



ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ

КАТЕДРА „ЦЕЛУЛОЗА, ХАРТИЯ И ПОЛИГРАФИЯ”

Никола Христов Йотов

**ПОЛУЧАВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПЛОЧИ ОТ ДЪРВЕСНИ
ВЛАКНА ТИП MDF ЧРЕЗ ДОБАВЯНЕ НА ЛИГНИНОВИ
ПРОДУКТИ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

по научна специалност 5.10. Химични технологии

(Технология, механизация и автоматизация на лесохимичните производства)

Научен ръководител: доц. д-р инж. Иво Вълчев

Научно жури:

1. Проф. д-р инж. Санчи Ненкова – председател, рецензент
2. Проф. д-р инж. Николай Йосифов - рецензент
3. Доц. д-р инж. Евда Петкова - становище
4. Доц. д-р инж. Станка Недева - становище
5. Доц. д-р инж. Иво Вълчев - становище

София, 2018

Дисертационният труд е написан на 135 страници, съдържа 40 фигури и 13 таблици. Цитирани са 170 източника.

Представеният дисертационен труд е обсъден и приет за защита на заседание на катедрен научен съвет на научното звено на катедра „Целулоза, хартия и полиграфия”, състояло се на 26.02.2018 г. с Протокол № 741 / 26.02.2018 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се проведе на 12.07.2018 г. от 14.00 часа в зала 424, сграда „А” на ХТМУ.

Материалите са на разположение на интересующите се на интернет страницата на ХТМУ и в отдел „Научни дейности”, стая 406, етаж 4, сграда „А” на ХТМУ.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам най-сърдечни благодарности на научния си ръководител, Доцент д-р инж. Иво Владимиров Вълчев, за гласуваното ми доверие, оказаната помощ и за предоставената ми възможност за обучение в катедрата „Целулоза, хартия и полиграфия“. Благодаря още за ценните напътствия и съвети, за интересните и ползотворни обсъждания при разработването и оформянето на дисертационния труд.

Високо ценя всестранната помощ, проявеното разбиране и безкрайното търпение на Доц. д-р Виктор Петров Савов. Благодаря Ви за получените знания, придобитите умения и критичен подход при разрешаването на проблемите в процеса на разработване на дисертационната работа.

Огромно Благодаря на инж. Стойко Петрин и инж. Николай Яворов за отзивчивостта, подкрепата и куража, които ми оказваха през цялото време. Благодаря им и за прекрасните моменти на съвместна работа в катедрата и извън нея.

Благодаря на Г-н Чаатай Пийадеджи, г-жа Севим Юмерова, Г-н Петко Тотев и г-н Хакан Дюман, които проявяваха разбиране и осигуряваха спокойствие на работното ми място в „Кастамону България“ АД.

Изказвам най-искренна благодарности на всички помогнали ми при разработването на дисертационния труд преподаватели и колеги.

И не на последно място, Благодаря на родителите си – Нели Христова Йотов и Христо Несторов Йотов (който вече не е сред нас), на сестрите ми Петя и Евгения за подкрепата и помощта, която ми оказват както в радостни, така и в трудни за мен моменти. Благодаря им, че са успели да възпитат и изградят човека, който съм в момента.

Благодаря на съпругата ми Катерина Йотова за подкрепата и търпението, което ми оказваще през цялото време.

Посвеждавам дисертационния си труд на прекрасната ми дъщеря Нелия Николова Йотова, с надеждата да последва примера ми за неутолима жажда към нови знания и успехи.

Сърдечно благодаря!

УВОД

Плочите от дървесни влакна са структурен и декоративен материал представляващ хомогенен панел произведен от лигноцелулозни влакна, които са комбинирани със синтетични смоли или друг тип подходящи свързващи вещества, които се свързват помежду си посредством топлина и налягане.

Терминът „плочи от дървесни влакна“ се отнася към категорията на листови продукти, които са част от по-голямо семейство на „дървесно-композитните плочи“.

Тези дървесно-композитни плочи се отличават от естествената дървесина с това, че са съставени от дървесни елементи с различни размери и са слепени един с друг посредством свързващи вещества.

Производството на тези продукти включва следните важни стъпки: генериране на елементите влакна (процес на редукция) и рекомбинация на тези елементи в листова форма. Първите плочи от дървесни влакна (ПДВ) са произвеждани по мокрия метод, който метод води началото си от технологията за производство на хартия и се явява негова разновидност. Процеса на производство на ПДВ по сух метод е открит сравнително скоро, и до голяма степен е взимстван от технологията за производство на плочи от дървесни частици (ПДЧ).

Производството на плочи от дървесни влакна със средна плътност (MDF) започва развитието си през 1965 г. в САЩ и Канада по подобие на технологията на ПДВ – по сухия метод, но с прилагането на новия тип разvlakняваща машина „Bauer“, както и на термо-механичния метод „Мезонит“ за добиване на дървесно-влакнеста маса с ниска насипна плътност.

В края на 70-те години основни производители на инсталации за MDF стават европейските фирми „Sunds Defibrator“ (Швеция), „Siemplekamp“ и „Bizon“ (Германия). Това производство бележи бърз темп на развитие, дължащо се на конкурентоспособността на продукцията в сравнение с ПДЧ, слоестата и масивна дървесина. Плочите тип MDF се налагат като предпочитан конструктивен материал в мебелостроенето, строителството и за изделия и аксесоари в интериора на обществени сгради. Това се дължи на предимствата на тези плочи пред другите дървесни материали, като: хомогенна структура, равномерна плътност по напречното сечение, твърди кантове, гладка повърхност, невисока плътност, лека обработваемост с режещи инструменти и други.

Технологичният процес за производство на тези композити създава възможности за използване на модифициращи състави за получаване на плочи със специфични свойства, което разширява областта на тяхното приложение. Освен това дървесните влакна, използвани за формиране на дървесния „килим“ имат разгърната повърхност,

притежаваща голямо количество реакционно-способни функционални групи, които могат да взаимодействат с функционалните групи на свързващото вещество (смолата) за получаване на добра адхезия между тях.

Потреблението и производството на MDF се увеличава с непрекъснати темпове, като през 2012 г. потреблението на този продукт в Европа изпреварва потребността от ПДЧ. Днес, дървесно-композитните плочи биват разнообразни продукти, към които се отправят редица изисвания по отношение на тяхната екологичност и влияние върху околната среда. През последните години се учеличава натискът, създавайки нови изисквания към развитието и изграждането на екологично чисти технологии за преработка и получаване на продукти от дървесина.

Действащото екологично законодателство и директивите на Европейския съюз изискват намаляване на въздействието върху околната среда. Потенциално въздействие от производствената дейност при получаване на плочи от дървесни влакна може да има върху: хората и тяхното здраве; промени в атмосферния въздух вследствие на газови емисии от производството съдържащи прах, азотни газове, серни окиси, въглеродни окиси, въглеводороди, летливи органични съединения (вкл. формалдехид) и др.; в почвата – от разливи със съдържание на вредни вещества и отлагането им върху нея; във водите в следствие на заустване на отпадъчни води; чрез видовете отпадъци – главно производствени, които могат да доведат до замърсяване на земните недра; чрез производствен шум в околната среда; чрез отпадъчна топлина и т.н. Нормите по отношение на екологичните аспекти при производството на плочи от дървесни влакна, попадат в обхвата на Директива 2010/75/ЕС на Европейския парламент и на Съвета при производството на дървесни плочи.

