

## СПРАВКА

за научните, научно-приложните и приложните приноси в трудовете и публикациите на **доц. д-р инж. Виктор Петров Савов** за периода 2015 ÷ 2023 г. (след присъждане на академична длъжност „доцент“), представени за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност „професор“ по дисциплината „Технология на материалите от дървесни влакна“ в научна област **б. „Аграрни науки и ветеринарна медицина“**, ПН 6.5. „Горско стопанство“, научна специалност „Технология, механизация и автоматизация на дървообработващата и мебелната промишленост“, обявен в ДВ, бр. 26 от 21.03.2023 г., код на процедурата: **WWI-P-0223-104**

Научните, научно-приложните и приложните приноси в трудовете и публикациите на доц. д-р Виктор Савов могат да се отнесат към следните основни направления:

1. Създадени са модифицирани режими на горещо пресуване за получаване на плочи от дървесни влакна с технически лигнини като свързващи вещества;
2. Създадени са модифицирани лепилни композиции, за получаване на плочи от дървесни влакна с участие на синтетични свързващи вещества и технически лигнини;
3. Доказано е действието на лигносулфонатите като акцептори на формалдеhid;
4. Доказано е положителното влияние на допълнителното термично обработване върху показателите на плочи от дървесни влакна, получени с лигносулфонат като свързващо вещество;
5. Дефинирани са стойностите на основни фактори при използване на модифицирани режими на горещо пресуване за получаване на плочи от дървесни влакна с технически лигнини като свързващи вещества;
6. Дефинирани са оптималните съотношения на компонентите на лепилните композиции, при получаване на плочи от дървесни влакна със синтетични свързващи вещества и технически лигнини;
7. Разработени са плочи от дървесни влакна с участието на рециклирани, отпадъчни, суровини и експериментално е установено влиянието на основни фактори при тяхното получаване;
8. Установено е влиянието на основни фактори при получаване на плочи от дървесни влакна с участие на недървесни лигноцелулозни суровини;
9. Установено е влиянието на някои фактори върху показателите на плочи от дървесни влакна;
10. Осъществена е систематизация и анализ на приложимостта на наноматериалите в производството на дървесни плочи;

11. Разработени, апробирани и внедрени са учебник и ръководство за обучение на студентите от специалност „Технология на дървесината и мебелите“ по дисциплината „Материали от дървесни влакна“.

## **I. НАУЧНИ ПРИНОСИ**

### **1. Създадени са модифицирани режими на горещо пресуване за получаване на плочи от дървесни влакна с технически лигнини като свързващи вещества**

С оглед получаване на дървесни композитни материали, в частност на плочи от дървесни влакна, с ултра ниски емисии на формалдехид, е осъществен анализ на приложимостта на различни биологични свързващи вещества за тази цел (**публикации №1, №2, №5, №6, №8, №9, №11, №12, №17, №19, №20, №22, №44**). На тази основа е установено, че за производство на плочи от дървесни влакна с най-голяма перспектива като биологични свързващи вещества са техническите лигнини. Установено е, че при използване на стандартни режими на горещо пресуване, предназначени за максимално оползотворяване на адхезионните способности на синтетичните свързващи вещества на основата на формалдехид, техническите лигнини не се активират и изпълняват по-скоро роля на пълнител в лепилната композиция (**публикации №38 и №45**). Това налага използване на високотемпературни или цялостно модифицирани режими на пресуване.

При изследване на влиянието на температурата на горещо пресуване за получаване на плочи от дървесни влакна с лигносулфонат е установено, че температурата на горещо пресуване следва да е най-малко 190° С (**публикация №30**). Това налага извода от използване на повишени температури при горещо пресуване при производството на плочи от дървесни влакна с лигносулфонат. От особена важност е и концентрацията (наличието на свободни хидроксилни групи) на лепилния разтвор (**публикация №21**). На тази основа е разработен високотемпературен режим на горещо пресуване, при отчитане на концентрацията на внасяне на лигносулфоната в дървесновлакнестата маса (**публикация №21**).

