

# ОБЛАГОРОДЯВАНЕ НА МЕБЕЛНИ ПОВЪРХНИНИ

## Хабилитационна разширена справка за научните приноси

на доц. д-р инж. Димитър Христов Ангелски

представена за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност „професор“ към катедра „Производство на мебели“, област на висше образование 6. Аграрни науки и ветеринарна медицина, професионално направление 6.5. Горско стопанство, научна специалност „Технология, механизация и автоматизация на ДМП“, по дисциплината „Технология на мебелите“, със срок 2 месеца от обнародването в Държавен вестник, бр.102 от 07.12.2021 и публикуване на Интернет страницата на ЛТУ

*Код на процедурата: WWI-P-1121-74*

### I. ВЪВЕДЕНИЕ (СЪЩИНА НА ИЗСЛЕДВАНИТЕ НАУЧНИ ПРОБЛЕМИ)

Повърхнините на мебелните конструктивни елементи от дървесина и дървесни материали след изработването им се подлагат на допълнителна обработка (облагородяване) с цел подобряване на външния вид и експлоатационните им свойства (Кавалов и др. 2014). Както е известно, съществуват две основни направления за облагородяване на мебелни повърхнини – облицоване с листови материали и нанасяне на течни състави и образуване на филм с защитно-декоративни свойства.

#### **1. Облагородяване на мебелни повърхнини посредством облицоването им с листови материали**

Облицоването с листови материали се използва основно за облагородяване на конструктивни елементи изработени от необлицовани мебелни плочи. В днешно време плочите от дървесни частици (ПДЧ) и плочите от дървесни влакна (ПДВ), са основен материал при производство на мебели. Посредством облицоване на повърхнините им се подобряват якостните показатели, водо- и влагоустойчивост и особено естетическият вид на произведените мебели (Ключуков и Живков 2015, Кавалов и др. 2014).

##### ***1.1. Адхезионна якостта на лепилни съединения***

Лепенето е универсален метод за получаване на неразглобяеми твърди съединения от еднородни и разнородни материали (Кардашов 1980, Панайотов 2002). За слепването на листовите материалите към основата (мебелните плочи) се ползват лепила, които се дефинират като сложен състав от органични и неорганични съединения, притежаващи способността да съединяват повърхностите на еднородни и разнородни материали (Парушева 1989, Панайотов 2002). Съединяването на материалите чрез слепване се обуславя от силите на привличане на граничните повърхности, които са сили на сцепление между разнородни молекули, йони, функционални групи и атоми, намиращи се в повърхностните слоеве на телата, които са в контакт. Както е известно, тези сили се наричат адхезионни сили, а явлението се означава с термина адхезия (Nelson 1995, Silva *et al.* 2011, Dunky 2017). Тя се обуславя от едновременното съществуване на механични,

физични и химични сили (Nelson 1995, Silva *et al.* 2011, Dunky 2017). Адхезията е сложен физико-химичен феномен, за който все още няма строга теоретична дефиниция (Kaelblea 1964, Landrock 2008, Silva *et al.* 2011, Dunky 2017). За обясняване на адхезията между твърдото тяло и лепилния филм са създадени множество теории, като се изхожда от факта коя от действащите сили е преобладаваща (Silva *et al.* 2011). За анализиране на адхезионни механизми и резултати от изследвания най-често се ползват следните теории: механична теория; адсорбционна (молекулна) теория; електрична теория; химична теория (Rijckaert *et al.* 2001, Jaic and Zivanovic, 1997, Ozdemir and Hiziroglu, 2007, Nelson, 1995). Въпреки това, нито една от тези теории самостоятелно не може да обясни всички възможни варианти на лепилните съединения. На практика стабилността на лепилните съединения във времето се обуславя от кохезионните и адхезионните сили.

### ***1.2. Изследвания, свързани с влиянието на някои фактори върху адхезионната якостта на лепилни съединения между облицовъчни материали и мебелни плочи.***

Поради важността на адхезионната якост на лепилните съединения, както за производителите така и за потребителите на мебели, тя е обект на постоянно изследване и определяне. Споменатите по-горе промени в съставите и свойствата на ползваните материали също налага регулярно провеждане на експериментална дейност. Още от средата на миналия век се провеждат такива изследвания и у нас. Те започват с определяне на адхезионната якост на фурнировани плочи от дървесни частици. Кючуков Г. определя влиянието на някои фактори при фурнироване на плочи от дървесни частици с карбамидформалдехидно лепило върху якостта на слепване и влажностно-термичната устойчивост на лепилния шев. Според Кючуков (1969) определящо от икономическа и технологична гледна точка за продължителността на процеса на облицоване е установяване на момента за окончателното втвърдяване на лепилото. Също така, увеличеното време на пресуване при повишена температура (над 145°C) се отразява отрицателно върху якостта на слепване и влажностно-термичната устойчивост на лепилния слой. В тази връзка, отклоненията в продължителността на времето на пресуване при фурнироване не трябва да превишават 10÷15 % от оптималното време на пресуване при съответната температура на плотовете на пресата (Кючуков 1969). Изследвания в тази насока са правени също така от Мерджанов В., Ангелски Д. и Георгиев Ж. (Ангелски и др. 2009, Мерджанов и др. 2010, Ангелски и др. 2010). Въз основа на тях е определено влиянието на температурата върху времето за окончателно втвърдяване на различни термореактивни лепила. Установено е влиянието на дебелината на фурнира и температурата на плотовете върху времето за достигане на желана температура, както и влиянието на дървесния вид на облицовъчния слой върху продължителността на фурнироване (Мерджанов и др. 2010, Ангелски и др. 2010). Напоследък, с оглед икономия на топлинна енергия, все по-често се прибягва до фурнироване при сравнително ниски температури и/или ползване на поливинилацетанти (ПВА) лепила.

Навлизането през 80-те години на синтетични облицовъчни материали, води до значителни промени в технологичните режими за облицоване и от необходимостта от нови изследвания. Този тип фолия са тънки и водонепроницаеми, което предполага

качествено нови изисквания към детайлите за облицоване. В този случай за да се осъществи качествено лепилно съединение, е необходимо ползването на специално приготвени дисперсни лепила от типа на поливинилацетатните (ПВА). Слелването с обикновени ПВА лепила е възможно при условие, че олепиляваната страна на фолиото е предварително обработена с вещества, служещи като адхезионен мост между поливинилхлорида и лепилото (Кавалов и Русанов 1978, Русанов 1981, Кавалов и др. 2014). Друг важен момент е, че методите и инструментите за измерване на адхезията се усъвършенстват през годините. Сред тях най-обективен и широко разпространен е методът на изтръгването. По същество се определя силата, с която облицовката се отделя от подложката при натоварване на опън перпендикулярно на неговата ориентация. Русанов Хр. и Кавалов А. правят редица изследвания свързани с режимите за облицоване на ПДЧ с декоративни хартиени фолиа, както и с поливинилхлоридно (ПВХ) фолио (Русанов 1981, Русанов и др. 1997). За ограничаване на дефекта „маркиране“ (Кавалов и др. 2014) е разработена специална терморективна газообразуваща лепилна смес (Кавалов и др. 1980). Поливинилхлоридът е един от най-гъвкавите и издръжливи облицовъчни материали, но притежава ниско повърхностно напрежение и значителна химическа инертност. Това води до ниска омокряемост и адхезия на лепилните съединения (Huang *et al.* 2010, Pelagade *et al.* 2012). Определянето на адхезионната якост не губи своята актуалност, независимо, че се провеждат и множество изследвания за ограничаване на „маркирането“ на микрорелефната структура на подложката при облицоване с тънки фолиа. Този дефект също влияе негативно върху адхезионната якост на лепилното съединение (Kılıç *et al.* 2009). Облицоването на мебелните конструктивни елементи с фолиа довежда до създаването на проходните технологии за облагородяване. При тях налягането на слелване се създава при моментното преминаване на плочата с облицовъчните листове между два валека, които се притискат един срещу друг със определена сила. Достигането на минимална технологична якост на слелване при толкова късо време за пресуване, е възможно при много бързо протичащ процес на втвърдяване на лепилния слой. За проходно облицоване на детайли с ПВХ фолио, се препоръчва ползването на реактивни термостопяеми полиуретанови (ПУ) лепила (Dunky 2017). Съществени предимства на ПУ лепилата са липса на разтворители, устойчивост на вода и ниска температура на нанасяне. В зависимост от влажността на въздуха и на плочестия материал, ПУ термостапящи лепила достигат 50-80% от крайната якостта на лепилното съединение приблизително 6 часа след нанасянето им, като окончателното им втвърдяване се постига в рамките на 24 часа (Dunky 2017). В настоящата хабилитационна справка е представено изследване определящо зависимостта между адхезионната якост на лепилни съединения от режимни параметри при проходно облицоване (Angelski *et al.* 2017).

През последните десетилетия при проектирането на мебели се наблюдава тенденция за все по-широко ползване на конструктивни елементи, характеризиращи се със сложни форми и релефни повърхнини. Това доведе до усъвършенстване на стари и създаване на нови съоръжения и технологии за облицоване на релефно обработени плочи с помощта на т. нар. мембранни, тридимензионни (3-D) и термовакуумни преси. Същността на технологиите за тридимензионно облицоване се изразява в създаване на възможност за подходящо пластифициране на облицовъчните листове и равномерното им