За съжаление, трябва да се отбележи, че композитите от тип MDF са все още вносен материал у нас. Но в близко бъдеще се предвижда построяване на инсталация за MDF в гр. Велико Търново от австрийската фирма „KRONOSPAN“.

ЦЕЛ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

На основата на направените изводи от литературното проучване и очертаните перспективи може да се формулира целта на дисертационния труд:

Изследване на възможностите за получаване на плочи със средна плътност от дървесни влакна тип MDF чрез добавяне на лигнинови продукти, които да осигурят високи физикомеханични показатели при нисък разход на смола

За да се постигне целта на дисертационния труд, трябва да се решат следните основни задачи:

- 1) Да се установи възможността за получаване на плочи тип MDF при нисък разход на ФФС чрез влагане на технически хидролизен лигнин при различни условия на олепиляване.
- 2) Да се установи възможността за получаване на екологични плочи тип MDF при нисък разход на ФФС чрез влагане на лигносулфонати.
- 3) Да се установи възможността за получаване и охарактеризиране на екологични плочи тип MDF чрез влагане на лигнин от паро-взривно и ензимно третиране на топола, акация и царевични стъбла.

I. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

1.1. МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

1.1.1. Използвани материали.

1.1.1.1. Дървесна маса.

За производството на MDF в лабораторни условия са използвани дървесни влакна получени чрез термомеханично разvlakняване в завода за ПДВ в град Троян – „Велде България” АД.

а) от смесена широколистна дървесина от бук и цер в съотношение 2:1

б) от 80% широколистна дървесина (цер и топола в съотношение 3:1) и 20% иглолистна дървесина от бял и черен бор в съотношение 1:1.

Доставените влакна се характеризират със степен на размилане 11° SR и влагосъдържание 10 – 11%.

1.1.1.2. Фенолформалдехидната смола произведена от фирма „Диней” – Австрия и предоставена от фирма „Велде България” АД – гр. Троян.

Нейните основни характеристики са:

- сухо вещество = 48 %;
- молекулно съотношение на фенол към формалдехид = 1:1.3;
- обемно тегло = 1,1780 g.cm⁻³;
- рН = 7.1 - 7.9;
- вискозитет при 25 °C = 1,400 cps.

1.1.1.3. Технически хидролизен лигнин.

Хидролизният лигнин се явява отпадъчен продукт при производството на фуражни дрожди от захари получени след хидролиза на биомаса. У нас това производство вече не съществува, но все още се намира депо от технически хидролизен лигнин в района на град Разлог, което съдържа приблизително около 350 000 тона. Подбрано и доставено е определено количество от въпросното депо за целите на дисертационния труд и провеждане на експериментите.



Фигура 1. Находище на технически хидролизен лигнин в близост до град Разлог.

1.1.1.4. Лигносулфонат.

Търговското наименование на използвания в експерименталната работа продукт е „Лигнобонд” („Lignobond”). Произведен е от норвежката фирма „Borregaard LignoTech”, а основен вносител и представител за България е фирма „Ноак България” ЕООД.

Лигносулфонати основно се използват за производство на пелети или фуражни гранули в страните от Западна Европа – Великобритания, Норвегия, Германия, Белгия,

Швейцария, Франция. Само във Великобритания се използва 2,5 пъти повече от Турция и Русия взети заедно.

Продуктът е калциев лигносулфонат и се явява остатък от производството на целулоза по сулфитния метод. Получава се след изваряване на смърчова дървесина, като кафяв прах с ниска хидроскопичност и средно съдържание на захари.

Продуктът практически е безвреден.

Калциевият лигносулфонат, в ролята си на свързващо вещество, притежава следните характеристики:

Таблица 1. Физико-химични параметри на калциев лигносулфонат – продукт „Лигнобонд”.

Физични параметри:	Химични елементи:
Сухо вещество = 93 %	Калции = 6%
pH = 4.3 ± 0.8	Захари = 7 %
Насипна плътност = 550 kg/m ³	Пепел = 16 %
Физично състояние = прах / течност	
Цвят = светло кафяв	
Мириз = слабо изразена миризма	
Разтворимост = лесно разтворим във вода	
Гранична точка на топене = 130° C	

1.1.1.5. Лигнин получен след паро-взривно и ензимно третиране на тополя, акация и царевични стъбла в лабораторни условия.

Паровзривовия метод е използван с цел предварителна обработка на лигно-целулозната маса от акация, тополя и царевични стъбла.

За целите на дисертационния труд в лабораторията при Катедра „Целулоза, хартия и полиграфия” към ХТМУ се проведе паро-взривна хидролиза на лигноцелулозна маса. Процеса се извърши посредством специално конструирана и изработена за тази цел инсталация.

1.1.2. Химичен анализ на лигнинови материали.

На лигниновите материали по точки 1.1.1.3. и 1.1.1.5. е направен химичен анализ както следва:

- определяне съдържание на лигнин - TAPPI T-13m-54;
- определяне съдържание на пепел - БДС ISO 2144:1999 и БДС ISO 1762:2003;
- определяне съдържание на C, H, N, S чрез апарат „ROVECTOR EA 3000“ в

ЦНИЛ при ХТМУ.

1.1.3. Технологични режими за получаване на плочи тип MDF в лабораторни условия.

Методика за определяне на необходимото количество материали за производство на ПДВ тип MDF на основата на ФФС.

Изследвана е възможността за оползотворяване на отпадъчен технически хидролизен лигнин, лигносулфонат и лигнин получен след паро-взривно и ензимно третиране на топола, акация царевични стъбла в състава на плочи от дървесни влакна със средна плътност (MDF) произведени по сух метод.

За целта на изследването, в лабораторни условия, са произведени плочи с различно съдържание на основно свързващо вещество - фенолформалдехидна смола и влаганите като добавки лигнинови продукти в техния състав. Предварително са определени основните експлоатационни показатели на плочите и са сравнени с тези на еталонни такива, без участие на лигнинови продукти. Стойностите на експлоатационните показатели се определят посредством методиките в действащите стандарти. За определяне на механичните показатели на плочите се използва универсална изпитвателна машина „Zwick/Roell Z010“. На тази база е осъществен анализ на получените резултати от изследванията и са изведени прилежащи изводи и препоръки.

За производството на лабораторните плочи MDF предварително е определена плътността им да бъде от $800 \pm 20 \text{ kg.m}^{-3}$.

В хода на изследването се проведе вариране на количеството на влаганата в плочите фенолформалдехидна смола от 5 до 15 %. Като добавка се варира и количеството на влаганите лигини и лигносулфонат – от 0 до 20 % от общата маса на плочите при стъпка на изменение от 5 %. Контролните плочи бяха произведени със съдържание на ФФС само от

5, 10 и 15 %. Съответно към тези концентрации бяха проведени опити с добавяне на лигнинови продукти.

При олепиляването са приложени две техники на прибавяне на техническия хидролизен и ензимен лигнин към дървесните влакна:

1. При сухия метод лигнина се добави след като дървесната маса е олепилена и предварително изсушена.

2. При мокрия метод лигнина се добавя към дървесната маса в момента на впръскване на смолата.