Следва да се подчертае, че лигносулфонатите са частен случай на технически лигнин. Тоест те са единствените водоразтворими технически лигнини. При останалите видове технически лигнини се налага цялостно модифициране на режима по горещо пресуване с оглед оползотворяване на адхезионните способности на лигнина като термопластично вещество. Въз основа на това е разработен модифициран режим на горещо пресуване при използване на хидролизен лигнин, като свързващо вещество за производство на плочи от дървесни влакна (**публикация №4**). Установено е, че при използване на такъв модифициран цикъл по-горещо

пресуване от първоначално ниско налягане, с последващо високо налягане и охлаждане при поддържане на високото налягане, в значителна степен се оползотворяват адхезионните свойства на лигнина и могат да се получат плочи от дървесни влакна отговарящи на най-строгите изисквания на съответните стандарти (**публикации №3 и №4**).

## **2. Създадени са модифицирани лепилни композиции, за получаване на плочи от дървесни влакна с участие на синтетични свързващи вещества и технически лигинни**

Създадени са лепилни композиции, за производство на плочи от дървесни влакна, от лигносулфонат и фенолформалдехидна смола, без използване на кръстосано омрежване на компонентите (**публикация №13**). В тези лепилни композиции съдържанието на фенолформалдехидна смола се изменя от 3 до 5%, а съдържанието на лигносулфонат от 5 до 15%. Установено е, че чрез тези лепилни композиции могат да се произведат екологични плочи от дървесни влакна, отговарящи на най-строгите изисквания към техните показатели, като при това се оползотворява вторичен (отпадъчен) биологичен продукт – лигносулфонат.

Разработени са лепилна композиции, за производство на плочи от дървесни влакна, от лигносулфонат и карбамидформалдехидна смола, без кръстосано омрежване на компонентите (**публикации №14, №15, №25, №39, №40**).

Установено е, че при използване на такива лепилни композиции с 3% карбамидформалдехидна смола и съответно 6, 8 и 10% лигносулфонат, могат да се произведат екологични плочи от дървесни влакна с показатели отговарящи на най-строгите изисквания към този материал – за употреба за носещи конструкции във влажна среда (**публикация №14**). Установено е, че получените плочи с участие на лигносулфонат имат значително по-ниски емисии на формалдехид и от изискванията на клас „super E<sub>0</sub>“ (под 1,5 mg/100g) (**публикация №14**).

Доказано е, че при използване на лепилна композиция от карбамидформалдехидна смола и лигносулфонат, могат да се получат плочи от дървесни влакна с много задоволителни физико-механични показатели и ниски емисии на формалдехид, при не голям фактор на пресуване (15 s.mm<sup>-1</sup>) (**публикация №15**). Установено е, че получените плочи с тази лепилна композиция покриват изискванията за приложение в суха среда и най-строгите изисквания към механичните показатели – а именно за носещи конструкции, при емисии на формалдехид от плочите, сходни с тези на натуралната дървесина (под 1,5 mg/100g) (**публикация №15**).

Основен недостатък при използване на технически хидролизован лигнин като свързващо вещество в производството на плочи от дървесни влакна е задържането му в дървесновлакнестата маса до неговото активиране. Този недостатък е преодолян със създаване на лепилна композиция от не голямо количество спомагателно свързващо вещество – фенолформалдехидна смола и технически лигнин (**публикации №3 и №4**). Основната роля на фенолформалдехидната смола е не на свързващо вещество за плочите, тъй като смолата полимеризира при първият етап на ниско налягане, а да задържи лигнина в дървесновлакнестата маса до неговият псевдо-фазов преход и активиране. Установено е, че при използване на такава лепилна композиция могат да се получат плочи от дървесни влакна, отговарящи на най-строгите изисквания към техните физико-механични показатели.

### **3. Доказано е действието на лигносулфонатите като акцептори на формалдехид**

При проведените изследвания, по емпиричен път, категорично е доказано действието на лигносулфонатите не само като свързващи вещества на биологична основа, а и като акцептори на формалдехид (**публикации №14, №15**). Установено е, че при увеличаване на съотношението между амониев лигносулфонат и карбамидформалдехидна смола от 2:1 до 3,3:1, емисиите на формалдехид от плочите от дървесни влакна се понижават с 1,43 пъти (**публикация №14**). Установено е, че при съотношение 1:1 между карбамидформалдехидната смола и амониев лигносулфонат плочите от дървесни влакна имат 3,2 пъти по-ниски емисии на формалдехид в сравнение с плочи получени със същото количество карбамидформалдехидна смола, но без лигносулфонат (**публикация №15**). Установено е, че с увеличаване на съотношението на амониев лигносулфонат към карбамидформалдехидна смола от 1:1 до 2:1, емисиите на формалдехид от плочите от дървесни влакна се понижават с 1,42 пъти.