притискане към релефно обработени и олепилени повърхнини. Най-съществено при този метод на облицоване е използването на гъвкавата мембрана, закрепена на горния плот и херметично затворените през фазата на пресуването пространства над и под нея. На тридимензионно облицоване най-често се подлагат детайли изработени от ПДВ, тъй като имат хомогенната структура и лесно се обработват с фрезови и режещи инструменти. При тази обработка често след облицоване възниква дефекта „маркиране“ на основата вследствие на: незаточен фрезерен инструмент; неподходяща скорост на въртене на инструмента; неподходящо или с неподходяща дебелина облицовъчно фолио. Облицовъчните материали са предимно полимерни термопластични фолия с добре изразена еластичност и пластичност, като се употребява един облицовъчен лист, с който се обхваща повече от една повърхнина на даден конструктивен елемент. За да се осъществи обхващането на повече от една повърхнина се използва под налягане (вакуум) или комбинация от вакуум и налягане. Осигуряването на лепилни съединения с нормативна адхезионна якост (над 1,2 МРа) зависи от много фактори. На първо място сред тях са: вид, дебелина и степен на пластифициране на фурнирните платна; сложност на релефа изразена чрез дълбочини и радиуси на закръгления на профилните участъци; дебелина и еластичност на мембраната и др. Стойността на необходимото подналягане за осигуряване на пълното деформиране на облицовъчния материал около релефната повърхнина се определя в зависимост от вида на материала (за фурнири – 0,05 ÷ 0,07 МРа, ПВХ фолия – 0,02 ÷ 0,04 МРа). Изследвания на процесите за облицоване на огънати мебелни плочи с ПВЦ фолия при ползване на под налягане са правени от Михайлов В. Ангелски Д. и Мерджанов В. (Mihailov *et al.* 2017, Angelski *et al.* 2018). Разработен е технологичен режим за едновременно изработване и облицоване на криволинейните мебелни детайли (Михайлов 2021). Основните заключения от изследванията на Михайлов В. са следните: адхезионната якост на лепилните съединения между ПВХ фолио и криволинейните мебелни детайли отговарят на изискваната минималната технологична якост на опън при разходна норма на ПУ лепило над 150 g/m<sup>2</sup>; въз основа на получените резултати може да се приеме, че с увеличаване на количеството лепило се увеличава и адхезионната якост на съединенията в диапазона от 100 до 200 g/m<sup>2</sup>; адхезионната якост на ПВА дисперсионните лепила между ПДВ с висока плътност и ПВХ фолио не отговаря на минималните изисквания за технологична якост. Ниската адхезия се получава вследствие от невъзможността на ПВХ фолиото да абсорбира вода. Този проблем може да бъде ограничен, чрез предварително подсушаване на нанесеното лепило и последващо термично активиране. Въз основа на изследванията може да се твърди, че PVA лепилото е неподходящо за облицоване с ПВХ фолио на криволинейни мебелни детайли с лицеви слоеве от ПДВ с висока плътност. В настоящата хабилизационна справка са поместени изследвания свързани с термовакуумното облицоване и адхезионната якост на лепилни съединения между ПДВ със средна плътност и ПВХ фолио (Merdzhanov *et al.* 2018, Angelski *et al.* 2018).

Други изследвани са свързани с облицоването на мебелни детайли със слоести пластици (гетинакси). За тях са характерни голяма твърдост, водо- и паронепроницаемост, по-висок коефициент на температурно разширение в сравнение с дървесината. Тези особености са предпоставка за възникване на големи вътрешни напрежения в лепилните

съединения при облицоване на дървесни материали, а оттам и за поява на измътания и дори саморазлепвания в експлоатационни условия (Кавалов и др. 2014). Изследвания с такъв тип материали са правени от Martins (2015), Панайотов П. и др. (2000). В настоящата хабилитационна справка са поместени изследвания на адхезионната якост на лепилни съединения между мебелните плочи и терморезистивен гетинакс (Angelski and Mihailov, 2017).

Изследването на специфичните особености на кантовете на мебелните плочи е довело до създаване на самостоятелна група от съоръжения и технологии за тяхното облагородяване. За облицоване им се ползват предимно кантфурнири, кантфолия на хартиена, полимерна или комбинирана основа. Проходното кантиране е най-широко застъпеният метод за облицоване на кантове, благодарение на многократно по-високата му производителност. Процеса на слепване се осъществява чрез нанасяне на загрято до определена температура лепило и охлаждане на лепилния слой до втвърдяване по време на пресуването. Това е възможно, ако този тип слепване се осъществява на базата на етилен-винил-ацетат (ЕВА) стопилкови лепила. Основен технологичен проблем при масово ползването (ЕВА) лепила е осигуряването на нормативна адхезионна якост на лепилните съединения. За решаването на проблема с ниската адхезионна якост са разработени специализирани лепила, представляващи съполимери предимно на полиуретанова, полиакрилатна, силиконова и полиолефинова основа. Кавалов А. и Русанов Хр. (1979) са изследвани влияние на грапавостта на кантовете на ПДЧ върху якостта на слепване. Изследвания свързани с оптимизирането на технологичните режими за проходно облицоване на кантовете на мебелни плочи са правени от Мерджанов В. (2016). Много често кантовите лепилни съединения на мебелни детайли са подложени на комбинирано въздействие на високи температури и водни пари (хидротермично въздействие). Освен това, продължителната експлоатация на кантовите съединения в среда с висока температура и/или влажност води до понижаване на адхезионната им якост. В тази връзка, е важно да се знае влиянието на тежките експлоатационни условия върху адхезионната якост на кантовите съединения. В хабилитационната справка са поместени резултати от влиянието на високата температура, водата и хидротермично въздействие върху адхезионната якост на лепилни кантови съединения (Angelski et al. 2018).

Понастоящем в мебелната промишленост се ползва широк спектър от плочести материали (като носеща основа), облицовъчни материали (фурнири, фолия, слоестите пластици и др.) и лепила (поливинилацетатни, карбамидни, меламинови, полиуретанови, епоксидни, етилен-винил-ацетатни; полиамидни и др.), за които производителите предоставят оскъдна техническа и технологична информация. Освен това, завишените екологични изисквания към лепилата (Hemmilä *et al.* 2013), както и развитието на технологиите доведоха до значителни промени в характеристиките и свойствата на материалите за производство на мебели. Пример за това са модификациите в съвременните карбамидформалдехидни лепила с цел намаляване емисията на свободен формалдехид в мебелните плочи. Погледнато от друга страна, намаляването на формалдехида в лепилната смес води до намаляване якостта на слепване. Промените в характеристиките и свойствата на материалите се отразяват както върху процеса на слепване, така и върху качествата на лепилните съединения. Често при констатиране на

значително намаляване на адхезионната якост на съединения, се налага промяна на технологията и/или технологичните режими за облицоване. Всичко казано до тук, дава основание за продължаване на изследванията свързани с облицоването на мебелните конструктивни елементи и съответно за определяне на адхезионните свойства на лепилни съединения.

От направеното изложение се вижда, че изследванията свързани с облицоването на мебелните повърхнини са силно застъпени у нас. Тези изследвания са извършвани през различни периоди с достъпните за съответния период методи и апаратури. В чужбина също са правени подобни изследвания (Matuana et al. 1998, Budakci 2010, Kureli and Doganay 2015, Bastani 2016, Palija 2018, Zdravkovic 2020), но информацията за техния пълен обхват и съдържане е ограничена.

## **2. Облагородяване на мебелни повърхнини чрез нанасяне на течни състави и образуването на филм с защитно-декоративни свойства**

Един от значимите проблеми, свързани с формирането на филмови покрития, е този за постигане и поддържане в безупречно състояние на повърхнините, върху които те се изграждат. Дървесината и нейните производни като специфичен природен продукт, наред с неповторимата и невъзпроизводимата си ценност, притежава редица особености, които я правят труден обект за повърхнинно облагородяване. Състоянието и начинът на подготовка на такива повърхнини преди филмообразуване е бил и си остава един от най-важните показатели, от които зависи качеството и ефективността на създаваните покрития. Ето защо съвкупността от операции и процеси за изглаждащо въздействие върху дървесните повърхнини, известни накратко като „подготовка на основата (подложката)“, продължава да играе съществена роля в цялостния процес за формиране на формиране филмови защитно декоративни покрития (ФЗДП).

### ***2.1. Изглаждане на дървесни повърхнини с цел подготовка за формиране филмови защитно декоративни покрития***

Изглаждането е вид въздействие върху обработвана повърхнина с цел да се намалят наличните по нея микронеравности до размери и форма, които отговарят на изискванията за качествено и икономично създаване на защитно-декоративни покрития от филмообразуващи състави. В производствени условия то се изпълнява еднократно или двукратно преди и/или след втвърдяване на първия филмообразуващ слой. Това въздействие в преобладаващите случаи е от механично естество и се изразява в отнемане на част от върховете на микрограпавините, когато се ползва шлайфгане със ситнозърнести шкурки (от №180 нагоре) или чрез необратимото им спресуване до по-ниски нива, когато за целта се прилагат някои от методите на т.нар. деформационно изглаждане.

От значение за спецификата на дървесните повърхнини е техният микрорелеф. Той се формира като съвместен резултат от анатомичните особености и характера на приложената механична и друг ползван тип обработка в хода на подготовката за облагородяване. Значението на микрорелефа като отражение на комплекса от естествени дадености и изкуствени въздействия върху подложката преди и непосредствено в хода на

формирането на филмови покрития е голямо, а за тънки филмови покрития с открити пори е определящо за тяхното качество и себестойност.

Според характера на прилаганото въздействие изглаждането може да бъде механично или физично. Механично е тогава, когато премахването или намаляването на наличните микрограпавини се извършва по силово-механичен начин. Физичното изглаждане предполага използването на подходящо подобрени физични процеси за отстраняване на микрограпавините, например чрез запълване на вдлъбваните им участъци, чрез разтваряне на изпъкналите им участъци и т.н. Методите за физично изглаждане и преди всичко запълването, познато повече като китване, се прилагат при някои технологии за формиране на филмови покрития с ефект на закрити пори или при подготовка на детайли за боядисване. В зависимост от избрания начин за упражняване на механичното въздействие при изглаждането на дървесни повърхнини методите за неговото приложение се разделят на две групи: чрез рязане, осъществявано посредством шлайфане, при което се отнема най-външно разположения микрослой, в който се съдържат недопустимите по издаденост микрограпавини на обработваната повърхност; чрез спресуване на високите участъци от обработвания микрослой до размери, които удовлетворяват отнапред зададени качествени изисквания.