След последващо изсушаване на дървесно-влакнестата маса, се подготви дървесен килим, който се пресова в гореща преса при температура на пресоване от 200° С и продължителност на цикъла от 720 s и налягане от 3 MN.mm⁻².

Слепването на лигноцелулозния материал (дървесните влакна) е най-съществен процес при производството на плочи тип MDF. Слепването на дървесните влакна може да се постигне в отсъствието на смоли, само чрез високо налягане и при високи температури. Този метод е известен като автоадхезия. Тук е важно да се отбележи, че при плочите тип MDF основно значение имат експлоатационните им показатели, зависещи както адхезионните, така и кохезионните връзки възникващи между влакната. За тези процеси спомага включително и връзките формирани посредством лигнините или лигносулфоната в състава им. По този начин се получават плочи без свързващи вещества, но спрямо плочите получени на база синтетични свързващи вещества, механичните им свойства са силно занижени. Една от целите на изследването е да се изведат резултати от изследванията за изменението във физико-механичните показатели на плочи MDF, в резултат от вариране съдържанието на смолата и лигниновите продукти.

На база предварително определени основни показатели на плочите - плътност и размери се пресметна необходимото количество дървесно-влакнеста маса, основно свързващо вещество (ФФС) и лигниновите продукти.

Олепиляване

При олепиляването са приложени две техники на прибавяне на техническия хидролизен и ензимен лигнин към дървесните влакна.

1. При сухия метод лигнина се добави след като дървесната маса е олепилена и предварително изсушена.

2. При мокрия метод лигнина се добавя към дървесната маса в момента на впръскване на смолата.

Пресоване в студена и гореща преса при следните режими:

1. Плочата се формира с размери 250 x 250 mm и се подлага на студено пресоване.
2. Студено пресуваната плоча се поставя в гореща преса, при което е важно при позиционирането ѝ да се избегне повреждане на цулагите.

3. Пресоването на плочите се провежда при предварително зададени режими по отношение на температура на плотовете, специфично налягане и продължителност на процеса.

Измерваме необходимото количество дървесна маса, определяме количеството свързващо вещество, така също и нужното количество лигнини или лигносулфонат. Дървесните влакна се поставят в механичен смесител – цилиндричен съд, оборудван с лопатки и се разбъркват в продължение на три - пет минути. Посредством пневматичен пистолет се добавя свързващото вещество към дървесните влакна, както и лигнина и лигносулфоната. Олепилената маса се подготвя във вид на дървесен килим, който се формира върху цулаги, предварително третирани с парафин против залепване и загаряне на повърхността на плочите. Формирането на дървесния килим се осъществява, като олепилената масата се прекарва през сито, за да се предотврати сбиване на материала. След това се прилага студено пресоване на дървесната маса, която е поставена във формовъчна рамка. (Прилага се така нареченото студено или предварително пресоване). Следва премахване на рамката, поставяне на втората цулага и заедно с ограничителите се пресува при следните условия.

Таблица 2. Параметри на технологичните режими по получаване на плочи тип MDF по сух метод.

Специфично налягане на спресоване	$N.mm^{-2}$	3
Температура на спресоване	$t, ^\circ C$	200
Време на спресоване	τ, s	720

За целта на изследването се проведе вариране на количеството влагана в плочите фенолформалдехидна смола от 5 до 15 %. Варира се и количеството на влаганите

лигнинови материали – от 0 до 20 % от общата маса на плочите, при стъпка на изменение от 5 %. Контролните плочи са произведени единствено със съдържание на ФФС от 5, 10 и 15 %. Съответно към тези концентрации са проведени опити с добавянето на технически хидролизен лигнин, лигносулфонат и лигнин от паро-взривно и ензимно третиране на топола, акация и царевични стъбла.

1.1.4. Определяне на физико-механичните показатели на лабораторните MDF.

За определяне на физико-механичните показатели на плочите MDF са използвани посочените в таблица 3 международни стандарти.

Таблица 3. Стандарти за определяне на физико-механични показатели на плочите.

СВОЙСТВА	МЕТОД НА ИЗПИТВАНЕ	МЕРНИ ЕДИНИЦИ	НОМИНАЛНИ СТОЙНОСТИ ПО ДЕБЕЛИНА (mm)
			6 < to ≤ 9
			8 mm
			ОГРАНИЧЕНИЯ ПО СТАНДАРТ
Дължина и Широчина	EN 324-1	mm	± 0,2 / max ± 5
Дебелина	EN 324-1	mm	± 0,2
Отклонения в диагоналите	EN 324-2	mm/m	± 2
Плътност	EN 323	kg.m ⁻³	800 ± 7 %
Набъбване по дебелина (24h)	EN 317	%	17 max
Водопогълщане (24h)	EN 317	%	60 max
Якост на опън перпендикулярно на равнината на плочата	EN 319	N.mm ⁻²	≥ 0,65
Якост при огъване	EN 310	N.mm ⁻²	≥ 23
Модул на еластичност	EN 310	N.mm ⁻²	≥ 2700
Влагосъдържание	EN 322	%	4 ÷ 11
Пропиваемост на лицевия слой	EN 382-1	mm	150 min
Съдържание на пясък		%	0,05 max
Съдържание на формалдехид	EN 120	mg/100 gr	8 mg/ 100 gr
Якост на разлепване на лицевия слой	EN 311	N.mm ⁻²	≥ 1

1.2. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИИ

1.2.1. Влияние на техническия хидролизен лигнин върху свойствата на плочи тип MDF.

1.2.1.1. Резултати от химичния анализ на технически хидролизен лигнин.

За нуждите на дисертационния труд е изследван химичния състав на техническия хидролизен лигнин използван при експерименталните работи. Този хидролизен лигнин е доставен от депото в гр. Разлог и е подложен на вторични замърсявания, пожари и атмосферно влияние. Получените резултати от изследванията са функция от всички тези фактори, като най-съществено е влиянието върху минералната част.

Таблица 4. Параметри на технически хидролизен лигнин.

Физико-химични параметри:	Стойности:
Сухо вещество, %	35.0
Лигнин, %	78.0
Целулоза, %	12.8
Минерални добавки, %	9.1
Химични елементи	Стойности:
Въглерод (C), %	44.6
Сяра (S), %	0.7
Водород (H), %	8.6
Азот (N), %	0.16

От таблицата се вижда, че при направения анализ на елементния състав преобладава количеството на въглерода ≈ 45 %, водородът е 8.6 %, а сярата, която е остатък от киселинната хидролиза е 0.7 %. Влагосъдържанието на доставения лигнин достига 65 %. Химичният състав показва наличие минерални вещества ≈ 9 %, целулоза ≈ 13 % и лигнин ≈ 78 %.

1.2.2. Влагане на технически хидролизен лигнин след изсушаване на олепилената дървесно-влакнеста маса.