### **4. Доказано е положителното влияние на допълнителното термично обработване върху показателите на плочи от дървесни влакна, получени с лигносулфонат като свързващо вещество**

Категорично е установено, че в контраст с плочите от дървесни влакна получени с карбамидформалдехидни смоли, то при използване на лигносулфонати като свързващи вещества допълнителното термично обработване води до подобряване на физико-механичните показатели на плочите (**публикации №10 и №32**). Установено е, че при прилагане на допълнително термично обработване върху плочи от дървесни влакна произведени с

лигносулфонат, техните водоотблъскващи показатели (водопоглъщане и набъбване по дебелина се подобряват (понижават) средно с 1,5 пъти, а механичните показатели на плочите се подобряват със средно 1,3 пъти (**публикация №32**).

Установено е, че при използване на смесена, дървесна и недървесна лигноцелулозна суровина, и лигносулфонат като свързващо вещество, при прилагане на допълнително термично обработване, показателите на получените плочи от дървесни влакна водоотблъскващите показатели се подобряват средно с 2,3 пъти, а механичните с 1,4 пъти (**публикация №10**).

## **II. НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ**

### **5. Дефинирани са стойностите на основни фактори при използване на модифицирани режими на горещо пресуване за получаване на плочи от дървесни влакна с технически лигинини като свързващи вещества**

Установени са, по емпиричен път, оптимални стойности на изследваните фактори при използване на високотемпературни режими на горещо пресуване (температури от 200 до 220° С) и концентрация на внасяне на лигносулфоната в дървесновлакнестата маса от 20 до 40%, при получаване на плочи от дървесни влакна с лигносулфонат като свързващо вещество (**публикация №21**). Установено е, че в изследваният диапазон на изменение на факторите, концентрацията на лигносулфоната има по-силно влияние върху физико-механичните показатели на плочите. Установено е, че при концентрация на внасяне на лигносулфоната температурата на горещо пресуване не трябва да надвишава 200° С, в противен случай се наблюдава влошаване в показателите на плочите. Установено е, че не е обосновано концентрацията на внасяне на лигносулфоната да е под 30%, тъй като това не води до допълнително оползотворяване на хидроксилните групи, а налага повишаване на температурата на горещо пресуване (**публикация №21**).

При използване на модифициран цикъл на горещо пресуване от ниско с последващо високо налягане и охлаждане за получаване на плочи от дървесни влакна с хидролизен лигинин, е дефинирано влиянието на продължителността на вторият етап (същинското пресуване). Проведеното изследване показва, че с оглед постигане на най-строгите изисквания към механичните показатели на екологичните плочи не е необходимо продължителността на втория етап да се удължава над 15 s.mm<sup>-1</sup>, а с оглед водоотблъскващите свойства над 30 s.mm<sup>-1</sup>. Установено е, че изискванията към плочи от дървесни влакна с общо предназначение

(най-често предлаганите на пазара) се постигат още при фактор на пресуване за вторият етап от  $7,5 \text{ s.mm}^{-1}$  (публикация №4).

**6. Дефинирани са оптималните съотношения на компонентите на лепилните композиции, при получаване на плочи от дървесни влакна със синтетични свързващи вещества и технически лигнини**

При използване на лепилни композиции от фенолформалдехидна смола и лигносулфонат е установено, че при намалено съдържание на фенолформалдехидна смола (под 3%), съдържанието на лигносулфонат не трябва да надвишава 10% (публикация №13). Установено е, че повишеното съдържание над 10% води до крехкост, намаляване на якостните показатели, на плочите. Установено е че, за да се получат плочи от дървесни влакна, отговарящи на изискванията при употреба за носещи конструкции, съдържанието на фенолформалдехидна смола следва да е най-малко 3,5% в които случай съдържанието на лигносулфонат следва да е най-малко 8% (публикация №13).