Прилагането на традиционните методи за изглаждане посредством шлайфане на обработваните повърхнини с шкурки с малка зърнистост, макар и ефикасни по отношение на качество и производителност, не удовлетворяват изцяло водещите специалисти производители на мебели. Основната причина за това е обстоятелството, че на шлайфането, наред с големите предимства, които притежава, са присъщи и редица слаби от технико-технологична и икономическа гледна точка страни. Те са разгледани по-подробно по-нататък в реабилитационната справка. Тези и други затруднения показват, че подготвителното изглаждане на мебелните повърхнини преди и по време на формиране на филмови ЗДП си остава не докрай решен проблем както за практиката, така и за науката в тази област. Неговото решаване на настоящия етап на развитие на производството на мебели е повече от актуално. Въпросите за подготовка на дървесните повърхнини при формиране на филмови ЗДП чрез шлайфане са били обект на много изследвания в продължение на повече от девет десетилетия. В това отношение заслужава да се посочат работите на Жуков Е.В. (1960), Буглай Б.М. (1973), Назаренко И.Г. (1969), Зотов А.А. (1982), Palitsch, G. (1970) Sieminski, R. и A. Skarzinska. (1987) и други. Изследвания, които имат отношение към шлайфането при производството на мебели, са правени и у нас, но те най-често се отнасят за случаи на обработване на конкретни материали при конкретни ограничителни условия, пред вид на което нямат комплексен характер. В резултат на тези и други сходни на тях изследвания са установени основни закономерности, от които зависят производителността, качеството и технико-икономическата ефективност на шлайфането като процес и като промишлено прилагана технология. Най-много са публикациите, отнасящи се за шлайфането на фурнири и масивна дървесина ( Борзенкова 1978, Глушкова 1979, Жуков 1960, Кавалов 1973, Назаренко 1969, Palitsch 1970). Установено е по безспорен начин, че размерите и формата на микрограпавините са функция преди всичко на размерите и формата на абразивните зърна, образуващи работната повърхнина на шкурката. Резюмирани, постиженията в теорията и практиката

на шлайфането при производството на мебели от дървесина и дървесни материали показват, че то безспорно е на челно място сред останалите методи и в повечето случаи се ползва като единствен метод за изглаждане при подготовката за формиране на филмови покрития. Причините за това му водещо положение се дължат на редица съществени предимства, които притежава в сравнение с останалите попаднали в класификацията методи: висока производителност в съчетание с големи възможности за механизация и автоматизация на технологичните операции; универсалност на приложение по отношение на вид на материала, форма, размери и начално състояние на обектите за обработване; широк обхват на желана крайна грапавост, до която да се извежда изглаждането; равномерност при изпълнението, дължаща се на обективни възможности за гъвкаво водене на шкурката като обработващ инструмент; отсъствие на вторични отрицателни ефекти върху изглажданите повърхнини, на първо място по отношение на изменения в цвета, влошаване на адхезионната якост на последващо формирани покрития; стабилност при прилагане на зададени технологични режими, дължаща се на все по-високата износоустойчивост и трайност на произвежданите понастоящем шкурки. Наред с тези предимства, на шлайфането са присъщи редица недостатъци. Основен негов технологичен недостатък е характерното микронабраздяване на обработваната повърхнина. Шлайфането продължава да е сложен, трудоемък, енергоемък, пожароопасен, екологонесъобразен и вреден за здравето на операторите-шлайфисти процес, изискващ значителен разход на шкурки, ползванена скъпи шлайфмашини, инсталации за прахоулавяне и прахоотделяне. Сериозни затруднения създават намаляващите дебелини на мебелните фурнири (има вече такива и под 0.5 mm), тъй като нараства опасността от получаване на необратими дефекти от типа на прешлайфането. Тези проблеми са основателна причина отдавна да се търсят алтернативни методи за частичната или пълната му замяна с други по-ефикасни методи, на които да отсъстват по-голямата част от изброените вече недостатъци.

Понастоящем с практическа приложимост са два вида методи за деформационно изглаждане: чрез термовалцуване и чрез притриване.

Много автори допускат, че ефектът на термичното изглаждане се дължи на силното пластифициране на лигнина (Ишин 1983, Каримов 1985, Мелешко 1985, Мовнин и др. 1975, Онегин и др. 1984, Russ et al. 1988). Под натисковото въздействие клетъчните стени се деформират необратимо и приемат формата на цилиндричната образуваща на валеца, т.е. стремят се към изглаждане по права линия. Друг важен резултат от този начин на изглаждане е рязко намаляване на влакнистостта. След навлажняване или нанасяне на лак не се наблюдава изправяне на власинки и влошаване на грапавостта (Nawrat 1979). Установено е, че на ефекта от термовалцуването освен температурата влияние оказват още скоростта на подаване, броят на преминаванията под валци, началната влажност на повърхностния слой, началната му грапавост, плътността, анизотропната ориентация на дървесината и други по-слабо влияещи фактори. Както показват резултатите от подобни изследвания (Кавалов и др. 1990, Burzynska 1983, Nawrat 1979, Russ 1988), с увеличаване на скоростта на подаване изглаждащият ефект намалява, тъй като намалява продължителността на температурното и натисковото въздействие. Обратно по характер е влиянието на броя на преминаванията. С нарастването им се наблюдава намаляване на



височините на микронеравностите. Изследванията на Nawrat, G. (1979), Burzinska, I. (1983) и други автори (Глухих 2007) показват, че съдържанието на вода в третираната дървесина влияе на степента на спресуване и на изглаждането като цяло. При по-голямо навлажняване спресуването се увеличава, но се запазва висок относителният дял на еластично възстановимите деформации. Следователно ефектът от трайно спресуване е по-малък. Овлажнените повърхнини се изглаждат доста неравномерно. По тях остават нежелани оцветявания, тъмни петна, появяват се и други цветови дефекти. С оглед избягване на такъв тип неблагоприятни последици тези и други автори (Мелешко 1985) препоръчват началното съдържание на вода във обработваните елементи по време на термовалцуването да бъде между 8 и 12 процента.

Изглаждането е по-качествено, когато началната грапавост е по-ниска. Russ W. (1988) установява, че има различие в степента на изглаждане на лицевата и вътрешната повърхнина на фурнирни листове, подлагани на двустранно валцуване. Лицевата се изглажда по-добре, което се обяснява с по-малката вероятност по нея да има микропукнатини, получаващи се още по време на добиването на фурнира. Наблюдава се и известно засилване на контрастността между ранната и късната дървесина в рамките на отделните годишни пръстени, което се обяснява с разликата между плътностите им. Още по-различно е изглаждането на радиално и тангенциално ориентираната дървесна повърхнина. Степента на спресуване при радиалната е значително по-малка, а грапавостта – по-равномерна. Не е еднаква и податливостта на термоизглаждане при дървесина от различни дървесни видове. Незадоволителен е например ефектът върху радиален буков фурнир (Russ et al. 1988), а дървесината от кото (*Pterygota bequaertii*) според Nawrat, G. (1979) въобще не може да се изглажда.

За разлика от термовалцуването, притриването е неизследван метод за изглаждане на дървесни повърхнини. Проведени от Андрей Кавалов изследвания (Кавалов, А. 1988, Кавалов и др. 1990, Кавалов 1991) показват, че то заслужава не по-малко внимание от научна и практическа гледна точка. В резултат на тези опити се установи, че степента на деформационно изглаждане основно зависи от следните четири фактора: гъстота на равномерно разпределен натисков товар към работния орган за притриване; радиус на закръгление на активната част от работния орган; брой на притриванията за една и съща повърхнина; скорост на подаване на обработвания обект.

Характеристиката на прилаганите и перспективните методи за изглаждане на дървесни повърхнини при подготовката им за формиране на филмови ЗДП показва, че шлайфането още продължава да бъде най-широко разпространеният метод, ползван за тази цел. Значително по-ограничено е приложението на термовалцуването.

Деформационното изглаждане има пряко отношение към процесите и явленията, които са предмет на изучаване от реологията. Обширната литература по тези въпроси, голямото разнообразие от идеи и методични постановки при изучаване на реологията на дървесина и дървесни материали изискват да се направи предварително проучване с оглед ориентиране към модели и частни решения, които най-добре съответстват на конкретните случаи, обхванати в изследването. Приноси за изясняване на реакцията на дървесината на външни товари, въздействащи ѝ продължително време, имат изследванията на Kollmann,

F. (1961), Енчев (1968 и 1969), Иванов, Ю. М. (1948), Хухрянский, П. Н. (1964), Leicester, R. H. (1971) и други автори. С приноси за все по-правдоподобното описание на сложното реологично отнасяне на дървесината са по-късни изследвания на Ермолович, Е. А. (1985), Каримов, В. С. (1985) и König (1987). Силен тласък в това направление предизвикват изследванията, свързани с хидротермичното обработване и пластифициране на дървесината. Съществени са приносите на Уголев, Б. Н. (1971), Роценс, К. А. (1979) и Вышуренко и др. (2009). В техни публикации се изяснява, че дървесината представлява еластична и вискозно-еластична среда, чието поведение при различни случаи на външно натоварване и влажностно-термични състояния не се оценява еднозначно. Опитите то да се представи единствено като резултат от взаимодействието на комбинирани по различен начин елементарни физични модели на Voigt и Maxwell не са изцяло положителни. За по-нататъшното изясняване на проблема допринасят моделите на някои изследователи, които добавят към традиционните еластичен и вискозен елемент още и елемент на така нареченото „сухо триене“. Такива са моделите на Leicester, R. H. (1971), Боровиков, А. М. (1969) и Севастеев, Д. И. (1984). Чрез елемента на сухото триене се изразява необратима пластична деформация, която се проявява само в случай, че при натоварването се стигне до критично напрегнато състояние на средата.

Реологичните модели за дървесна среда по принцип не се свързват с конкретни случаи на взаимодействие между контактуващи обекти. Такива случаи са примерно взаимодействията между цилиндрични метални повърхнини и плочи от дървесина, които съответстват на деформационно изглаждане посредством валцуване и притриване.

По въпросите за деформационните изменения в дървесина, взаимодействаща си при натисково натоварване с цилиндрично тяло (валец от стомана) са работили много изследователи като Модин, Н. А. (1972), Мелешко (1985), Мовнин и др. (1975), Каримов, В. С. (1985), Израелит, А. Б. и др. (1985), Alexandru, St. (1984), Burzinska, I. (1983), Ермолович, Е. А. (1985) и други. Разгледани са предимно случаи на валцово спресуване на масивна дървесина. Авторите възприемат различни методични подходи за решаване на еднакви или близки по постановка задачи. В една група работи се установяват силово-деформационни закономерности, на които се подчинява дървесината в зависимост от дървесен вид, съдържание на вода, температура, брой на въздействията, натоварваща сила и т.н. Такива са работите на Модин, Израелит, Каримов, Мелешко (частично) и Alexandru St.

В анализирани дотук литературни източници се разглеждат силово-деформационни взаимодействия при търкаляне на валец върху плоска дървесна повърхнина. Изследвания за различията, които се появяват, ако се замени въртенето на валеца с триене чрез плъзгане, не се срещат. Доколкото се обсъждат подобни закономерности, произтичащи от такъв тип външно триене на метал с дървесина, те се отнасят изключително за рязане чрез фрезуване, свредлене, стъргане, циклене и вибрационно рязане (Гочев 2018).