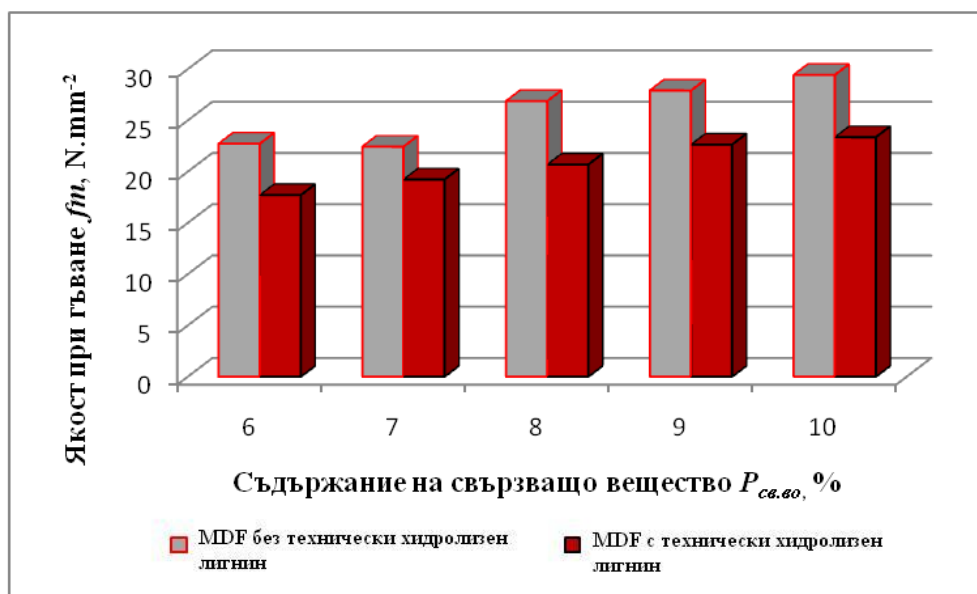
Изследвано е влиянието на добавяне на технически хидролизен лигнин към предварително олепилена и изсушена дървесно-влакнеста маса. Резултатите представени в таблица 10 показват влошаване на всички показатели при този метод на влагане на 5 % лигнин.

Таблица 5. Матрица на експериментите.

№	Съдържание на лигнин, %	Съдържание на ФФС, %	Плътност ρ , kg.m^{-3}	Якост при огъване $f_m \text{ N.mm}^{-2}$	Водопоглъщане А, %	Набъбване по дебелина G_t , %
1	0	10	728	28,7	68,8	20,1
2	5	10	726	23,2	101,8	28,3
3	0	9	732	27,7	69,3	20,3
4	5	9	720	23,4	103,2	29,5
5	0	8	714	27,1	84,4	23,0
6	5	8	711	21,1	104,9	29,6
7	0	7	730	22,3	85,0	22,2
8	5	7	731	19,8	107,7	29,9
9	0	6	725	23,3	91,2	27,6
10	5	6	728	18,4	116,1	35,6

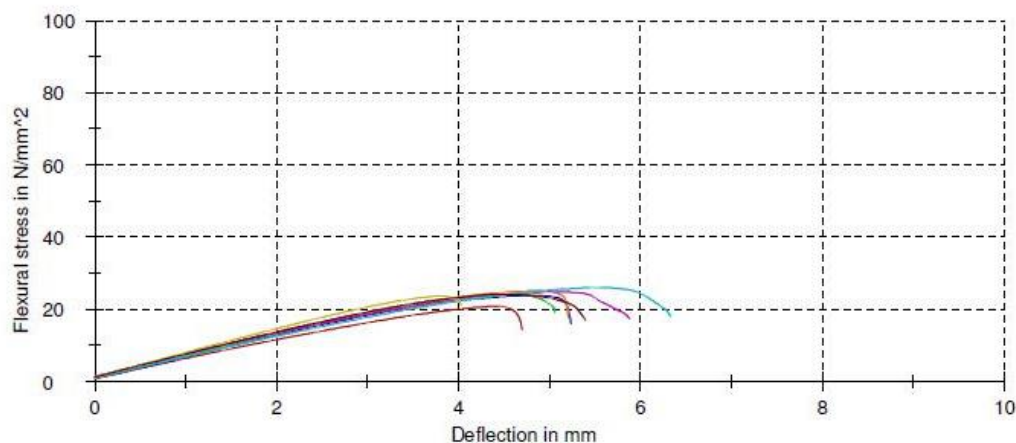
При изследваните стойности на изменение на съдържанието на ФФС и технически хидролизен лигнин, якостта при огъване на плочите се изменя от 17,7 до 29,4 N.mm^{-2} . Най-висока якост при огъване се наблюдава при MDF с 10 % фенолформалдехидна смола и 0 % лигнин, а най-ниска - при плочи с 6 % ФФС и 5 % лигнин. (фиг. 2). Статистическа обработка на резултатите е представена на фигура 2.

Въпреки влошаването на изследвания показател, данните показват, че получените MDF със съдържание на 10 % фенолформалдехидна смола и респективно 5 % технически хидролизен лигнин, отговарят на изискванията за плочи от дървесни влакна със средна плътност с общо предназначение и употреба в суха среда. Следователно при съдържание от най-малко 10 % фенолформалдехидна смола, техническия хидролизен лигнин може да се използва в съдържание до 5 % като заместител на скъпоструващата за добиване и преработка дървесновлакнеста маса.



Фигура 2. Изменение на якостта при огъване на MDF при различно участие на фенолформалдехидна смола и на технически хидролизен лигнин.

Графично изразяване:



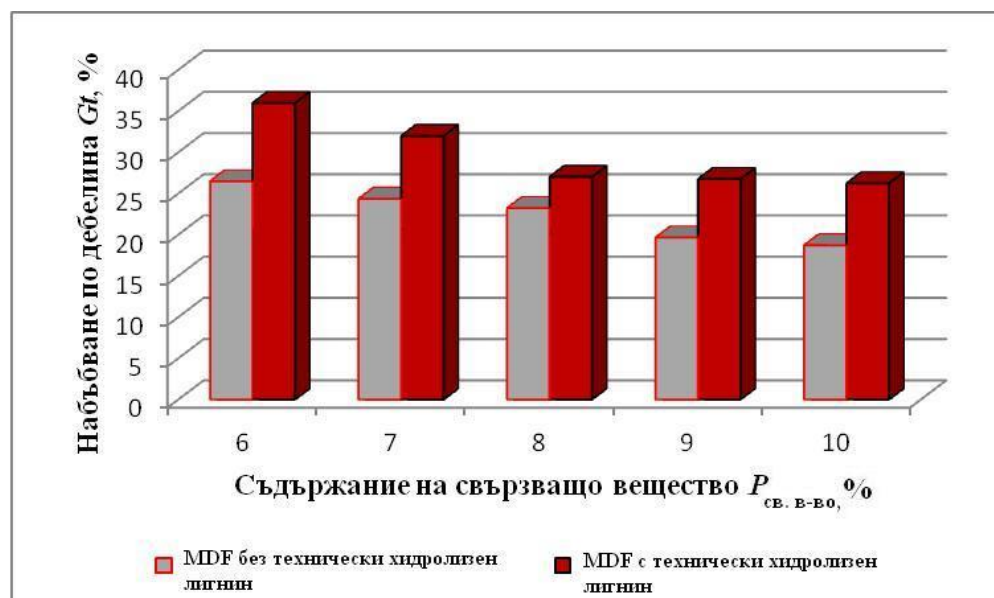
Статистически данни:

Series	E_m	F_{max}	f_m	I_1	t	b
$n = 8$	N/mm^2	N	N/mm^2	mm	mm	mm
$\bar{x}$	3450	284	24.1	160	7.638	48.58
s	180	18.9	1.49	0.000	0.2264	0.1669
v	5.23	6.66	6.21	0.00	2.96	0.34

Фигура 3. Статистическа обработка на резултатите по отношение на изменение на якостта при огъване на MDF при различно участие на фенолформалдехидна смола и на технически хидролизен лигнин.

