување на напречно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата доаѓа до намалување на вредноста на ова својство за приближно 19 %.
- Сите модели на лабораториски фурнирски плочи ја надминуваат вредноста од 12 N/mm² за јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од

површинските фурнири која е дефинирана со Македонскиот стандард МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Притоа моделот III кој има најголема средна вредност ја надминува оваа вредност за 6,2 пати, додека моделот IV кој има најмала средна вредност, ја надминува приближно 4 пати.

- Моделите на лабораториски фурнирски плочи имаат за 1,3 до 2 пати поголеми средни вредности на ова својство, во споредба со моделот на индустриски произведени фурнирски плочи, кој исто така ги задоволува барањата на стандардот МКС Д.Ц5.043.
- Средните вредности на јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови кај сите лабораториски модели се приближни едни на други, при што најголема средна вредност е добиена кај моделот III, а најмала кај моделот IV. Во однос на добиената вредност на моделот III, останатите модели имаат пониски вредности на ова својство за 2,82 до 7,77%. Од овој сооднос на вредностите на лабораториските модели може да се заклучи дека поместувањето на фурнирите со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата има мало влијание врз јакоста на затегнување под агол од $22,5^\circ$ во однос на насоката на протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови. Сите лабораториски модели ја надминуваат дефинираната вредност на ова својство согласно стандардот МКС Д.Ц5.043 за 5,6 до 6 пати.
- Лабораториските модели имаат за 2 до 2,2 пати повисоки средни вредности на јакоста на затегнување под агол од $22, 5^\circ$ во однос на споредбениот модел на индустриски плочи, кој исто така ги задоволува барањата на горенаведениот стандард.
- Со оглед на тоа што моделите I, III и IV имаат речиси изедначени средни вредности на јакоста на затегнување под агол од 45° , а моделот II има помала средна вредност во однос на останатите модели за 4,7 до 7,4 %, може да се заклучи дека ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm и нивното позиционирање во структурата на плочата нема суштинско влијание врз вредностите на ова својство.
- Најголема средна вредност на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на дрвните влакна од површинските фурнирски листови е добиена кај

моделот III и во однос на неа, моделите I и II имаат приближни вредности, додека моделот IV има пониска вредност за приближно 21 %.

- Од приближно изедначените вредности кај лабораториските модели, со исклучок на моделот IV, може да се забележи дека поместувањето на фурнирите со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата нема големо влијание врз јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на насоката на протегање на дрвните влакна од површинските фурнирски листови. Најмалата вредност на ова својство кај моделот IV е во согласност со најмалата вредност на јакоста на затегнување напречно на дрвните влакна од површинските фурнири која исто така се јавува кај овој модел. Сите лабораториски модели ја надминуваат дефинираната вредност на ова својство согласно стандардот МКС Д.Ц5.043 за 4,7 до 6 пати.
- Лабораториските модели на фурнирски плочи имаат за 38,5 до 75 % повисоки средни вредности на јакоста на затегнување под агол од $67,5^\circ$ во однос на споредбениот модел на индустриски плочи, кој исто така ги надминува барањата на горенаведениот стандард.
- Моделите I и III имаат слична тенденција во намалувањето, односно зголемувањето на вредностите на јакоста на затегнување во зависност од насоката на делување на силата на затегнување во однос на насоката на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, како што е тоа случај и со моделите II и IV. Кај лабораториските модели I и III, како и кај споредбениот модел S/I, јакоста на затегнување има најголема вредност во насока напречно на дрвните влакна од површинските фурнирски листови, додека пак кај моделите II и IV, таа е најголема во насока паралелна на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнири. Од ваквиот сооднос на вредностите може да се заклучи дека различниот распоред на фурнирите во структурата на моделите, дава можност за избор на најповолна конструкција на плоча во зависност од намената, односно од видот на оптоварувањата во текот на нивната експлоатација.
- Во поглед на ова својство може да се заклучи дека различниот сооднос на вредностите на јакоста на затегнување во различни насоки кај лабораториските модели е резултат на различната ориентација на фурнирите во структурата на поедините модели, пред сè на фурнирите со дебелина од 3,2

mm, бидејќи тие со најголем процент учествуваат во вкупната дебелина на плочата. Затоа, големината на јакоста на затегнување ќе зависи од надолжната или напречната ориентација на овие фурнири во однос на насоката на делување на силата на затегнување.