От значение за условията на ползване на сухото външно триене е дозирането на контактното налягане с оглед да се постигне максимално изглаждане, без опасност от поява на разрушавания по обработваната дървесна повърхнина. Взаимодействия между

триещите се тела, при които възникват големи натискови напрежения са известни като фрикционни връзки. Изследванията на Крагельский И. В. (1977) са показали, че за такива случаи съществуват 5 начина на реагиране на материала с по-малка твърдост:

- Еластично спресуване, последвано от пълно възстановяване след прекратяване на контакта.
- Пластично спресуване с необратими деформации. Възниква, когато напреженията в зоната на контакта превъзхождат границата на еластичното течение на материала.
- Микрорязане, т.е. отнемане на много тънък слой от материала. Възниква, когато контактните напрежения значително превъзхождат граничните за разрушаване.
- Адхезионно нарушение на фрикционната връзка. То няма аналог при системата метал-дървесина.
- Кохезионно разрушаване. Възниква, ако фрикционната връзка превъзхожда кохезионната сила в единия от тях.

Сравняването на тези 5 случая показва, че най-благоприятен за изглаждане на дървесина е вторият. Интерес представлява и третият дотолкова, доколкото микростружките могат да обхванат върховете на микрограпавините по дървесната повърхнина. По същество това е равностойно на вариант на циклене с отрицателен преден ъгъл на рязане. Това поражда необходимостта от задълбочен изследвания за условията, при които тези два случая могат да се осъществят без опасност от кохезионно разрушаване.

При валцуването и при притриването остава неясен въпросът за ролята на скоростта на подаване  $U$  и за деформационните промени в обработваната дървесна плоча. Изследванията относно влиянието на  $U$  върху силата на триенето са противоречиви (Костецкий 1976, Белий 1976, Крагельский 1977). Освен това изследвания, пряко отнасящи се за триенето на метален валец по дървесна повърхнина са твърде малко.

Притриването на повърхнини с дървесен произход, към които се отнасят и тези на елементи от масивна дървесина и всякакъв вид фурнировани с натурални фурнири дървесни плочи, представлява специфичен вид въздействие върху обработвана повърхнина, упражнявано чрез проходно натисково плъзгане на подходящо оформен работен орган. Неговата активна част представлява твърда гладка издатина с определен радиус на кривина, която плътно контактува с обработваната повърхнина. Като следствие от това се постига необратимо спресуване на върховете на микронеравностите. Така те намаляват височините си и се заоблят до състояние, при което удовлетворяват нормативните изисквания за формиране на качествени филмови покрития (Кавалов и Ангелски 2015).

Основните предимства на притриването пред шлайфането със ситнозърнестите шкурки се заключават в следното: липсва отделяне на микрослоеви от обработвания елемент, което при ползване на тънки фурнири е от решаващо значение за избягване на дефекти от рода на т.нар. прошлайфване; липсва отделянето на шлайфпрах, с което съществено се подобряват условията на труд и се опазва околната среда от замърсяване; намалява се повече от два пъти специфичният разход на механична енергия за

изглаждането; снижава се до минимум наличието на микровласинки, като по този начин се преодолява „настръхването“ на повърхнините след втвърдяване на покритието.

Освен това спресуването на най-външния микрослой води до уплътняване на дървесната структура, с което се ограничава проникването на по-голяма дълбочина на течни филмообразуващи състави. Така се реализира от 30 до 40 процентна икономия на лакове и бои при формиране на защитно-декоративните покрития (Бухтияров 1983).

Сравнено с аналогичното на него термовалцуване, притриването притежава и други две практически доказани предимства (Кавалов и Ангелски 2015): липсва разход на топлоенергия за нагряване на притискащите валци; премахва се опасността от размекване на лепилни шевове, разлепвания и полепвания на стапящи се лепила по валците; не се създават условия за обгаряния на изглажданите повърхнини и за намаляване на адхезионната якост при работа с полиестерни, полиакрилатни и полиуретанови лакове.

Известни са разнообразни начини и технически решения за прилагане на притриването като метод за изглаждане на повърхнини на конструктивни елементи от масивна дървесина или фурнировани мебелни плочи. Един от тях се изразява в това, да се използва метално (главно стоманено) тяло с гладка дъговидно оформена в зоната на контакта околна повърхнина, към което с радиално насочена сила да се притиска и подава обработваният обект. Най-подходящи за този вариант на притриване са околни повърхнини на линейни детайли с призматична или друга, включваща и профилирани участъци, форма.

Предимствата, които притежава такъв начин на притриване се изразяват в следното:

- Създават се условия за изглаждане на профилни участъци, когато ротационният профил на работния орган точно съответства на този на обработвания елемент. На практика това означава, че на всеки фрезер, с който се осъществява профилирането, може лесно да се изработи и аналогичен по профил притриващ инструмент, с който да се въздейства на вече фрезуваната повърхнина;

- Налице е възможност за прилагане по избор на два начина за притриване. Единият – чрез притискане и плъзгане на обработвания обект към неподвижен, т.е. невъртящ се притриващ инструмент и другият – чрез аналогичното му плъзгане при въртливо движение на инструмента.

Тези два варианта на притриване съществено разширяват възможностите за разнообразяване на условията за прилагането му, а от там и за намиране на по-подходящ за всеки конкретен случай начин за неговото изпълнение. Това може да се осъществи, стига да съществуват данни за тяхната приложна ефективност.

Като сравнително нов метод за изглаждане притриването все още не е получило популярност сред специалистите мебелисти. Малко известни или слабо изучени са конкретни технически решения за неговото прилагане, поради което липсват достатъчно данни за технологични режими и стойности на характеризиращите го режимни параметри: линейно разпределен натисков товар  $q$  в зоната на контакт с обработваната повърхност;

радиус на кривина  $R$  на работния орган в същата зона; скорост на подаване  $u$ ; брой на притриванията  $n$ .

В хабилитационната справка са поместени резултати от подобно изследване, което в конкретния случай се отнася до изглаждане на околни повърхнини на детайли с призматична форма (Angelski *et al.* 2020). Изглаждането е направено чрез притриване с помощта на стоманена цилиндрична втулка с гладко обработена околна повърхнина, предварително надяната (фиксирана) към вала на универсална дървообработваща фреза. Цел на въпросното изследване е да се установи степента и качеството на изглаждането при въртеливо движение на притриващия орган, като се варират стойностите на основните параметри на процеса на притриване.

Също така в хабилитационната справка са поместени резултати от експериментални изследвания, отнасящи се до създаване и определяне на технологичните възможности на устройство за притриване на фурнировани мебелни плочи, преди формиране върху тях на филмови ЗДП (Angelski and Kavalov 2019). За обект на изследването са избрани три разновидности (варианта) на оформяне на контактната зона на работен орган за притриване. Предмет на изследването е сравняване на качеството на изглаждане на плочите при вариране на стойностите на някои от основните фактори, от които то зависи.

## **2.2. Свойства на защитно-декоративни покрития**

Формирането на филмови защитно-декоративни покрития е сложен комплекс от явления и процеси, които обхващат нанасянето и превръщането на тънки течни слоеве в твърди покрития с достатъчна адхезионна и кохезионна способност (Valli 1986, Панайотов 2008, Кавалов и др. 2015). Филмообразуването върху дървесна основа се характеризира с допълнителна сложност поради спецификата на дървесината като природен полимер с анизотропен капилярно-поресто влакнест строеж и ограничена набъбваща способност. Както е известно, начинът на протичане на отделните фази на филмообразуването зависи от вида и състоянието на основата, използваните лакови системи и състоянието на околната среда, в която то се осъществява. Понастоящем съществува богато разнообразие от филмообразуватели и лакове. То е израз на съвременните възможности на лакохимическата индустрия за реализиране на защитно-декоративните покрития (ЗДП) с разнообразни естетични и експлоатационни свойства. Голямото разнообразие на лакови системи налага да се познават свойствата на реализираните чрез тяхното използване лакови покрития. Сред тях най – съществени са адхезионната якост, водоустойчивостта, устойчивостта на ултравиолетово лъчение и топлоустойчивостта. Информация в литературата за стойностите на водоустойчивостта е много оскъдна и липсва за отделните покрития. В тази връзка, в хабилитационната справка е поместено изследване свързано с водопропускливостта на нанесени върху дървесина покрития (Angelski 2019).

Адхезията или адхезионната якост на ЗДП е свойство, чрез което се отчита издръжливостта на покритието на отлепване от основата. Нейната стойност е резултат от големината на силите на привличане между контактните повърхности, възникнали на микро- и макрониво по различно време и при различни условия в процесите на нанасяне и

втвърдяване на покритието. Според съвременните теории тези взаимодействия се разделят в две условни групи - физични и специфични. Физичните взаимодействия представляват проникване на течната лаковата система в основата и механичното ѝ захващане в процеса на втвърдяване (т.н. механична адхезия). Специфичната адхезия се дължи на химични (йонни и ковалентни) и междумолекулни връзки (Ван Дер Ваалсови сили и водородни връзки), дифузия, контактно наелектризиране на повърхностите и други (Жуков и Онегин 1993, Müller *et al.* 2011). Специфичната адхезия е предпоставка за много по-големи стойности на адхезионна якост, в сравнение с механичната, поради по-голямата енергия на възникналите връзки. И двата вида адхезионно взаимодействие могат да се проявяват едновременно или в последователни етапи от формиране на лаковото покритие (филмообразуване). Природата на адхезионните взаимодействия и адхезионната якост се задават от състава на лаково-бояджийската система и състоянието на основата. Конкретната ѝ стойност, обаче зависи и от условията на филмообразуване.

За определяне на адхезионната якост се използват различни методи. Сред тях с най-висока степен на обективност и най-широко разпространен е методът на изтръгването на залепен към покритието щемпел. Същността на метода (БДС EN ISO 194624:2016) се състои в залепване с подходящо лепило на метални щемпели към повърхността на изследваното покритие и измерване на минималното напрежение при опън, необходимо за отделяне или разкъсване на покритието, в посока перпендикулярно на неговата повърхност. (Тантилов 1976, Sönmez *et al.* 2011, Cool *et al.* 2011, Landry and Blanchet 2012, Kesik и Akyıldız 2015, Панайотов и др. 2015, Söğütlü and all 2016, Salcă *et al.* 2017). В производствени условия е разпространен метод за определяне адхезията на покритията чрез решетъчни нарязи (БДС EN ISO 2409:2020). Резултатите се представят в проценти по бална скала и имат сравнителен характер. За оценка на типа разрушения, получени в резултат на проведеното изпитване, се използват спомагателни методи. За дървесни повърхнини са приложими методите на оптично изображение и методите за сравнителна оценка по избрани критерии. Често ниската адхезионна якост на покритията води до дефекти, които се появяват значително по-късно, при експлоатация на мебелите от потребителите. Те са преди всичко свързани с побелявания в основата на покритието, появата на пукнатини в покритието, както и с отлепването му от основата при удар. Това са дефекти, които в много случаи са невъзможни за отстраняване. Тяхната поява е вследствие на големи опънови напрежения във филма и/или ниска адхезията между покритието и филма. В тази връзка, най-целесъобразно е при производствени условия да се оценява адхезионната якост на покритията, особено ако те се квалифицират като дебели. По този начин косвено може да определим потенциалните „скрити“ дефекти в продукцията. Пример за появата на „скрит“ дефект е ниска адхезионна якост, поради неравномерно облъчване на покритията. Първопричината за този дефект е прегряването на UV излъчвателите, и линейното им изкривяване. В реабилитационната справка е представено изследване свързано с причините за поява на дефекти в лаковите покрития (Angelski and Vitchev 2021).