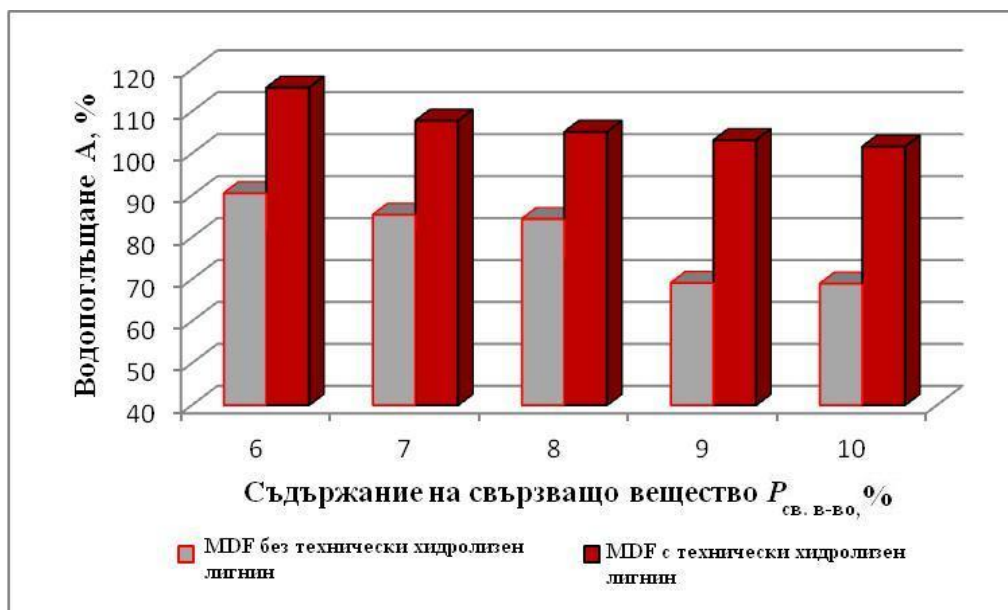
С добавяне на технически хидролизен лигнин към състава на MDF, при всички изследвани нива на съдържанието на свързващо вещество се наблюдава влошаване и на показателя набъбването по дебелина (фиг. 4). Средното влошаване, т.е. увеличаването на набъбването по дебелина е със 130 до 170 %. Въпреки това с изключение на плочите произведени с 6 и 7 % фенолформалдехидна смола и 5 % лигнин, всички останали плочи отговарят на стандартните изисквания за плочи с употреба в суха среда.

Влошаването на показателите на MDF показва, че хигроскопичният технически хидролизен лигнин не е свързан в значителна степен с влакнестите елементи в състава на плочите, а изпълнява по-скоро ролята на пълнител. Това може да се обясни с повишеното пепелно съдържание на техническия хидролизен лигнин, с недостатъчната продължителност на термично третиране при пресоване или с недостатъчното количество лигнин. При по-висок процентен дял на технически лигнин в състава на плочите биха се увеличили контактните зони и поне частично би се преодоляло влиянието на пепелта. Друг метод за свързване на лигнина с влакната е да се увеличи температурата и продължителността на термично третиране. В този случай би следвало да се отчита и негативното влияние върху синтетичните свързващите вещества.



Фигура 4. Изменение на набъбването по дебелина на MDF при различно участие на фенолформалдехидна смола и на технически хидролизен лигнин.

Водопоглъщането на плочите MDF се изменя от 69 до 116 %. Графичната интерпретация на резултатите от изследванията при различно съдържание на свързващо вещество фенолформалдехидна смола и на технически хидролизен лигнин е представена на фигура 5.



Фигура 5. Изменение на водопоглъщането на MDF при различно участие на фенолформалдехидна смола и на технически хидролизен лигнин.

Най-ниски показатели по отношение на изследвания показател имат плочите със 6 % ФФС и 5 % технически хидролизен лигнин. Най-добри са показателите на плочите с 10 % ФФС без участие на технически хидролизен лигнин.

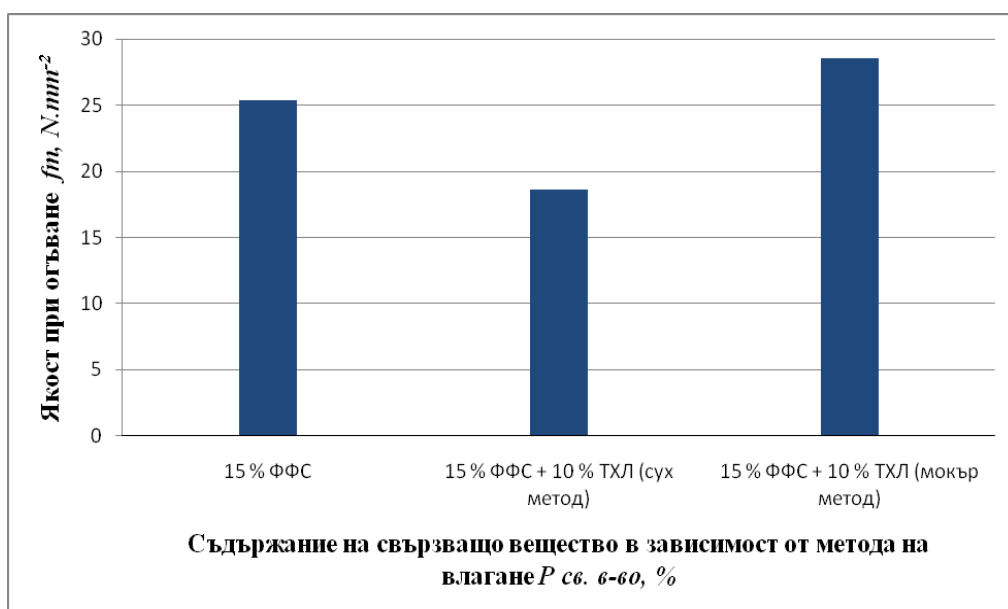
Показателят водопоглъщане се влошава, като нараства от 120 до 150 % при добавяне на 5 % технически хидролизен лигнин в състава на плочите.

Анализът на резултатите от добавяне на технически хидролизен лигнин към предварително олепилената и изсушена дървесно-влакнеста маса показва, че техническият хидролизен лигнин в този случай по-скоро изпълнява роля на пълнител в дървесно-влакнестата маса. При условията на експеримента той не е активиран и не изпълнява функция на свързващо вещество.

1.2.3. Влагане на технически хидролизен лигнин в процеса на олепиляване на дървесно-влакнестата маса.