- Сите модели на лабораториски плочи, како и споредбениот модел имаат најмала вредност на јакоста на затегнување под агол од 45° во однос на протегањето на дрвните влакна од површинските фурнирски листови. Вредностите на јакоста на затегнување под агол од $22,5$ и $67,5^\circ$ се поголеми од оваа вредност, но помали од вредноста на јакоста на затегнување паралелно и напречно на дрвните влакна.
- Најголем коефициент на рамномерност на јакоста на затегнување има споредбениот модел на индустриски фурнирски плочи, што значи дека кај овој модел се јавуваат најмали разлики во вредностите на јакоста на затегнување во различни насоки на плочата. Но, мора да се напомене дека овој модел во насока паралелно на дрвните влакна од површинските фурнири не ја задоволува вредноста на јакоста на затегнување, дефинирана со стандардот за носиви плочи за употреба во градежништвото.
- Во поглед на лабораториските плочи, моделите I и III имаат речиси идентични вредности на коефициентот на рамномерност, кои се поголеми во однос на оние на моделите II и IV. Најмал коефициент на рамномерност на јакоста на затегнување е добиен кај моделот IV, што значи дека кај овој модел постојат најголеми разлики во вредностите на јакоста на затегнување во различни насоки на плочата.
- Споредбениот модел на индустриски произведени фурнирски плочи има најнизок коефициент на масиниот квалитет. Во однос на него, лабораториските модели имаат повисок коефициент на масиниот квалитет за најмалку $56,50\%$. Највисок коефициент на масиниот квалитет има моделот II, што значи дека во однос на зафатнинската маса кај овој модел се јавуваат најголеми вредности на јакоста на затегнување. Порастот на вредноста на овој коефициент говори за порастот на квалитетот на конструкцијата на плочата.
- Сите испитани модели на фурнирски плочи ги задоволуваат и надминуваат дефинираните вредности на јакоста на притисок во рамнина на плочата согласно барањата на стандардот МКС Д.Ц5.043 за фурнирски плочи за

носиви дрвени инженерски конструкции во градежништвото. Лабораториските модели ја надминуваат вредноста за јакоста на притисок паралелно на должината на плочата за 1,9 до 2,5 пати, а јакоста на притисок напречно на должината на плочата за 3,5 до 4,6 пати.

- Разликата во вредностите на јакоста на притисок помеѓу поедините модели на лабораториски плочи е резултат на ориентацијата на фурнирите во конструкцијата на плочата, пред сè на фурнирите со дебелина од 3,2 mm, бидејќи тие зафаќаат најголем процент од дебелината на плочата.
- Јакоста на притисок на фурнирските плочи е поголема кај моделите во чија структура поголем процент од дрвните влакна се ориентирани во насока на делувањето на силата на притисок. Затоа, при испитувањето на јакоста на притисок во насока на должината на плочата, кај моделите II и IV се јавуваат поголеми вредности за приближно 19 до 33 % во однос на оние на моделите I и III. Од истите причини јакоста на притисок напречно на должината на плочата кај моделите I и III е поголема во однос на онаа на моделите II и IV за 20 до 32 %.
- Средната вредност на јакоста на притисок паралелно на должината на плочата кај моделот III е повисока во однос на онаа на моделот I за 7,45 %, додека пак, моделот IV има повисока средна вредност во однос на моделот II за 4,17 %. Средната вредност на јакоста на притисок напречно на должината на плочата кај моделот III е поголема за 5,1 % во однос на онаа на моделот I, додека пак средната вредност на ова својство кај моделот IV е повисока за 4,8 % во однос на онаа на моделот II. Од ова може да се заклучи дека позиционирањето на фурнирите со дебелина од 3,2 mm кон површината на плочата има мало влијание врз вредностите на јакоста на притисок, за разлика од нивната ориентација во однос на делувањето на силата на притисок која има пресудно влијание врз вредностите на ова својство.
- Со оглед на високите вредности на јакоста на притисок на изработените модели на фурнирски плочи, кои ги надминуваат вредностите дефинирани со стандардот, како и оние наведени во литературата, може да се заклучи дека овие плочи се сосема адекватни за примена во инженерските конструкции во градежништвото, посебно на места каде ќе бидат оптоварени на притисок во рамнината на плочата.