При използване на лепилна композиция с 3% карбамидформалдехидна смола и съответно 6, 8 и 10% лигносулфонат е установено, че получените плочи с 3% карбамидформалдехидна смола и над 8% лигносулфонат имат по-добри показатели от тези на контролната плоча с 6% карбамидформалдехидна смола. Също така е установено, че плочите от дървесни влакна с 3% карбамидформалдехидна смола и 6% лигносулфонат имат показатели сходни с тази на контролната плоча (публикация №14). Установено, че при използване на лепилна композиция от 3% карбамидформалдехидна смола, съдържанието на лигносулфонат не следва да надвишава 8%. Последващо увеличаване на съдържанието на лигносулфонат не само не води до подобряване в показателите на плочите, а напротив поради увеличеното съдържание на вода в килима, при еднакъв фактор на пресуване, се наблюдава влошаване във всички физико-механични показатели (публикация №14).

Установено е, че при използване на лепилни композиции от 4% карбамидформалдехидна смола и 4, 6 и 8% лигносулфонат за производство на плочи от дървесни влакна, факторът на пресуване може да се намали до  $15 \text{ s.mm}^{-1}$  (публикация №15). Установи се, че при използване на 4% карбамидформалдехидна смола, съдържанието на лигносулфонат не следва да надвишава 6%, като много добри показатели на плочите се получават още с добавяне на 4% лигносулфонат (публикация №15).

Установено е, че при използване на лепилна композиция от карбамидформалдехидна смола и лигносулфонат (без използване на кръстосано омрежване) за фурнироване на плочи от

дървесни влакна със средна плътност, съдържанието на лигносулфонат не следва да е над 60%, като е препоръчително да бъде до 20% от цялостната лепилна композиция (**публикация №25**).

Установено е, че при производство на плочи от дървесни влакна с модифицирана лепилна композиция от фенолформалдехидна смола и хидролизен лигнин, при използване на модифициран цикъл на горещо пресуване, най-строгите изисквания на стандарта към показателите на плочите, могат да се получат при минимално общо съдържание на свързващи вещества от 10,6%, при което фенолформалдехидната смола следва да е най-малко 14%, а хидролизния лигнин да е най-много 86% от цялостната лепилната композиция (**публикация №3**).

#### **7. Разработени са плочи от дървесни влакна с участието на рециклирани, отпадъчни, суровини и експериментално е установено влиянието на основни фактори при тяхното получаване**

Установено е, че рециклирането на дървесните материали е с основно значение за намаляване дефицита на дървесна суровина, понижаване на въглеродния отпечатък от дървопреработвателните производства и прехода към кръгова икономика (**публикации №27, №43 и №46**).

Разработен е иновативен материал от отпадъчни, при производството на хартия, влакна, свързани с лигносулфонат. С оглед подобряване на показателите на плочите те са облицовани с развиван буков фурнир. За свързващо вещество при фурнироването, отново е използван само вторичен продукт – калциев лигносулфонат (**публикация №23**). Установено е, че при 15% съдържание на лигносулфонат и разходна норма при фурнироването от 80 g.m<sup>-2</sup> (абсолютно сух лигносулфонат), съответно 160 g.m<sup>-2</sup> лепилен разтвор, тези плочи имат по добри механични показатели от плочи от дървесни частици тип P2 (за производство на мебели) и доближаващи се механични показатели до тези при плочите от дървесни влакна със средна плътност с общо предназначение. Този иновативен материал има на практика нулеви емисии на формалдехид (до 2 mg/100g). Плочите показват добра формоустойчивост в суха среда, но поради типа на използваното биологично свързващо вещество, този материал има крайно незадоволителни водопоглъщане и набъбване по дебелина. Експериментално е изследвана приложимостта на този материал за крайни ъглови съединения за мебелни конструкции (**публикация №24**). Установено е, че съединенията получени от експерименталните плочи имат между 2,5 до 6,5 по-ниски механични показатели в сравнение с тези изработени от плочи от дървесни влакна

със средна плътност. Това обоснова тяхното възможно приложение за не носещи конструкции и експлоатация в суха среда.