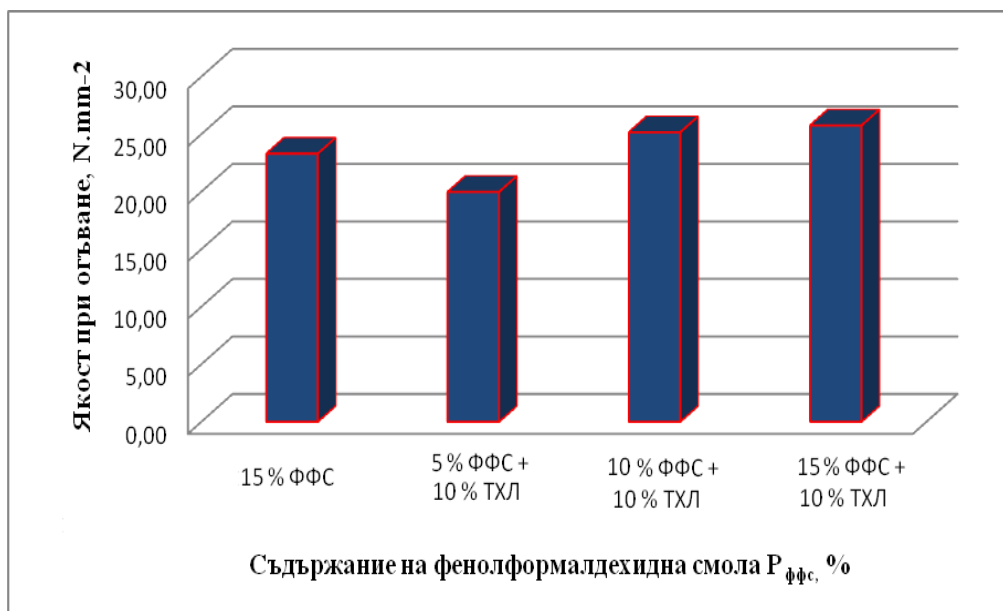
При влагане на техническия хидролизен лигнин в процеса на олепиляване се създават предпоставки за възникване на здрави връзки между лигнина, влакната и смолата в процеса на пресоване и сушене. Експериментите са проведени с максимално количество на лигнина 10 %, спрямо масата на плочите.

Проведеното изследване показва, че по този метод се получават MDF с по-високи якостни показатели, спрямо тези получени по метода на влагане на лигнина след изсушаване на влакнестата маса (сух метод), както и по отношение на плочите произведени без лигнин (фиг. 6).



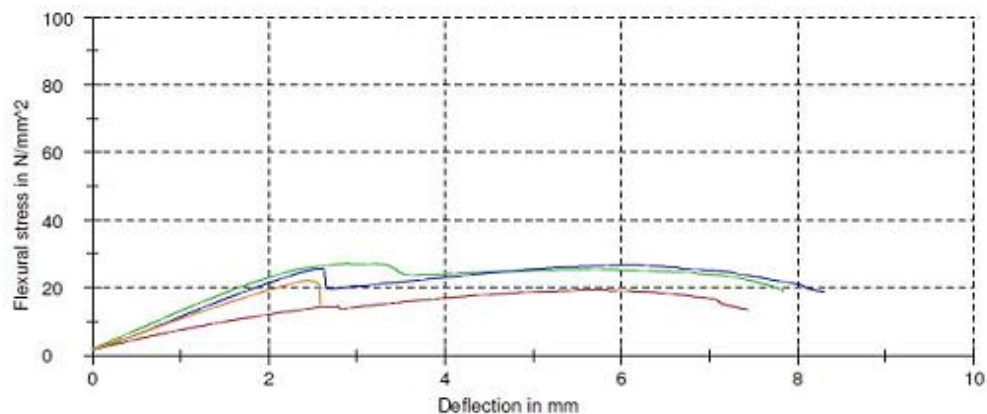
Фигура 6. Изменение на якостта при огъване на MDF в зависимост от съдържанието на фенолформалдехидна смола и технически хидролизен лигнин в зависимост от метода на въвеждане на ТХЛ.

Създава се възможност за получаване на MDF плочи при занижен разход на смола с около 5 %, което се наблюдава от резултатите представени на фигури 7 и 8.



Фигура 7. Изменение на якостта при огъване на MDF при постоянно съдържание на технически хидролизен лигнин при вариране съдържанието на фенолформалдехидна смола.

Графично изразяване:



Статистически данни:

Series n = 4	E_m N/mm²	F_{max} N	f_m N/mm²	l_1 mm	t mm	b mm
x	2600	466	23.8	120	8.42	50
s	720	55.5	3.82	0.000	0.1864	0.000
v	27.69	11.92	16.06	0.00	2.21	0.00

Фигура 8. Статистическа обработка на резултатите по отношение на изменение на якостта при огъване на MDF в зависимост от съдържанието на технически хидролизен лигнин и вариране съдържанието на фенолформалдехидна смола.

Следователно, чрез подходяща техника на едновременно смесване на влакната със смолата и лигнина се осигурява по-добра адхезия, която предоставя възможност за намаляване на участието на фенолна смола. Това от своя страна допринася за намаляване на свободния формалдехид в готовата продукция.

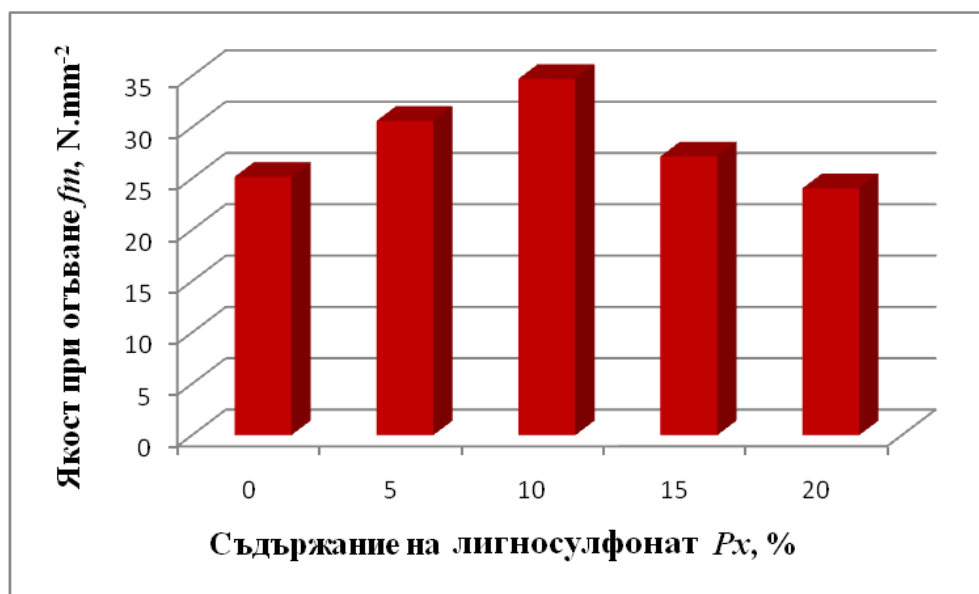
1.2.4. Получаване на плочи от дървесни влакна с добавяне на лигносулфонат.

1.2.4.1. Влияние на лигносулфонатите върху свойствата на плочи тип MDF.

Една от задачите при разработването на дисертационния труд е установяване и проследяване измененията в стойностите на експлоатационните показатели на плочи от дървесни влакна тип MDF получени в резултат от изменение съдържанието на фенолформалдехидната смола и калциев лигносулфонат.