- Од анализата на резултатите за јакоста на притисок на споредбениот модел на MDF плочи може да се заклучи дека не постојат големи разлики во вредностите на ова својство во испитуваните насоки на плочата. Средните вредности на јакоста на притисок паралелно и напречно на должината на плочата се нешто поголеми во однос на оние под агол од 22,5, 45 и 67,5°. Малите разлики во вредностите се резултат на хомогената структура на овој тип плочи, која доведува до зголемена изотропност на нивните својства во споредба со другите типови плочи.
- Споредбениот модел на плочи со ориентирани иверки се карактеризира со поголеми разлики во вредностите на јакоста на притисок во различните насоки на плочата. Јакоста на притисок на овие плочи е најголема под агол од 22,5° во однос на должината на плочата. Со зголемување на аголот кој го зафаќа силата на притисок со насоката на должината на плочата во границите од 22,5° до 90°, вредностите на јакоста на притисок се намалуваат, при што најмала вредност на ова својство е добиена напречно на должината на плочата. Различните вредности на јакоста на притисок во различни насоки кај овој тип на плочи се резултат на ориентирањето на иверот во структурата на плочата.
- Добиените вредности на јакоста на раслојување на споредбените модели на MDF (0,61 N/mm²) и OSB плочи (0,40 N/mm²) се во согласност со барањата на Македонските стандарди. Испитаниот модел на MDF плочи ја надминува дефинираната вредност од 0,55 N/mm² за MDF плочи за општа употреба во суви услови, дефинирана во Германскиот стандард DIN EN 622-5, а исто така, согласно истиот стандард ја задоволува и дефинираната вредност од 0,60 N/mm² за носиви, конструктивни плочи во суви услови. Испитаниот модел на OSB плочи ги задоволува барањата на Германскиот стандард DIN EN 300 за сите типови на OSB плочи, вклучително и за OSB плочи изложени на тешки оптоварувања во услови на зголемена влажност (OSB/4), чија јакост на раслојување мора да изнесува најмалку 0,40 N/mm².
- Тврдоста на лабораториските модели на фурнирски плочи која се движи во граници од 86,13 до 93,69 N/mm² е за два до три пати повисока во однос на тврдоста на споредбените модели на индустриски произведени плочи. Високите вредности на ова својство кои се во границите и на вредностите

наведени во достапната литература имаат значење во практичната примена на плочите.

- Средната вредност на степенот на слепеност на лабораторискиот модел на фурнирски плочи во износ од 6,42 ја надминува за 60 % минималната вредност за ова својство дефинирана во стандардот за фурнирски плочи МКС Д.Ц5.041/82. Ваквиот сооднос на вредностите е потврда за квалитетот на слепувањето на изработените лабораториски модели на фурнирски плочи.
- Високата вредност за степенот на слепеност на лабораторискиот модел на фурнирски плочи создава можност за поширока практична примена на овие плочи, пред сè во градежништвото.
- Испитаниот модел на индустриски фурнирски плочи со средна вредност на степенот на слепеност во износ од 0,92 не ги задоволува минималните барања на горенаведениот стандард. Со оглед на тоа дека не се познати параметрите на производство на испитаните индустриски фурнирски плочи, може да се претпостави дека лошиот квалитет на слепувањето се должи на употребата на несоодветно и неквалитетно лепило, како и на несоодветниот нанос на лепило врз фурнирските листови во текот на производството на плочите.

Врз основа на донесените заклучоци, може да се издвојат следниве генерални заклучоци и препораки:

Различните вредности на сите испитани механички својства на поедините модели на лабораториски фурнирски плочи се резултат на различната ориентација на фурнирските листови во конструкцијата на плочите. Фурнирите со дебелина од 3,2 mm зафаќаат најголем процент од дебелината на плочите, па затоа нивната ориентација во најголема мера влијае врз вредностите на механичките својства.

Покрај ориентацијата на фурнирите со дебелина од 3,2 mm во конструкцијата на плочата, извесно влијание врз вредностите на својствата има и рапоредувањето, т.е. позиционирањето на овие фурнири во однос на централниот слој на плочата. Поместувањето на овие фурнири кон површинските слоеви на плочите доведува до извесно зголемување или пак намалување на вредностите на механичките својства, во зависност од насоката на делување на силите на оптоварување и ориентацијата на фурнирите.

При испитувањето на јакоста на свивање, најголеми вредности се јавуваат кај моделите кај кои фурнирските листови со дебелина од 3,2 mm имаат надолжна

ориентација во однос на распонот на оптоварената плоча. Затоа, кога плочите се изложени на напрегања на свивање паралелно на должината на плочата се препорачува употреба на конструкциите на моделите II и IV. Притоа, со поместување на надолжно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површината на плочата (модел IV во однос на модел II) доаѓа до намалување на вредноста на ова својство за приближно 6 %. Затоа, при избор помеѓу овие два модела се препорачува конструкцијата на моделот II.