Въпросите, свързани с адхезия на защитно-декоративни покрития, са били обект на много изследвания у нас (Кавалов и др. 1980, Панайотов 2003, 2008, 2009, 2012, 2013). Те са основателно свързани с постоянното усъвършенстване и развитие на продуктите и

системите за защита и декориране на дървесина. През 80-те години предимно са използвани лакове с нисък процент на сух остатък и високо съдържание на летливи органични разтворители. Вредността им за човешкото здраве, както и за околната среда доведе до значително ограничаване на този тип продукти. В тази връзка, през последните десетилетия се разработиха и усъвършенстваха нови лакови системи базирани на водни дисперсии и емулсии. Водата е силно химически реактивна, нейните молекули са полярни и свързани с водородни връзки. На това се дължат високите стойности на повърхностно ѝ напрежение, голямата продължителност на сушене, както и ниската температура на кипене и число на изпаряване (Новаков и др. 1997, Müller et al. 2011). Водоразредимите покрития не пожълтяват (Pelit 2017) и практически са безцветни, лесно се нанасят и лесно се почистват с вода. От друга страна, лаковите системи, съдържащи вода като разредител, предизвикват набъбване на дървесината, изискват повече технологично време за изсушаване на покритието и имат ограничена жизнеспособност. Като цяло са неустойчиви към температурни колебания, особено при ниски температури (Новаков и др. 1997). По време на нанасяне са чувствителни към атмосферните влияния и имат умерена топлоустойчивост (Landry and Blanchet 2012, Kesik and Akyıldız 2015, Salcã et al. 2016). Всичко това налага необходимостта от множество изследвания за определяне на технологичните и експлоатационните свойства на този тип защитно-декоративни покрития. В тази връзка у нас са проведени изследвания от Панайотов П. (2008, 2009, 2012, 2013) и Бонова Р. (2011). В настоящата хабилитационна справка са представени резултати от експеримент за определяне влиянието на някои фактори при формиране на вододисперсионни лакови покрития върху буков шперплат (Angelski and Atanasova 2020).

Трайността на защитно-декоративните покрития зависи преди всичко от адхезията му към дървесната основа. Производителите на лаковите системи споменават за трайността на защитните обработвания, без да се посочват данни за стойностите на адхезията покрития за определени експлоатационни условия. В тази връзка, множество изследвания свързани с определянето на адхезията на защитно-декоративни покрития, са правени и в чужбина. В това отношение заслужава да се посочат работите на Лепская, М.О. (2000), Salca, Е. А. (2016, 2017), Jaić, М. (1997, 2014), Paliја, Т. (2013, 2018) и др. Тези изследвания са извършвани през различни периоди с присъщи за съответния период методи, стандарти и апаратура.

## Литература

1. Ангелски, Д., Мерджанов, В. (2010). Сравнителни изследвания за установяване влиянието на дървесния вид на облицовъчния слой върху продължителността на фурнироване. Трета научно-техническата конференция "Иновации в горската промишленост и инженерния дизайн", Изд. къща при ЛТУ: с.229-231, ISSN 1314-0663
2. Ангелски, Д., Мерджанов, В., Георгиев, Ж. (2009). Изследване влиянието на температурата върху времето за окончателно втвърдяване на различни термореактивни лепила. Втора научно-техническата конференция "Иновации в горската промишленост и инженерния дизайн", Изд. къща при ЛТУ: с.246-248, ISSN 1314-0663

3. Апостол, А. В. (1977). Прессование древесины. Воронеж, ВГУ, р. 76.
4. БДС EN 1464 (2003). Лепила. Определяне устойчивостта на отдиране на лепилни връзки с висока якост. Метод с подвижен вал (ISO 4589:1979, с промени)
5. БДС EN ISO 2409 (2020). Бои и лакове. Изпитване чрез решетъчни нарязи
6. БДС EN ISO 4624 (2016). Бои и лакове. Изпитване на опън за определяне на адхезията.
7. Белий, В. А. (1976). Трение и износ материалов на основе полимеров. Минск, Наука и техника, 432 р.
8. Бонова, Р. (2011). Изследвания на свойствата на защитно-декоративни покрития формиращи върху дървесина и дървесни материали. Автореферат
9. Борзенкова, С. С. (1978). Тепловые явления при шлифовании древесины лиственици. Междувузовский сборник научные труды: Вопросы резания, надежности и долговечности дереворежущих инструментов и машин, выпуск 6, Л., ЛТА, р. 22–25.
10. Боровиков, А. М. (1969). О реологической модели древесины. НТ ЦНИИМОД, выпуск 23, Арахангельск, р. 18–23.
11. Буглай, Б. М. (1973). Технология отделки древесины. М.: Лесная промышленность, 304 р.
12. Бухтияров, В. П. (1983). Пути снижения расхода лакокрасочных материалов в производстве мебели. – В: Деревообрабатывающая промышленность, № 9, р. 7–10.
13. Вышуренко, Н. В., Корчма, И. С. (2009). Анализ влияния гидротермического состояния древесины на условия ее деформирования. – В: Сборник „Молодые ученые в решение актуальных проблем наук“, том 2 . Красноярск, р. 12–16.
14. Глухих, В. Н. (2007). Упругая деформативность древесины поперек волокон. Известия вузов, Лесной журнал, № 5, р.77–85.
15. Глушкова, С. (1979). Изследване процеса на шлайфане на детайли с кръгло напречно сечение. Автореф. канд. дис. ВЛТИ
16. Гочев, Ж. (2018). Рязане на дървесината и режещи инструменти, Лесотехнически университет, стр. 524
17. Енчев, Е. (1968). Реологични свойства на дървесината. – В: Дървообработваща и мебелна промишленост, № 10, р. 13–17.
18. Енчев, Е. (1969). Структура и реологични свойства на дървесината. Дървообработваща и мебелна промишленост, № 10, р. 28–30.
19. Ермолович, А. Г. (1985). Станки для крашения и термопроката. – В: Мебель, ЭИ, выпуск 6. М., ВНИПИЭИ, р.16–20.
20. Жуков, Е. В. (1960). Исследование процесса шлифования древесины. Автореф. канд. дис. М., МЛТИ
21. Жуков Е. В., Онегин В. И. (1993). Технология защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов. Экология, Москва, 304 с., ISBN 5-7120-0443-7.
22. Зотов, А. А. (1982). Исследование влияния свойств поверхности древесных подложек на адгезию к ним защитнодекоративных покрытий. Автореф. канд. дисертация, МЛТИ.
23. Иванов, Ю. М. (1948). Предел пластичного течения древесины. Стройиздат, 150 с.



24. Израелит, А. Б. и др. (1985) Анализ процесса нагружения древесины и шпона при прокатке. Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. Л.: ЛТА, р. 67–70.
25. Ишин, И. Д. и коллектив. (1983). Применение термопроката при подготовке мебельных щитов к отделке. – В: Деревообрабатывающая промышленность, № 9, 1983, р. 9–13.
26. Кавалов, А. (1973). Изследване върху шлайфането на фурнировани повърхности преди лаконасяне. Дървообработваща и мебелна промишленост, № 2, 1973, р. 27–29
27. Кавалов, А. (1988) Устройство за проходно спресуване на дървесни повърхнини. АС, рег. №83801/19.04.1988, София: ИНРА.
28. Кавалов, А. (1988). Метод за механизирано проходно изглаждане на дървесни повърхнини. АС, рег. № 83626/05.04.1988, София: ИНРА.
29. Кавалов, А. (1991). Изглаждане на дървесни повърхнини при формиране на защитно-декоративни покрития с ефект на открити пори. (Хабилитационен труд за присъждане на научно звание „професор“). ЛТУ, 1991, 247 р.
30. Кавалов, А. (1989). Выглаживание облицовываемых шпоном мебельных плит путем холодной притирки. Учение вузов – народному хозяйству. – В: Сборник НТ. М.: МЛТИ.
31. Кавалов, А., Вл. Хаджийски (1990). Сравнителен анализ на методите за междинно обработване на фурнировани повърхнини след първо нанасяне на грунд и лак. – В: Сборник доклади от НТК - Перспективни материали, конструкции, технологии в производството на мебели. Ст. Загора, р. 124–126.
32. Кавалов, А., Д. Ангелски (2015). Нетрадиционни методи за изглаждане на дървесни повърхнини. ISBN 978-954-332-137-7
33. Кавалов, А., Д. Ангелски. (2014). Технология на мебелите. С.: ИК на ЛТУ, р. 390.
34. Кавалов, А., Русанов, Х., (1979). Влияние на грапавостта на кантовете на ПДЧ върху якостта на слепване, Наука и Техника, с. 263-265.
35. Кавалов, А., Русанов, Хр. (1978). Сравнителни изследвания на два метода за оценка на якостта на слепване при облицоване на ПДЧ с декоративно фолио. Научни трудове, ВЛТИ, том 12.
36. Кавалов, А., Русанов, Хр. (1980). Термореактивни газообразуваща лепилна смес. Авторско свидетелство №26831
37. Кавалов, А., Русанов, Хр., Тюфекчиева, А. (1980). Възможности за подобряване на адхезията на лак ПЕ22 към основа от декоративно фолио. Дървообработваща и мебелна промишленост, бр. 2, с. 39-41, ISSN 0310-7224 (print).
38. Кавалов, А., Хр. Русанов, Ст. Стефанов. (1990). Влияние на диаметъра на работния вал при каландриране на фурнировани и грубо шлифовани мебелни плочи върху качеството на изглаждането им. Сборник доклади от НТК. Перспективни материали, конструкции и технологии в производството на мебели. Ст. Загора, 1988, р. 231–237.
39. Кардашов, Д. А. (1980). Конструкционные клеи. М., Издательство Химия, 288 с.