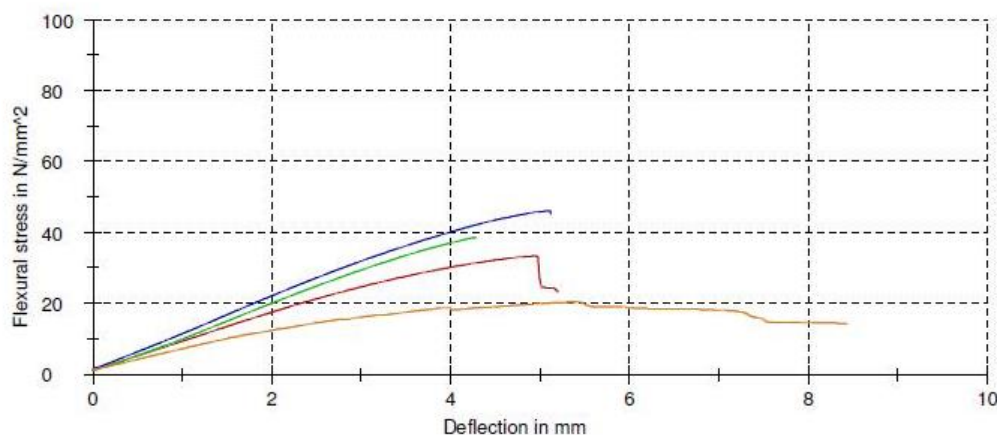
На фигури 9 и 11 е отразено изменението в стойностите на показателя якост при огъване и модул на еластичност при производството на MDF с фенолформалдехидна смола с количество 15 % и калциев лигносулфонат – продукт с марката „Лигнобонд” на фирма производител „Борегард”, Норвегия.

При направения анализ се установи, че при добавяне на калциев лигносулфонат като свързващо вещество в количество до 5 % от масата на плочите, не се наблюдават съществени изменения в показателите на плочите, спрямо тези произведени само с фенолформалдехидна смола („нулева“ проба). С увеличаване процента на лигносулфонат, между 10 – 15 %, ясно се откроява повишената якост при огъване на пробните тела. Респективно зависимостта се пренася и върху показателя модул на еластичност при огъване. Спрямо „нулевите“ проби това изменение е в рамките на 62 %. На фигура 8 графично е представено изменението на якостта при огъване на MDF във функционална зависимост от съдържанието на лигносулфонат. Статистическа обработка на резултатите е представена на фигура 10.



Фигура 9. Изменение на якостта при огъване на MDF, в зависимост от съдържанието на калциев лигносулфонат.

Графично изразяване:



Статистически данни:

Series	E_m	F_{max}	f_m	l_1	t	b
$n = 4$	N/mm^2	N	N/mm^2	mm	mm	mm
$\bar{x}$	2390	715	34.6	120	8.668	50
s	549	219	10.8	0.000	0.1493	0.000
v	23.00	30.65	31.32	0.00	1.72	0.00

Фигура 10. Статистическа обработка на резултатите по отношение на изменение на якостта при огъване на MDF в зависимост от съдържанието на фенолформалдехидна смола и калциев лигносулфонат.

При опитите якостта на огъване се изменя от 24 до 34,7 N.mm⁻². Най – висока якост при огъване се наблюдава при плочи с 10 % лигносулфонат. Якостта при огъване се увеличава при съдържание на лигносулфонат от 0 до 10 %, а след преминаване на тази граница се наблюдава спад (инфлексна точка). Най-ниска стойност на огъване се отчита при плочи със съдържание на лигносулфонат – 0 и 20 %, като стойностите са съизмерими, с разлики в границите на статистическата грешка.

С добавяне до 10 % калциев лигносулфонат, якостта при огъване на плочите се подобрява от 25 N.mm⁻² при тези без наличие на лигносулфонат, до 35 N.mm⁻², т.е. общо подобрение за изследвания показател от 1,4 пъти.

По отношение изискванията за якост при огъване всички плочи отговарят за общо предназначение и употреба в суха среда, докато плочите получени с 15 % съдържание на калциев лигносулфонат отговарят на изискванията към плочи с общо предназначение и употреба във влажна среда. Плочите с 5 и 10 %, отговарят на изискванията съответно за носещи конструкции и респективно за употреба в суха среда (с 5 % лигносулфонат) и за влажна среда (с 10 % лигносулфонат).

На фигура 11 е представено изменението в модула на еластичност на MDF в зависимост от съдържанието на калциев лигносулфонат.

При условията на експеримента, съдържанието на фенолформалдехидна смола от 6 % и съдържание на лигносулфонат от 0 до 20 %, модула на еластичност се изменя от 2868 до 4254 N.mm⁻². Най-ниска стойност се отчита при плочи без съдържание на калциев лигносулфонат, а най-добри резултати - с 10 %. След преминаване на тази граница, в изследвания показател се наблюдава спад. Влошаването на показателите на плочите с участие на лигносулфонат между 10 и 15 % не е голямо, докато при преминаване от 15 до 20 %, спада е значителен.

Подобрението в стойностите на показателя модул на еластичност при огъване с добавяне на 10 % лигносулфонат в сравнение с тези без лигносулфонат е 1,5 пъти.



Фигура 11. Изменение на модула на еластичност на MDF, в зависимост от съдържанието на калциев лигносулфонат.

По отношение на показателя модул на еластичност при огъване, всички плочи получени с участието на калциев лигносулфонат (от 5 до 20 %) отговарят на изискванията по стандарт за общо предназначение и употреба във влажна среда. Тези плочите отговарят и на изискванията за носещи конструкции.

При изследване якостните показатели (якост при огъване и модул на еластичност при огъване) на получените в лабораторни условия плочи тип MDF, се наблюдава спад в резултатите след увеличаване на съдържанието на лигносулфоната с повече от 10 %. Обяснение на тези резултати, може да се търси в по-голямата крехкост на плочите, която се получава при повишение на съдържанието на лигносулфонат или от повишеното съдържание на паро-газови смеси получени в процеса на пресоване. Това се дължи на високото влагосъдържание в дървесно-влакнестата маса породено от увеличеното съдържание на лигносулфонат, които се въвежда под формата на емулсия. За да се даде по-конкретен отговор на този въпрос би следвало да се изследват и други фактори оказващи влияние в процеса на формиране на физико-механичните показатели на готовите MDF.

На фигура 12 е представено изменението на набъбването по дебелина на MDF във функционална зависимост от съдържанието на калциев лигносулфонат.



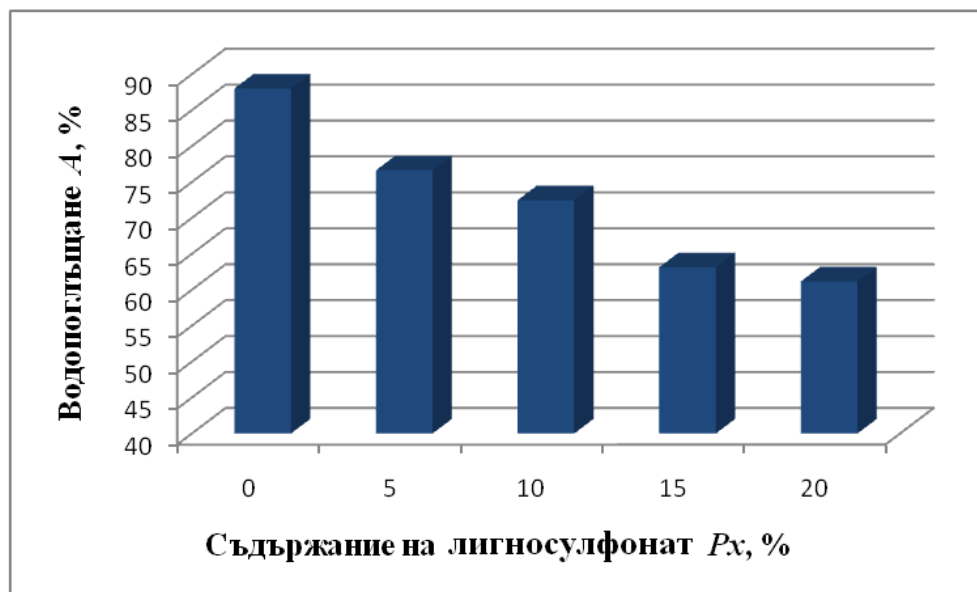
Фигура 12. Изменение на набъбването по дебелина на MDF, в зависимост от съдържанието на калциев лигносулфонат.