Кога плочата е оптоварена на свивање напречно на должината на плочата, или пак, кога од плочите се бара да имаат што поголема изедначеност на јакоста на свивање по должина и ширина на плочата, се препорачува употреба на конструкциите на моделите I и III. Притоа, со поместување на надолжно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површината на плочата (модел III во однос на модел I), доаѓа до зголемување на вредноста на ова својство за 17,5 %. Одовде произлегува препораката за примена на конструкцијата на моделот III при ваков вид на оптоварување. Но, во однос пак на поголемата изедначеност на јакоста на свивање во двете насоки на плочата, се препорачува употреба на моделот I.

Зависност на јакостните карактеристики на фурнирските плочи од ориентацијата и распоредот на овие фурнири во конструкцијата на плочата се јавува и при испитувањето на останатите механички својства. Така, јакоста на затегнување и јакоста на притисок на фурнирските плочи е најголема кај моделите кај кои фурнирите со дебелина од 3,2 mm се ориентирани паралелно со насоката на делување на силата на затегнување, односно силата на притисок. Оттука, произлегува препораката за употреба на конструкциите на моделите II и IV во оние случаи кога плочите се изложени на напрегања на затегнување и притисок во насока на должината на плочите. Притоа, со поместување на надолжно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата (модел IV во однос на модел II) доаѓа до зголемување на вредноста на јакоста на затегнување за околу 9 %, а на јакоста на притисок за околу 4 %. Оттука, произлегува препораката за примена на конструкцијата на моделот IV кога плочите се оптоварени на затегнување и притисок во насока на должината на плочата. Но, во однос на поголемата изедначеност на јакоста на затегнување во двете насоки на плочата, се препорачува моделот II.

Кога плочите се изложени на дејство на сили на затегнување или притисок напречно на должината на плочата, или пак кога од плочите се бара што поголема изедначеност на вредностите на овие својства во двете насоки на плочата, се препорачува примена на конструкциите на моделите I и III. Притоа, со поместување на надолжно ориентираните фурнири со дебелина од 3,2 mm кон површинските слоеви на плочата (модел III во однос на модел I) доаѓа до зголемување на вредноста на јакоста на затегнување за само 2 %, а на јакоста на притисок за околу 5 %. Разликите во вредностите на јакоста на затегнување паралелно и напречно на должината на плочата се помали кај моделот I, додека во однос на јакоста на притисок, моделите I и III имаат речиси идентични разлики во вредностите паралелно и напречно на должината на плочата.

Изработката на фурнирски плочи со различен распоред на фурнирските листови во конструкцијата на плочите, дава можности за изработка на плочи кои може да одговорат на различните барања во нивната примена. Ова значи дека со користење на исти фурнирски листови во структурата на плочата, а со нивен различен распоред, може да се изработат плочи со различни јакостни карактеристики, потребни за вградување на плочите во различни конструкции.

Изборот на определена конструкција на фурнирска плоча ќе зависи од местото на нејзината примена, односно од видот на оптоварувањата на кои е изложена плочата во текот на нејзиниот експлоатационен период.

Со оглед на тоа што различното распоредување и позиционирање на фурнирските листови во конструкцијата на плочите не повлекува зголемување на трошоците на производството на овие плочи, ниту повлекува техничко-технолошки импликации, се препорачува изработка на онаа конструкција на плоча кај која се јавуваат најдобри физичко-механички својства во насока на задоволување на барањата кои произлегуваат од местото на нејзината примена.

Во поглед на истражувањата на индустриски произведените фурнирски плочи, плочи од дрвни влакна со средна густина-MDF и плочи со ориентирани иверки-OSB, може да се донесат следните генерални заклучоци:

Моделот на индустриски произведени фурнирски плочи, како и моделот на OSB плочи се карактеризираат со доста девијации, односно непостојаност во квалитетот. Овие модели целосно не ги исполнуваат барањата дефинирани во стандардите за употреба на овие плочи како носиви плочи во градежните

конструкции, бидејќи само дел од добиените вредности на испитаните својства ги задоволуваат овие барања. Покрај ова, присутна е и појавата едно исто својство во една насока на плочата да ги исполнува дефинираните барања на стандардот, додека во другата насока не ги задоволува. Така, во поглед на јакоста на свивање, овие модели ги задоволуваат барањата за употреба како конструктивни, носиви плочи, но нивната еластичност изразена преку вредноста на модулот на еластичност во дадени насоки на плочите не ги задоволува стандардните барања.