40. Каримов, В. С. (1985). Повышение эффективности подготовки древесных подложек перед отделкой лакокрасочными материалами. Автореф. канд. диссертация. ЛТА
41. Костецкий, Б. И. (1976). Трение, смазка и износ в машинах. Киев: Техника, . 396 р.
42. Крагельский, И. В. (1977). Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 526 р.
43. Ключуков Г., Живков В. (2016). Конструирание на мебели, Изд. Бисмар, ISBN 978-954-91648-6-2.
44. Ключуков, Г. (1969). Влияние на някои фактори при фурнироване на плочи от дървесни частици с карбамидформалдеhidно лепило върху якостта на слепване и влажно-термичната устойчивост на лепилния шев. Дисертационна работа.
45. Лепская, М.О. (2000). Водно-дисперсионные клеевые материалы для мебельного производства и деревообработки. Лакокрасочные материалы и их применение, 2000, 8, 22-32
46. Мелешко, А. В. (1985). Повышение эффективности операций предварительной подготовки поверхности древесины термопрокатом под лакирование. Автореф. канд. диссертация. ЛТА
47. Мерджанов, В. (2016). Оптимизиране на технологичните режими за проходно облицоване на кантовете на мебелни плочи. Автореферат
48. Мерджанов, В., Ангелски, Д., (2010). Установяване влиянието на дебелината на фурнира и температурата на плотовете върху времето за достигане на желана температура на границата плоча-фурнир. Трета научно-техническата конференция ИННО, Изд. къща при ЛТУ: с.225-228, ISSN 1314-0663
49. Михайлов, В. (2021) Изследване на процесите за формиране и облицоване на огънати мебелни плочи. Автореферат на дисертационен труд.
50. Мовнин, М. С., Н. И. Яремчук (1975). Исследование процесса подготовки поверхности древесины и покрытий на ней к отделке прокатом. Известия вузов. Лесной журнал, № 5, р. 84–88.
51. Модин, Н. А. (1972). Исследование радиального и непрерывно-периодических методов прессования древесных материалов. Автореф. докт. диссертация. Л.: ЛТА.
52. Назаренко, И. Г. (1969). Исследование процессов шлифования древесных материалов новыми методами. Автореф. канд. диссертация, ЛТА.
53. Новаков П., Ил .Илиев, Ст. Милошев (1997). Химия и технология на лаково-бояджийските материали и покрития. ХТМУ, София, 444 с
54. Онегин, В. И., А. В. Мелешко (1984). Влияние режимов термообработки древесины на ее поверхностную активность. Технология и оборудование деревообрабатывающих производств. ЛТА
55. Онегин В. И., Сергеевич А. В. (2018). Физико-химические основы процессов формирования полимерных покрытий на твердой поверхности. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 223: 213-227.
56. Панайотов П. (2008). Адхезия на покрития формиране с акрилни емулсии върху дървесина и МДФ Сборник научни доклади от Международна научно техническа конференция „Иновации в Горската промишленост и инженерния дизайн“, Юндола 14-16 ноември 2008 г., сс. 234÷239, ISSN 1314-0663.

57. Панайотов П. А. (2008). Материали и процеси за формиране на защитно - декоративни покрития. София, ИК на ЛТУ с. ISBN 978-954-332-055-4.
58. Панайотов П., Йотова, В. (2012). Адхезия на защитно декоративно покритие формирано със система "садолин" към дървесина на смърч импрегнирана с антисептични състави, сп. ИННО, 1/2012 (1), 138-146
59. Панайотов, П. (2003). Анализ на качествените показатели на лаково-бояджийските материали и на техните покрития върху дървесина. Сборник Научни доклади от Международна научна конференция 50 години Лесотехнически университет, 1-2 април 2003 г., София, Секция Управление и устойчиво развитие, сс. 72÷76.
60. Панайотов, П. (2003). Екологичен риск при формиране на ЗДП върху дървесина"- 12-ти международен симпозиум "Екология 2003", Сборник научни публикации, Том II, Екология част I Бургас, 02-04.06, 250-259, ISSN 0861 9861
61. Панайотов, П. А., Хр. Русанов. (2000). Изследване на технологичните свойства на дърволит с цел използването му за производството на специални мебели. Юбилеен сборник научни доклади 75-години висше лесотехническо образование в България "Секция Горска промишленост" 15-16 юни 2000, 248-255.
62. Панайотов, П.А. (2002). Лепила и материали за защитно-декоративни покрития. ИК при ЛТУ. София 2002, 231 с.
63. Панайотов, П.А., Ж.Б. Гочев, Г. Василева (2009). Изследване влиянието на някои фактори върху адхезията на защитно-декоративни покрития към масивна дървесина. сп. Дървообработване и производство на мебели, 2009, 1, 13-20.
64. Парушева, А. С. (1989). Химия на дървесината и полимерните материали. Земиздат. София.
65. Роценс, К. А. (1979). Технологическое регулирование свойств древесины. Рига, Зинатне, 224 р.
66. Русанов, Хр. (1981). Оптимизиране на процеса облицоване на трислойни плочи от дървесни частици с декоративно хартиено фолио в горещи преси
67. Севастеев, Д. И., Кондаков А. Е. (1984). Определение оптимальной температуры нагрева древесины при формообразовании элементов декора прессования. Технология и оборудование деревообрабатывающих производств, Л. ЛТА, р. 135-144.
68. Тангилов Н. (1976). Метод на определяне адхезията на лакови покрития. ДМП, 4:122-124.
69. Уголев, Б. Н. (1971). Деформативность древесины и напряжения при сушке. М.: Лесная промышленность, . 176 р.
70. Хухрянский. П. Н. (1964). Прессование древесины. Лесная промышленность, 351 с.
71. Alexandru, St. et al. (1984). Factorii tehnologici care influenteaza imprimarea prin trecere a decoratiunilor in relief pe suprafata lemnului. Industria Lemnului, No 1, p. 8–12.
72. Angelski D., Vitchev P. (2021). Analysis of the Reasons for Defects During Formation of Protective-Decorative Coatings on Wooden Surfaces, Proceedings of the 14th International Scientific Conference Wood EMA 2021, pp. 393-398

73. Angelski, D. (2019). Effect of some oil and wax finishes on the water permeability of spruce (*Picea abies*). Proceedings of 30th International Conference on Wood Science and Technology „ICWST” p. 6-11: Zagreb, Croatia, ISBN978-953-292-059-8
74. Angelski, D., Atanasova, K. (2020). Influence of some factors on adhesive strength in the formation of water-based finishes on beech plywood. Scientific Journal „Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design“, 2/2021 (20): Vol. X, № 2, Sofia, pp. 36–43, ISSN: 1314-6149, e-ISSN: 2367-6663.
75. Angelski, D., Kavalov, A. (2019). Comparative researches of the effect of deformation smoothing of veneer furniture boards through lapping via three type of different working tools. Proceedings of 30th International Conference on Wood Science and Technology „ICWST” p.12-17: Zagreb, Croatia, ISBN 978-953-292-059-8
76. Angelski, D., Kavalov, A., Mihailov, V. (2020). Surface smoothing of the sides of prism-shaped beech wood details via lapping with fast-rotating metal cylinder. Scientific Journal „Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design“, 2/2020 (18): Vol. IX, № 2, Sofia, pp. 29–37, ISSN: 1314-6149, e-ISSN: 2367-6663
77. Angelski, D., Krystofiak, T., Merdzhanov, V. (2018). The influence of various factors on adhesion strength between MDF and PVC foil in vacuum membrane press technology. Proceedings of 29th International Conference on Wood Science and Technology „ICWST” p 7-12: Zagreb, Croatia, ISBN 978-953-292-059-8
78. Angelski, D., Mihailov, V. (2017). The influence of various types of adhesive on the adhesion strength between bonded HPL and furniture boards. Annals of Warsaw University of Life Sciences, vol 98, p. 5-10.
79. Angelski, D., Mihailov, V. (2018). Regimes for laminating curved furniture elements with polyvinyl chloride foils. Proceedings of 11th international science conference “Chip and chipless woodworking processes”, 11(1): Technical University in Zvolen, 221–225, ISSN 1339-8350 (online), ISSN 2453-904X (print)
80. Angelski, D., Vitchev, P., Mihailov, V. (2017). Influences of some factors on adhesion strength between PVC foil and particle board. Pro Ligno, Vol. 13 № 4, pp. 302-307, Online ISSN 2069-7430, ISSN-L 1841-4737
81. Angelski, D., Vitchev, P., Mihailov, V. (2018). Thermal and hydrothermal stability of hot-melt adhesive compounds, used to adhere plastic edge banding materials to particleboards. PRO LIGNO Vol. 14 N° 4 pp. 54-51, ISSN 2069-7430 (Online), ISSN 1841-4737 (Print)
82. Bastani, A., Militz, H., Adamopoulos, S., and Rohuma, A. (2016). Development of bonding strength of modified birch veneers during adhesive curing, Wood Research 61(2), 205-214.
83. Budakci, M. (2010). “The determination of adhesion strength of wood veneer and synthetic resin panel (laminated) adhesives,” Wood Research 55(2), 125-136.
84. Burzynska, I. (1983). Suszaco-wygladzajaca obrobka barwionych elementow meblowych metoda walcowania na goraco. Prace Inst. Technologii Drewna (ITD), No 112, p. 79–101.
85. Cool J., R. Hernández (2011). Improving the sanding process of black spruce wood for surface quality and water-based coating adhesion. Forest Products Journal, 61 (5): 372–380