Изследвано е влиянието на съдържанието на лигносулфонат, при диапазон на изменение от 8 до 14%, при получаване на плочи от отпадъчни (от производството на хартия) влакна (**публикация №18**). Установено е, че едва при 14% съдържание на лигносулфонат се покриват минималните изисквания към механичните показатели за плочи от дървесни влакна със средна плътност. Получените лабораторни плочи са с емисии на формалдехид под тези на натуралната дървесина. Съдържанието на свободен формалдехид в плочите от рециклирани влакна е в диапазона от 0,8 до 1,1 mg/100g. При това изследване се потвърждава основният недостатък на тези екологични композитни влакнести материали, а именно крайно незадоволителните им водоотблъскващи показатели.

Експериментално са получени изолационни плочи от рециклирани (от хартия) влакна (**публикация №36**). Установено е, че тези плочи имат механични показатели сравними с меките плочи от дървесни влакна. Установено е влиянието на повърхностното покритие на тези плочи върху тяхната плътност, водопоглъщане, набъбване по дебелина, коефициент на звукопоглъщане и звукопреминаване. Установено е, че най-добри показатели имат плочите от рециклирани влакна, фурнировани с тополов фурнир и фенолформалдехидна смола като завършващо покритие.

Установено е влиянието на продължителността и налягането при горещо пресуване върху експлоатационните показатели на твърди плочи от дървесни влакна, получени с преобладаващо участие на дървесновлакнеста маса от топови кросна (**публикация №16**). Установено е, че успешно могат да се получат твърди плочи с такъв състав, при температура на горещо пресуване от 200° C, като налягането при пресуване трябва да е най-малко 4,6 МРа, а времето за пресуване да е най-малко 280 s.

Установено е влиянието на съдържанието на иглолистни стърготини, получени от разкрояване на трупи с банциг, върху експлоатационните показатели на комбинирани плочи от дървесни влакна и стърготини (**публикация №33**). Установено е, че този вид стърготини успешно могат да се включват в състава на плочи от дървесни влакна със средна плътност, но тяхното съдържание не следва да надвишава 10%.

Установено е комбинираното влияние на съдържанието на иглолистни остатъци и карбамидформалдехидна смола върху експлоатационните показатели на плочите от дървесни влакна (**публикация №37**). Изведени са експериментално-статистически модели за комбинираното влияние на тези два фактора. Установено е, че за постигане на стойности на



физико-механичните показатели, съответстващи на стандартните изисквания, максималното допустимо съдържание на остатъци от иглолистна дървесина следва да бъде до 10,6%, а съдържанието на карбамидформалдехидна смола – над 10%. При съдържание на свързващо вещество под 10%, максималното допустимо количество отпадъчна иглолистна дървесина в състава на плочите следва да бъде до 5%.

#### **8. Установено е влиянието на основни фактори при получаване на плочи от дървесни влакна с участие на недървесни лигноцелулозни суровини**

Установено е че, в световен мащаб, а и в България се генерират значителни количества лигноцелулозни селскостопански остатъци. Приложението на тези потенциални суровини в състава на композитните материали от дървесни влакна, би довело до намаляване на потреблението на дървесна суровина (**публикации №7, №26, №28, №35, №41, №42, №47**).

Установено е възможността за използване на маса от царевични стъбла в състава на плочи от дървесни влакна, както и комбинираното влияние на съдържанието на такава маса и съдържанието на фенолформалдехидна смола (**публикация №48**). Изведен е експериментално-статистически модел за комбинираното влияние на тези два фактора. Установено е, че съдържанието на маса от царевични стъбла не следва да надвишава 24% от композицията на плочата, като при това в този случай съдържанието на фенолформалдехидна смола следва да е най-малко 14% (**публикация №48**).

Установено е влиянието на съдържанието на маса от лозови пръчки върху експлоатационните показатели на плочи от дървесни влакна (**публикация №34**). В резултат от изследването е установено, че такъв вид маса успешно може да се включва в композицията на плочите от дървесни влакна, но нейното съдържание не следва да надвишава 20%. Установено е, че до 5% съдържание на маса от лозови пръчки няма статистически значима разлика в показателите на този вид плочи и тези получени изцяло от дървесна суровина.

### **III. ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ**

#### **9. Установено е влиянието на някои фактори върху показателите на плочи от дървесни влакна**

Осъществено е експериментално статистическо проектиране, чрез изменение на температурата и фактора на горещо пресуване, на показателите на леки плочи от дървесни влакна със средна плътност, получени от дървесина на твърди широколистни дървесни видове (**публикация №31**). Установено е, че оптималните, с оглед експлоатационните показатели на

такъв вид плочи, стойности на изследваните фактори са температура на горещо пресуване от 190° С и фактор на пресуване от 90 s.mm<sup>-1</sup>.