Во поглед на физичките својства, односно димензионата стабилност, исто така може да се забележат девијантни појави, односно одлични резултати за дебелинското бабрење на фурнирските плочи, но истовремено и доста високи вредности за впирањето вода. Индустрискиот модел на OSB плочи во поглед на добиената вредност на дебелинското бабрење е наменет само за општа употреба во внатрешни (суви) услови.

Карактеристиките на испитаните индустриски фурнирски и OSB плочи кои се застапени на пазарот во Р. Македонија не соодветствуваат целосно со техничките спецификации кои ги даваат производителите на овие плочи. Врз основа на овие спецификации, плочите од страна на увозниците може да бидат претставени како носиви плочи за употреба во градежништвото, што секако не соодветствува со нивните вистински квалитативни карактеристики. Ова секако претставува проблем на кој час поскоро мора да се посвети големо внимание.

Индустрискиот модел на плочи од дрвни влакна со средна густина-MDF, согласно добиените резултати од испитаните својства се карактеризира со исклучително висок квалитет. Изедначеноста на својствата на овие плочи во различни насоки на плочата е резултат на нивната добра хомогеност во структурата. Добиените вредности на дебелинското бабрење и впирањето вода ја потврдуваат нивната добра димензиона стабилност и даваат позитивни сигнали за нивна примена како конструктивен материјал во градежните конструкции. Доминантното место на MDF плочите во мебелното производство е неоспорно, но високите вредности на јакоста на свивање, модулот на еластичност и јакоста на раслојување на овие плочи кои ги задоволуваат и барањата за конструктивни MDF плочи изложени на тешки оптоварувања, се потврда за оправданоста на тенденцијата за примена на овие плочи и како носиви материјали во различни конструкции во градежништвото.

Добиените резултати од спроведените истражувања на индустриските

модели на плочи даваат насоки за правилна примена на овие плочи, согласно нивните квалитетни карактеристики. Воедно се создава можност, увозниците на дрвени плочи во Р. Македонија да добијат поголеми сознанија за квалитетот на плочите кои ги увезуваат, а со цел корисниците на овие плочи да го најдат најсоодветното место на нивна примена.

8. ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСТРАЖУВАЊАТА

Врз основа на резултатите од истражувањата, нивната анализа и донесените заклучоци по предметот на истражување, може да се заклучи дека е направен правилен избор на лабораторискиот експеримент, соодветно се избрани технолошките параметри на изработка на фурнирските плочи, како и физичко-механичките својства за испитување и анализа. Како резултат на ова, изработените модели на фурнирски плочи се карактеризираат со висок квалитет.

Со изработката на различни модели на фурнирски плочи со различен распоред на фурнирските листови во нивната конструкција се создадени можности за изработка на плочи кои може да одговорат на различните барања во нивната примена, односно плочи со различни јакостни карактеристики, потребни за вградување на плочите во различни конструкции.

Високите физичко-механички карактеристики на изработените модели даваат основа за нивна практична примена во градежништвото. Употребата на определена конструкција (модел) на фурнирска плоча ќе зависи од местото на нејзината примена, односно од видот на оптоварувањата на кои е изложена плочата во текот на нејзиниот експлоатационен период. Изработените модели на фурнирски плочи може да се препорачаат за употреба во услови на зголемена влажност, за носиви и неносиви конструктивни елементи во подните, сидните и кровните конструкции.

Општа констатација е дека изработените модели на фурнирски плочи претставуваат квалитетен материјал за примена во градежништвото.

Врз основа на спроведените истражувања на моделите на индустриски произведени фурнирски плочи, плочи од дрвени влакна со средна густина (MDF) и плочи со ориентирани иверки (OSB), може да се даде препорака на увозниците на дрвени плочи во нашата држава, при изборот на плочи да внимаваат нивниот квалитет да соодветствува со типот и класата на плочите, со цел корисниците на овие плочи да можат правилно и соодветно да ги применат во конструкциите.

Високиот квалитет на испитаните плочи од дрвени влакна со средна густина (MDF), дава надеж дека овој тип плочи покрај доминантното место во мебелното производство, ќе завземат свое место и како материјал за употреба во различни конструкции во градежништвото.