86. DIN EN ISO 4624 (2016). Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion (ISO 4624:2016)
87. Dunky, M. (2017). Adhesives in the wood industry. In Handbook of adhesive technology (pp. 511-574). CRC Press.
88. Hemmilä, V., Trischler, J., Sandberg, D. (2013). Bio-based adhesives for the wood industry: an opportunity for the future?. *Pro Ligno* (Vol. 9, No. 4, pp. 118-125).
89. Huang Ch., Y.-Ch., Chang, Wu S.-Y. (2010). Contact angle analysis of low temperature cyclonic atmospheric pressure plasma modified polyethylene terephthalate, *Thin Solid Films* 518: 3575-3580.
90. ISO 4578 (1997). Adhesives - Determination of peel resistance of high-strength adhesive bonds — Floating-roller method *BioResources*, 15(2), 2668-2679.
91. Jaić, M., Palija, T., Đorđević, M. (2014). The impact of surface preparation of wood on the adhesion of certain types of coatings. *Zaštita materijala*, 55(2), 163-169
92. Jaic, M. Zivanovic, R. (1997). The influence of the ratio of the polyurethane coating components on the quality of finished wood surface, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 55: 319-322.
93. Kaelble D.H. (1964). Theory and analysis of peel adhesion: rate-temperature dependence of viscoelastic interlayers. *Journal of Colloid Science*, 19: 413–424.
94. Kesik H., M. Akyıldız (2015). Effect of the heat treatment on the adhesion strength of water based wood varnishes. *Wood Research*, 60 (6): 987-994
95. Kollmann, F. (1961). Rheologie und Strukturfestigkeit von holz. *Holz als Roch und Werkstoff*, Bd. 19, 1961, Heft 3.
96. König, K. M. (1987). Super finishes get super reaction. *Wood and Wood Products*, No 8, p. 116.
97. Kureli, I., and Doganay, S. (2015). The effects of surface roughness, adhesive type, and veneer species on pull-off strength of laminated medium density fibreboard, *BioRes.* 10(1), 1293-1303.
98. Landrock A. H., Ebnesajjad S. (2008). *Adhesives Technology Handbook*. William Andrew - Technology & Engineering, 475 p., ISBN 9780815516019
99. Landry V., P. Blanchet (2012). Surface preparation of wood for application of waterborne coatings. *Forest Products Journal*, 62 (1): 39–45.
100. Leicester, R. H. (1971). A Rheological Model for Mehano-Sorptive Deflections of Beams. *Wood Science and Technology*. Vol. 5, p. 211–220.
101. Martins, J. M., Almeida, M. L., Coelho, C. M., Ferra, J., Carvalho, L. H. (2015). A new methodology to evaluate the cure of resin-impregnated paper for HPL. *The Journal of Adhesion*, 91(10-11), 792-800.
102. Matuana, L. M., Balatinez, J. J., & Park, C. B. (1998). Effect of surface properties on the adhesion between PVC and wood veneer laminates. *Polymer Engineering & Science*, 38(5), 765-773.
103. Merdžhanov, V., Krystofiak, T., Angelski, D. (2018). Strength of adhesion of medium density fiberboards (MDF) parts lined with vinyl foil in a membrane press, with different technological parameters. *Proceedings of 29th International Conference on Wood Science and Technology „ICWST”* p117-125: Zagreb, Croatia, ISBN 978-953-292-059-8

104. Mihailov, V., Angelski, D., Merdžanov, V. (2017). Regimes for producing of furniture bent panel boards with a laboratory vacuum press. Proceedings of 11th International Scientific Conference RIM 2017 – Development and Modernization of Production, p.191-194: Conference 04 - 07 October 2017, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, ISSN 2566-3275
105. Müller B., U. Poth (2011). Coatings Formulation. Vinsentz Network, 287 p, ISBN 3-86630-872-8, ISBN 978-3-86630-872-5.
106. Nawrat, G. (1979). Uslachetnianie zaokleinowanych plyt wiorowych prez walcowanie w warunkach premyslowych. Pr. Dr. No 2, p. 9–10.
107. Nelson, GL. (1995). Adhesion, Chapter 44, Paint and Coating Testing Manual, ASTM Special Technical Publication, Philadelphia, PA., pp. 513-523.
108. Ozdemir, T., Hiziroglu, S. (2007). Evaluation of surface quality and adhesion strength of treated solid wood, J. Mat. Processing Technol.186: 311-314.
109. Palija, T., Jaić, D., & Jaić, M. (2013). Impact of the staining of cherry wood (*Prunus avium* L.) on the adhesion of coating. *Zaštita materijala*, 54(4), 396-402.
110. Palija, T., Vučković, A., Jevtić, P., Jaić, M. (2013). The impact of wood staining on the adhesion of certain types of coating. In *Wood is good-user oriented material, technology and design. Proceedings of the 24th International Scientific Conference, Zagreb, Croatia, 18th October 2013, Faculty of Forestry, University of Zagreb.* pp. 111-118.
111. Palija, T., Zdravković, V., and Obradović, A. (2018). “The impact of wood veneer species on its adhesion strength on surface of medium density fibreboard,” in: *Proceedings of the International Forest Products Congress - ORENKO, Trabzon, Turkey,* pp. 271-278.
112. Palitsch, G. (1970). Internationale Stand der Forschung auf dem Gebiet des Schleifens von Holz. – In: *Holz als Roh-und Werkstoff*, No 9, p. 329–343.
113. Pelagade, S. M., Singh, N. L., Qureshi, A., Rane R. S., Mukherjee, S., Deshpande, U. P., Ganesan, V., Shripathi T. (2012). Investigation of surface properties of Ar-plasma treated polyethylene terephthalate (PET) films, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 289, 34-38.
114. Pelit H. (2017). The effect of different wood varnishes on surface color properties of heat treated wood materials. *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University*, 67(2): 262-274.
115. Rijckaert, V., Stevens, M., Van Acker, J. (2001). Effect of some formulation parameters on the penetration and adhesion of water-borne primers into wood, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 59: 344-350.
116. Russ, W., H. Hille (1988). *Über das Thermoglätten furnierter Möbelbauteile. Holztechnologie*, No 4, p. 17–20.
117. Russanov, Hr., Kavalov, A. (1997). Regime development for cold feed laminating of multy-layer particle boards, using PVAc adhesives. *Book of articles International scientific symposium 50 years Faculty of Forestry, Skopje*, p. 285-290.
118. Salca E. A., T. Krystofiak, B. Lis (2017). Evaluation of Selected Properties of Alder Wood as Functions of Sanding and Coating. *Coatings*, 7(10): 176. <https://doi.org/10.3390/coatings7100176>

119. Salcă E. A., T. Krystofiak, B. Lis, B. Mazela, S. Proszyk (2016). Some coating properties of black alder wood as a function of varnish type and application method. *BioResources* 11(3), 7580-7594
120. Sieminski, R., A. Skarzinska. (1987). Chropowatosc powierzchni drewna roznych gatunkow po szlifowaniu., *Pr. Dr.*, No 9, p. 23–25.
121. Silva L.F.M., Ochsner A., Adams R.D (2011). *Theories of Fundamental Adhesion*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, 1543 p. (Volume 1+2), ISBN 978-3-642-01168-9
122. Söğütlü C., P. Nzokou, I. Koc, R. Tutgun, N. Döngel (2016). The effects of surface roughness on varnish adhesion strength of wood materials. *Journal of Coatings Technology and Research* 13: 863–870.
123. Sönmez A., M. Budakçı, H. Pelit (2011). The effect of the moisture content of wood on the layer performance of water-borne varnishes. *BioResources*, 6: 3166–3177
124. Zdravkovic, V., Palija, T., Lovric, A., Obradovic, A. (2020). Impact of Pressing Regime and Substrate Type on Bond Quality of Decorative Veneer. Valli, J. (1986). A review of adhesion test methods for thin hard coatings. *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*, 4(6), 3007-3014.

## 2. ОСНОВНИ НАУЧНИ ПРИНОСИ

В настоящата справка са представени приносите от изследвания свързани с облагородяването на мебелните повърхнини, които допълват досега проведени, а в някои случаи се претендира за новост и оригиналност. Тези приноси са отразени в 10 публикации, които са реферирани от световните бази данни за научна информация (Web of Science и Scopus).

### 2.1. Приноси свързани с определяне на адхезионната якостта на лепилни съединения

#### Научно-приложни приноси:

1. Чрез ползване на модел за трифакторен експеримент е установено комплексното влияние на основните технологични фактори върху адхезионната якост на полиуретаново лепилно съединение при проходно облицоване на плоча от дървесни частици и ПВХ фолио. Установено е, че технологичните фактори скорост на подаване  $U$ , количество  $Q$  и температура  $t$  на лепилото имат съизмерима сила на влияние върху адхезионната якост на лепилното съединение. Тяхното изменение в изследваните диапазони води до 30% увеличаване или намаляване на адхезионната якост на лепилните съединения. Посредством решаване на оптимизационна задача по метода на сканирането е установено, че най-висока стойност за якостта на лепилното съединение в изследвания диапазон се получава при  $Q = 100 \text{ g.mm}^{-2}$ ,  $t = 160 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $U = 6 \text{ m.min}^{-1}$ . От гледна точка на адхезията на лепилното съединение е най-неподходящо да се съчетават скорости на подаване над  $10 \text{ m.min}^{-1}$  и ниска температура на лепилото. (публикация № 4.1)
2. Установено е влиянието на вида лепило върху адхезионната якост на лепилни съединения при позиционно облицоване на мебелни плочи с гетинакс. Най-висока адхезионна якост се постига при облицоване на ПДВ със средна плътност с гетинакс, посредством ПВА лепило и разходна норма  $80 \text{ g.mm}^{-2}$ . Установено е, че лепилни съединения с нормативна адхезионна якост се получават при слепване на ПДВ със средна плътност и гетинакс при разходна норма на карбамидформалдехидно лепило от  $150 \text{ g.mm}^{-2}$ . За облицоването на ПДЧ с гетинакс е определена минимална разходна норма на карбамидформалдехидно лепило от  $80 \text{ g.mm}^{-2}$ . Установено е че, за слепването на мебелни плочи (ПДЧ/ПДВ) с гетинакс посредством полихлоропропеново лепило, минималната разходна норма е  $60 \text{ g.mm}^{-2}$ . (публикация № 4.2)
3. Чрез ползване на модел за двуфакторен експеримент е установено комплексното влияние на основните технологични фактори върху адхезионната якост на полиуретаново (ПУ) лепилно съединение при вакуумно мембранно облицоване на плоча от дървесни влакна и ПВХ фолио. Подналягането  $p$  има по-голяма сила на влияние върху адхезионната якост на лепилното съединение от количеството лепило  $Q$ . Посредством решаване на оптимизационна задача по метода на сканирането е установено, че най-висока стойност за якостта на лепилното съединение в изследвания диапазон се получава при  $Q = 118 \text{ g.mm}^{-2}$  и подналягане (вакуум)  $U = 0,08 \text{ N.mm}^{-2}$ . За постигане на нормативна якост на лепилното



съединение е необходимо да се работи при разходна норма за лепило от 120 до 140 g.mm<sup>-2</sup>. (публикация № 4.3)