Установени са оптималните съдържания на карбамидформалдехидна смола и фенолформалдехидна смола за получаване на плочи от дървесни влакна с висока плътност със завишени изисквания към техните експлоатационни показатели (**публикация №29**). Установено е, че за значително подобрене на показателите на плочите, фенолформалдехидната смола трябва да бъде най-малко 50% от общото съдържание на свързващи вещества. Установено е, че за получаване на плочи със завишени (над най-строгите изискванията на стандарта) показатели, фенолформалдехидната смола трябва да е най-малко 83,3% от общото съдържание на свързващи вещества.

#### **10. Осъществена е систематизация и анализ на приложимостта на наноматериалите в производството на дървесни плочи**

Осъществена е систематизация на основни видове наноматериали и е анализирана тяхната приложимост за подобряване на показателите на дървесни плочи, включително и на плочи от дървесни влакна (**публикация №49**).

Производството на дървесни плочи е една от развиващите се промишлености с нарастващо количество на произведената продукция. Наноматериалите се очертават като основна възможност за тази индустрия да премине към следващо ниво на развитие. Чрез прилагане на наноматериали показателите на почти всички видове дървесни плочи могат да бъдат значително подобрени. Използването на наноматериали може да доведе и до придобиване на специфични свойства на материалите. Ето защо през последните десетилетия има значително количество проучвания за включване на наноматериали в състава на дървесните плочи. Осъществен е обзор, без претенции за изчерпателност, и критичен анализ на проучвания, свързани с подобряване на водоустойчивостта, електрическото и магнитното съпротивление, топлопроводимостта, антибактериалните свойства, устойчивостта на плесени и други специфични свойства на дървесните плочи, чрез използване на наноматериали. Установено е, че към настоящият момент са осъществени значително количества изследвания, но въпреки това остават множество предизвикателства с оглед промишленото въвеждане на наноматериалите при производството на дървесни плочи.

**11. Разработени, апробирани и внедрени са учебник и ръководство за обучение на студентите от специалност „Технология на дървесината и мебелите“ по дисциплината „Материали от дървесни влакна“**

Разработен, апробиран и внедрен е учебник за обучение на студентите от специалност „Технология на дървесината и мебелите“ по дисциплината „Материали от дървесни влакна“ (публикация №50). Учебникът е предназначен за студентите от специалност „Технология на дървесината и мебелите“ на Лесотехнически университет. Той е разработен съобразно учебната програма на дисциплината „Технология на материалите от дървесни влакна“, изучавана в трети курс редовно обучение и четвърти курс задочно обучение.

В учебника са застъпени въпросите относно технологиите и показателите на материалите от дървесни влакна. Основната съсредоточеност на лекционният курс е върху технологиите за производство на плочи от дървесни влакна, в това число и производството на гипсовлакнести плочи. Разгледани са още, в значително съкратен обем, технологиите за производство на дървесно- полимерни влакнести материали, целулоза, хартия и картон.

Учебникът може да се използва и при разработване на дипломни работи по дисциплината, а също така и от специалисти от практиката.

Разработено, апробирано и внедрено е ръководство за обучение на студентите от специалност „Технология на дървесината и мебелите“ по дисциплината „Материали от дървесни влакна“ (публикация №51).

Ръководството е предназначено за студентите от специалност „Технология на дървесината и мебелите“ на Лесотехнически университет. То е разработено по учебната програма на дисциплината „Технология на материалите от дървесни влакна“, изучавана в трети курс редовно обучение и четвърти курс задочно обучение. В единадесет теми са обхванати методите за: определяне на физико-механичните показатели на плочите от дървесни влакна; баланс на суровините и материалите в това производство, технологичен контрол на суровината и на дървесновлакнестата маса; получаване на маса и на плочи в лабораторни условия; както и проектиране на показателите на плочите.

Ръководството може да се използва и при разработване на дипломни работи по дисциплината.

27.04.2023 г.

Изготвил:.....

/доц. д-р инж. Виктор Савов/