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Akgül, M., Y. Çöpür, C. Güler, A. Tozluoğlu and Ü. Büyüksari (2007): Medium density fiberboard from *Quercus robur*. *Journal of Applied Sciences* 7 (7): 1085-1087.
2. Arriga, F. and F. Peraza (2004): Characteristic values of mechanical properties of radiata pine plywood. http://www.ewpa.com/Archive/2004/jun/Paper_314.pdf.
3. Backović, M. (1976): Uticajni faktori na proces i kvalitet lijepljena furnira, Sarajevo.
4. Baldwin, R. F. (1975): *Plywood Manufacturing Practices*, San Francisco, California: Miller Freeman Publications, Inc., U.S.
5. Bohm, M. (2009): The influence of moisture content on thickness swelling and modulus of elasticity in oriented strand board bending. *Wood Research* 54 (4): 79-90.
6. Brezin, V., L. Valcheva, N. Trichkov (1997): Low Toxic Water Resistant Plywood Production, The 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science/Technology, Volume I, Belgrade, 370-373.
7. Brezović, M., V. Jambreković, J. Kljak (2002): Utjecaj karbonskih vlakana na neka relevantna svojstva furnirskih ploča. *Drvena Industrija* 53 (1): 23-31.
8. Cai, Z. and R.J. Ross (2010): Mechanical properties of wood-based composite materials. Chapter 12. General Technical report FPL-GTR-190. *Wood Handbook*. Madison WI: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory: 12-1 – 12-12. http://www.fpl.fs.fed.us/products/publications/specific_pub.php?posting_id=17973
9. Dimeski, J. (1980): Fizičko-mehanička svojstva drvnih ploča (iverica) dobijenih na bazi hrastovine u kombinaciji sa drugim drvnim materijalima i primenom različitih vezivnih sredstava, Doktorska disertacija, Beograd.
10. DIN EN (1999) – Holzfaserplatten, spanplatten, sperrholz.
11. Elbez, G.(1997): Possibility of Gluing of Veneers with High Moisture Content, XIII Symposium “Adhesives in Woodworkig Industry”, Vinné, Slovakia, 101-110.
12. EPF-European Panel Federation: OSB (Oriented Strand Board) – Technical Information Sheet, <http://www.osb-info.org/technical.html>: 23.08.2010.
13. EWPA-Engineered Wood Products Association of Australasia: Structural plywood & LVL design manual, <http://www.ewp.asn.au>.
14. EWPA-Engineered Wood Products Association of Australasia: Facts about particle boards and MDF http://www.ewp.asn.au/library/factsheets/ewpaa_facts_about_pb_and_mdf_v2.pdf.

15. Finnish Forest Industry Federation: Handbook of Finnish Plywood http://www.finnforest.com/SiteCollectionDocuments/Brochures%20pdf/Handbook_of_Finnish_Plywood.pdf: 25.03.2010.
16. Gjinolli, A., J. Vogt (2007): Building Envelope and Structural Performance of Wood Structural Panels under Climate Loads, 11th Canadian Conference on Building Science and Technology, Banff, Alberta, <http://bricks-and-brome.net/22c11.pdf>: 08.03.2010.
17. Gu, H., S. Wang, T. Neimsuwan, S. Wang (2005): Comparison study of thickness swell performance of commercial oriented strandboard flooring products. Forest Product Journal 55(12): 239-245.
18. Hrázský, J. and P. Král (2006): Effects of the thickness of rotary-cut veneers on properties of plywood sheets. Part 2. Physical and mechanical properties of plywood materials. Journal of Forest Science 52 (3): 118-129.
19. Hrázský, J. and P. Král (2009): Determination of relationships between density, amount of glue and mechanical properties of OSB. Drvna industrija 60 (1): 7-14.
20. Hrázský, J. and P. Král, (2007): A contribution to the properties of combined plywood materials. Journal of Forest Science, 53 (10): 483-490.
21. http://alliedveneer.com/marine_plywood/Hydrotek_BS1088_48_x_96-p-16136.html.
22. <http://www.bolderaja.lv/index.php?act=page&id=13> – Catalogue OSB: 23.08.2010.
23. http://www.kronospan.bg/products/category_tech.phtml?cat_id=32&type_id=40&wh=t_ch
24. http://www.flakeboard.com/specs/Flakeboard_Superior_MDF_Brochure.pdf.
25. http://www.kaindl.com/fileadmin/user_upload/downloads/DB_MDF_E1_E.pdf.
26. http://www.logsearch.biz/product_mdf.html: 23.08.2010.
27. http://www.mdf-hallein.at/english/download_files/mdf_englisch.pdf.
28. <http://www.plumcreek.com/Portals/0/downloads/mdf/1-Standard%20MDF.pdf>.
29. <http://www.spanogroup.be/upload/docs/MDF-manual%20ENG%20LOW%20RES.pdf>: 26.08.2010.
30. http://www.wintekprelams.com/pre_laminated_mdf.html: 23.08.2010.
31. Ivanov, I., T. Sadowski, M. Filipiak, M. Kneć (2008): Experimental and numerical investigation of plywood progressive failure in CT tests. Budowictwo i Architektura 2: 79-94.
32. Jones, W., H. Barnes, and R. Murphy (2001): Ancillary properties of vapor boron-treated composites. 32nd Annual Meeting, Nara, Japan may 20-25th.