4. Чрез ползване на модел за двуфакторен експеримент е установено комплексното влияние на основните технологични фактори върху адхезионната якост на поливинилацетатно (ПВА) лепилно съединение при вакуумно мембранно облицоване на плоча от дървесни влакна и ПВХ фолио. Въз основа на изведени регресионните уравнения, подналягането  $p$  има по-голяма сила на влияние върху адхезионната якост на лепилното съединение от количеството лепило  $Q$ . Определено е, че при вакуумно облицоване на ПДВ с ПВХ фолио, адхезионната якост на съединения с ПВА лепило не покриват нормативните изискванията (1,7 N.mm<sup>-2</sup>). (публикация № 4.3)
5. Посредством метод за определяне на адхезията чрез обелване (одиране) на облицовъчен материал (ПВЦ фолио) от повърхността на ПДВ е установено, че адхезионната якост на съединенията с ПВА лепило е 2,5 по-ниска спрямо реализираната с полиуретаново лепило. Шлифоването на контактната повърхнина на ПВЦ фолиото, със шкурка P280 преди слепване, води до 15 % повишаване на адхезионната якост при съединенията с ПВА лепило. Установено е, че шлифоването на ПВЦ фолиото преди слепване му с полиуретаново лепило, не променя съществено адхезионната якост на съединенията. (публикация № 4.4)
6. Чрез ползване на модел за двуфакторен експеримент е установено влиянието на високите температури върху адхезионната якост на стопилкови лепилни съединения между ПДЧ и полимерни кантфолия. (ПВЦ и акрилонитрил-бутадиен-стирен). Установено е, че при нагряване с температури в диапазона от 100 до 150 °С, лепилните съединения запазват нормативна якост (над 1,7 N.mm<sup>-2</sup>) в продължение на 12 min. След 35 минутно нагряване при 150 °С, е определена следната адхезионна якост на лепилните съединения: 0,95 N.mm<sup>-2</sup> за ABS кантфолио с дебелина 2 mm и 1,2 N.mm<sup>-2</sup> за съединенията с 0,45 mm дебелина на PVC кантфолио. Изменението на адхезионната якост на съединения третиранни с температура 50 °С е незначително, за изследвания времеви диапазон. В изследвания времеви диапазон (от 5 до 35 min) максималното намаляване на якостта е 5,4 % за съединенията с ABS кантфолио и 6,6% за съединенията с PVC кантфолио. (публикация № 4.5)
7. На основата на статистически обработени данни от еднофакторен експеримент е установено влиянието на хидротермично въздействие (90 °С), върху адхезионната якост на стопилкови лепилни съединения, между ПДЧ и полимерни кантфолия. Хидротермично въздействие с продължителност 10 ÷ 12 min, води до намаляване на адхезионната якост на лепилните съединения под норматива от 1,7 N.mm<sup>-2</sup>. Установено е, че хидротермично въздействие в продължение на 1 min се равнява на 1% намаляване на адхезионната якост. (публикация № 4.5)

#### **Практико-приложни приноси:**

1. Съставени са номограми за определяне на якостта на полиуретаново лепилно съединение при изменение на режимните параметри скорост на подаване,

количество на лепилото и температурата на лепилото при проходно облицоване на плоча от дървесни частици и ПВХ фолио. (публикация № 4.1)

2. Съставени са номограми за определяне на якостта на полиуретаново лепилно съединение при изменение на режимните параметри подналягане и количество на лепилото при вакуумно облицоване на плоча от дървесни влакна и ПВХ фолио. (публикация № 4.3)
3. Съставени са номограми за определяне на якостта на поливинилацетатно лепилно съединение при изменение на режимните параметри подналягане и количество на лепилото при вакуумно облицоване на плоча от дървесни влакна и ПВХ фолио. (публикация № 4.3)
4. Чрез провеждане на еднофакторен експеримент е установено, че кисненето във водата при 20°C за 1 час, не променя адхезионната якост на стопилкови лепилни съединения, между ПДЧ и полимерни кантфолия. (публикация № 4.5)

## **2.2. Изглаждане на дървесни повърхнини с цел подготовка за формиране филмови защитно декоративни покрития**

### **Научни приноси:**

1. Разработен и изследван е метод за ефективно изглаждане на околните повърхнини на призматични детайли от букова дървесина чрез притриване с бързо въртящ се метален цилиндър. Чрез ползване на модел за трифакторен експеримент е установено комплексното влияние на скоростта на подаване на детайлите  $u$ , радиално насочената сила на притискането  $q$  и брой на въздействията  $n$  върху крайната грапавост на притриваните повърхнини и външия вид на повърхнините след притриване. Установено е, че качествено изглаждане, е равностойно на традиционно изпълняващо се чрез повторно шлайфане с шкурка №180 или №240 и се постига при стойности на варираните фактори, както следва:  $u = 8-10 \text{ m.min}^{-1}$ ;  $q = 6-8 \text{ kN.m}^{-1}$ ;  $n = 1-2$  пъти. (публикация № 4.8)

### **Научно-приложни приноси:**

1. Чрез ползване на модел за двуфакторен експеримент е установено комплексното влияние на основните технологични фактори върху деформационно изглаждане на фурнировани мебелни плочи чрез притриване. Определени са подходящи стойности на линейно разпределения натисков товар  $q$  в зоната на контакт с обработваната повърхност и броя на притриванията  $n$  за осъществяване на висококачествено притриване при производствени условия. Установено е, че качеството на обработените повърхнини е най-добро при употреба на работен орган с активна контактна зона от стоманен тел с  $\varnothing 2,2 \text{ mm}$ . Също така е установено, че видът на фурнира дава отражение върху резултатите от изглаждането чрез притриване. (публикация № 4.6)

### **Практико-приложни приноси:**

1. Разработено е устройство за деформационно изглаждане на фурнировани мебелни плочи чрез притриване с три разновидности на крайниците: цилиндрично тяло (прът) от калибрована стомана с гладка околна повърхнина и диаметър 4 mm;

еластичен стоманен тел с  $\varnothing 2,2$  mm и корда от армиран твърд полиамид с  $\varnothing 3$  mm. (публикация № 4.6)

2. Съставени са номограми за определяне на крайната грапавост на притриваните повърхнини и външния вид на повърхнините при деформационно изглаждане с бързо въртящ се метален цилиндър, посредством изменение на режимните параметри скорост на подаване на детайлите  $u$ , радиално насочената сила на притискането  $q$  и брой на въздействията  $n$ . (публикация № 4.8)

### 2.3. Свойства на защитно-декоративни покрития

#### Научно-приложни приноси:

1. Чрез ползване на модел за двуфакторен експеримент е установено влиянието на зърнистостта на шкурката, използвана за подготовка на основата, и продължителността на технологичния престой между шлайфане на буков шперплат и нанасяне на водоразредима лакова система върху адхезионната якост на покритието. (публикация № 4.10)

#### Практико-приложни приноси:

1. Определена е водопропускливостта на различни по вид и състав маслени и восъчни покрития, нанесени върху дървесина на смърч (*Picea abies*). Установено е, че нормата за водопропускливост (под  $30 \text{ g/m}^2$  за 72 h) се постига при минимум 2-кратно нанасяне на покрития. (публикация № 4.7)
2. Орделени са причините за ниска адхезионна якост на UV втвърдяващи се, водоразредими, защитно-декоративни покрития, валцово нанесени върху дървесина от бял бор (*pinus sylvestris L.*). В производствени условия са установени причини за дефекти на защитно-декоративни покрития. Те могат да се използват за предотвратяване на дефектната продукция в мебелните предприятия. (публикация № 4.9)
3. Съставени са номограми за определяне на адхезионната якостта на акрилно лаково покритие при изменение на зърнистостта на шкурката, използвана за подготовка на основата, и продължителността на технологичния престой между шлайфане на буков шперплат и нанасяне на водоразредимата лакова система. (публикация № 4.10)

### 3. БИБЛИОГРАФИЯ

*Изследвания свързани с влиянието на някои фактори върху адхезионната якостта на лепилни съединения между облицовъчни материали и мебелни плочи.*

1. Angelski, D., Vitchev, P., Mihailov, V. (2017). Influences of some factors on adhesion strength between PVC foil and particle board. Pro LIGNO, Vol. 13 № 4, pp. 302-307, Online ISSN 2069-7430, ISSN-L 1841-4737
2. Angelski, D., Mihailov, V. (2017). The influence of various types of adhesive on the adhesion strength between bonded HPL and furniture boards. Annals of Warsaw University of Life Sciences, vol 98, p. 5-10.

3. Angelski, D., Krystofiak, T., Merdzhanov, V. (2018). The influence of various factors on adhesion strength between MDF and PVC foil in vacuum membrane press technology. Proceedings of 29th International Conference on Wood Science and Technology „ICWST” p7-12: Zagreb, Croatia, ISBN 978-953-292-059-8
4. Merdzhanov, V., Krystofiak, T., Angelski, D. (2018). Strength of adhesion of medium density fiberboards (MDF) parts lined with vinyl foil in a membrane press, with different technological parameters. Proceedings of 29th International Conference on Wood Science and Technology „ICWST” p117-125: Zagreb, Croatia, ISBN 978-953-292-059-8
5. Angelski, D., Vitchev, P., Mihailov, V. (2018.) Thermal and hydrothermal stability of hot-melt adhesive compounds, used to adhere plastic edge banding materials to particleboards. Pro Ligno Vol. 14 N° 4 pp. 54-51, ISSN 2069-7430 (Online), ISSN 1841-4737 (Print)

***Изглаждане на дървесни повърхнини с цел подготовка за формиране филмови защитно декоративни покрития***

6. Angelski, D., Kavalov, A. (2019). Comparative researches of the effect of deformation smoothing of veneer furniture boards through lapping via three type of different working tools. Proceedings of 30th International Conference on Wood Science and Technology „ICWST” p.12-17: Zagreb, Croatia, ISBN 978-953-292-059-8
7. Angelski, D., Kavalov, A., Mihailov, V. (2020). Surface smoothing of the sides of prism-shaped beech wood details via lapping with fast-rotating metal cylinder. Scientific Journal „Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design“, 2/2020 (18): Vol. IX, № 2, Sofia, pp. 29–37, ISSN: 1314-6149, e-ISSN: 2367-6663

***Свойства на защитно-декоративни покрития***

8. Angelski, D. (2019). Effect of some oil and wax finishes on the water permeability of spruce (*Picea abies*). Proceedings of 30th International Conference on Wood Science and Technology „ICWST” p. 6-11: Zagreb, Croatia, ISBN978-953-292-059-8
9. Angelski D., Vitchev P. (2021). Analysis of the reasons for defects during formation of protective-decorative coatings on wooden surfaces, Proceedings of the 14th International Scientific Conference Wood EMA 2021, pp. 393-398
10. Angelski, D., Atanasova, K. (2020). Influence of some factors on adhesive strength in the formation of water-based finishes on beech plywood. Scientific Journal „Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design“, 2/2021 (20): Vol. X, № 2, Sofia, pp. 36–43, ISSN: 1314-6149, e-ISSN: 2367-6663.

Януари 2022 г.  
София

Изготвил:

/доц. д-р Димитър Ангелски/