33. Kollmann F., et. al. (1975): Principles of Wood Science and Technology, vol. II –Wood Based Materials, Springer-Verlag, Berlin-New York.
34. Krpan, J. (1971): Trhnologija furnira i ploča, Zagreb.
35. Lukić-Simonović, N. (1983): Poznavanje svojstva drveta, Beograd.
36. Malanit, P. and N. Laemsak (2007): Effect of strand orientation on physical and mechanical properties of rubberwood oriented strandboard. Walailak J Sci & Tech, 4 (2): 215-223.
37. Miljković, J., J. Dimeski, B. Iliev (1997): Water-Resistant Wooden Composition Boards and Their Characteristics, The 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science/Technology, Volume I, Belgrade, 393-399.
38. Miljković, J. (1991): Kompozitni materijali od usitnjenog drveta, Beograd.
39. Nikolić, M. (1988): Furniri i slojevite ploče, Beograd.
40. National Artificial Board Quality Supervision & Test Center (2008): Inspection report on physical and mechanical properties of Xingang film faced plywood.
41. Pavlić, I. (1962): Matematička statistika-primjena u proizvodnji, Zagreb.
42. Pavlić, I. (1965): Statistička teorija i primjena, Zagreb.
43. Semple, K., I. Cullis, P. Evans (2009): Improving the stability of oriented strand board manufactured from mountain pine beetle wood. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Mountain Pine Beetle Working Paper 2009-18. 61 p.
44. Starecki, A. (1997): Influence of Wood Preservatives on the Strenght of Glue Joints in the Long-Term Seseasoned Plywood, XIII Symposium “Adhesives in Woodworking Industry”, Vinné, Slovakia, 171-178.
45. Starecki, A. (1993): The Influence of Pressing Temperature to Chosen Properties of Plywood, XI Sympozium “Pokroky vo vyrobe a pouziti lepidiel v drevopriemysle”, Zvolen, 345-350.
46. Structural Board Association (2004): Oriented strand board in wood frame construction. OSB Performance by Design. Canadian edition 2004. www.osbguide.tecotested.com/pdfs/en/tm422.pdf.
47. Suzuki, S. and H. Miyagawa (2003): Effect of element type on the internal bond quality of wood based panels determined by three methods. Journal of Wood Science 49(6): 513-518.

48. Suzuki, S. (2000): Effects of strand length and orientation of strength properties of OSB made from Japanese cedar. World Conference on Timber Engineering, Whistler Resort, British Columbia, Canada, July 31-August 3, 2000. <http://timber.ce.wsu.edu/Resources/papers/toc.pdf>.
49. Taylor, A., S. Wang, C. Freitag and J. J. Morrel (2008): Properties of 'enhanced' OSB subfloor panels. *Forest Product Journal* 58(5): 77-79.
50. Wang, S. and P. Winistorfer (2003): An optical technique for determination of layer thickness swell of MDf and OSB. *Forest Product Journal* 53(9):64-71.
51. Wang, S., H. Gu, T. Neimsuwan (2004): Understanding properties of commercial OSB products. Proceedings of the 7th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. Volume II. Nanjing, China.
52. Winandy, E. J. (2006): Advanced wood-and bio-composites: Enhanced performance and sustainability. Proceedings of 4th International Conference on Advanced materials and Processes. University of Waikato, Hamilton, New Zealand. December 10-13. Paper 190.
53. Youngquist, J.A. (1999): Wood-based composites and panel products. Chapter 10 in USDA, Forest Service, Wood as an engineering material. General Technical report FPL-GTR-113. *Wood Handbook*. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory.
54. Zdravković, V., B. Grujić (1997): Computer Response-Surface Analysis in Veneer Quality Prediction, The 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science/Technology, Volume II, Belgrade, 659-666.
55. Zdravković, V., B. Grujić (1997): Inter-Dependence of Wetting Characteristics of Phenolic Glue on Extender Proportion, Moisture Content and Roughness of Poplar Veneer, The 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science/Technology, Volume II, Belgrade, 436-441.
56. Брезин, В., Л. Вълчева, П. Панайотов (1996): Изследване влиянието на водоразтворими антипирени върху свойствата на трудногорим шперплат, Втора Балканска конференция "Проучаване, опазване и използване на горските ресурси", Том II, София, 365-372.
57. Геогиевски, Ж. (1994): Анатомија и технички својства на дрвото, II дел-Технички својства на дрвото, Скопје.
58. Димески, Ј. (1980): Проучување на некои физичко-механички својства на плочите од крупни иверки (Waferboard), ГЗШФ, Скопје, 1980/29, 141-153.

59. Димески, Ј., Р. Сениќ (1981): Влијанието на волумната маса врз квалитетните својства на плочите од иверки, Шумарски преглед, Скопје, 1981/1-2, 17-25.
60. Димески, Ј. (1988): Производи од иситнето дрво, I дел, Скопје.
61. Димески, Ј., Б. Илиев (1993): Производи од иситнето дрво, I дел-Плоча од иверки (практикум), Скопје.
62. Димески, Ј., Б. Илиев, К. Граматиков (1996): Водоотпорни комбинирани дрвени плочи произведени од бука и нивни карактеристики, СИИТ-Инженерство, Том 1, број 4, Скопје, 267-275.
63. Димески, Ј., Б. Илиев (1997): Физичко-механички својства на водоотпорните фурнирски плочи произведени од букови фурнири и фенол-формалдехидно лепило, Шумарски преглед, Година XL (1992-1997), Скопје, 37-42.
64. Димески, Ј., Б. Илиев (1996): Климатизирање на проби, СИИТ-Инженерство, Том 1, број 1, Скопје, 61-71.
65. Димески, Ј., Н. Јосифов, Б. Илиев (1997): Водоотпорни комбинирани дрвени плочи произведени од водоотпорни плочи од иверки фурнирани со фурнири од топола и нивни карактеристики, Меѓународен научен симпозиум “50 години – Шумарски факултет”, Скопје, 277-284.
66. Димески, Ј., Б. Илиев (2007): Производи од иситнето дрво, II дел - Плочи влакнатици и брикети, Скопје.
67. Дончев, Г. и соработници (1981): Наръчник по дрвообработване, София.
68. Доронин, Ю., С. Мирошниченко, М. Свиткина (1987): Синтетические смолы в деревообработке, Лесная промышленность, Москва.
69. Елберт, А., Л. Коврижных, И. Генов, Н. Јосифов (1989): Изследване върху својствата на ПДЧ с фенолформалдехидни свързващи вещества, Дървообработване и мебелна промишленост, София, No 1, 33-35.
70. Енчев, Е., Г. Бълскова (1989): Дървесинознание, Земиздат, София.
71. Илиев, Б. (1994): Проучување на некои својства на водоотпорни комбинирани плочи изработени од плочи од иверки и фурнири на база на фенолно лепило, Магистерски труд, Скопје.
72. Илиев, Б. (2000): Компаративни испитувања помеѓу водоотпорни комбинирани дрвени плочи и водоотпорни повеќеслојни фурнирски плочи, Докторска дисертација, Скопје.

73. Илиев, Б. (2004): Експериментални и аналитички истражувања на карактеристиките на водоотпорни комбинирани дрвени плочи за употреба во градежништвото, Завршен извештај на научноистражувачки проект финансиран од Министерството за образование и наука на Р. Македонија, главен истражувач доц. д-р Борче Илиев, Шумарски факултет-Скопје, Скопје.
74. Йосифов, Н., Б. Ганев (1978): Производство на дървесни плочи, Земиздат, София.
75. Йосифов, Н., В. Цолов, Т. Тодоров (1980): Комбинирани дървесни плочи за строителство с повишена хидрофобност и гладкост, Научни трудове на ВЛТИ, Серия МТД, Том XXV, София, 95-99.
76. Македонски стандарди за дрво-МКС, 1995.
77. Спирски, М. (2002): Научниот труд - да се напише и да се објави, Институт за имунобиологија и хумана генетика, Институт, Медицински факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје.
78. Стефановски, В., Б. Рабациски (1994): Примарна преработка на дрвото II дел-Фурнири и слоевити плочи, Скопје.
79. Шишков, И. (1994): Технология на фурнира и слоестата дървесина, Земиздат, София.