Резултатите относно показателя набъбване по дебелина, за плочите без калциев лигносулфонат, отразяват приблизително 50 % набъбване по дебелина, а при влагането му от 15 до 20 % от масата на плочите, набъбването чувствително намалява до 20 %. Подобрението е с 40 % върху изследвания показател.

С увеличаване съдържанието на лигносулфонат от 0 % до 20 % набъбването по дебелина се понижава. За разлика от изследваните механични свойства, тук не се наблюдава инфлексна точка. Като цяло с добавянето на калциев лигносулфонат, набъбването по дебелина се понижава от 54 % до 22 % или подобрението на показателя е точно два пъти. Това показва, че лигносулфоната е много подходящ за употреба при производството на плочи от дървесни влакна със средна плътност (тип MDF), предназначени за експлоатация във влажна среда.

Най-значително подобрение се наблюдава с увеличаване на съдържанието на лигносулфоната от 10 до 15 %. С увеличаване на съдържанието на лигносулфонат от 15 % до 20 % се наблюдава незначително подобрение в набъбването по дебелина. Следователно както от икономическа, така и от технологична гледна точка е необосновано увеличаване на съдържанието на калциев лигносулфонат над 15 %, с оглед постигане по-добри водоотблъскващи свойства на плочите.

На фигура 13 е представено изменението на водопогълщането на MDF във функционална зависимост от съдържанието на лигносулфонат.



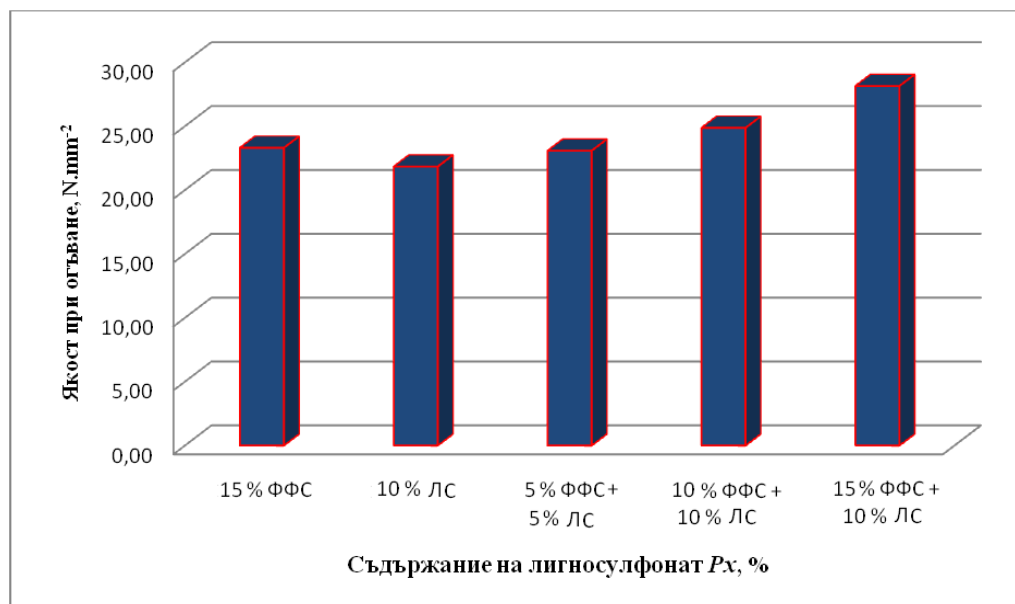
Фигура 13. Изменение на водопогълщането на MDF, в зависимост от съдържанието на калциев лигносулфонат.

Относно показателя водопогълщане на MDF получени в отсъствието на калциев лигносулфонат, стойността на параметъра надхвърля 85 %, а при влагането му от 15 до 20 % от масата на плочите, водопогълщането достига нива под 60 %. Резултатите от изследванията показват, че подобрението е с повече от 73 % върху този показател.

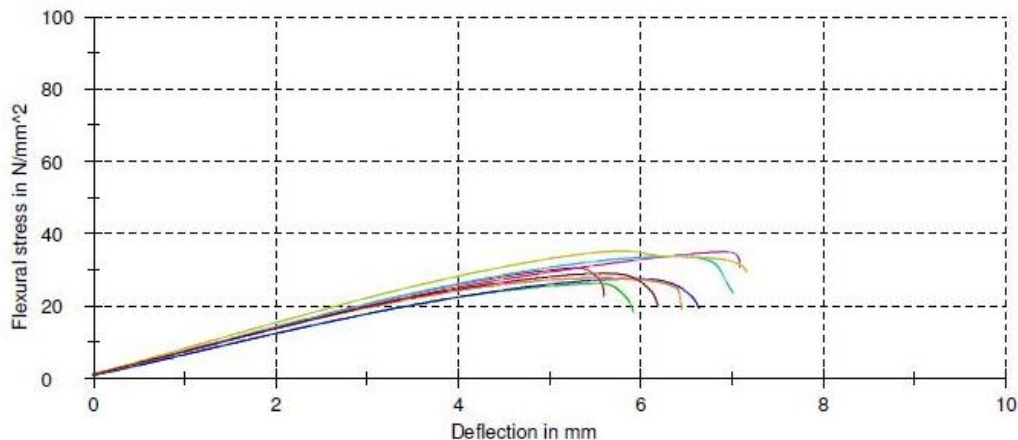
При показателя водопогълщане се наблюдава подобрене с увеличаване съдържанието на лигносулфонат от 0 % до 20 %, респективно стойността на показателя е 88 % при 0 % съдържание на лигносулфонат и 61 % при 20 % съдържание на лигносулфонат. Наблюдават се два основни спада при стойностите на показателя при прибавяне на 5 % лигносулфонат и при увеличаването му от 10 до 15 %. Стойностите на показателя водопогълщане при 15 % и 20 % са съизмерими. Това показва, че и при този показател е необосновано увеличаване на съдържанието на калциев лигносулфонат с повече от 15 %.

Интересно е, че при производството на плочите без участието на фенолформалдехидна смола в състава им, а само при 10 % участие на калциев лигносулфонат се постига якост при огъване от 22 N.mm^{-2} , което е стойност близка до

изискванията по стандарт. При участие на 5 % ФФС + 5 % калциев лигносулфонат се следва тенденцията за увеличаване якостта при огъване. Това се запазва до увеличаване съдържанието на смола до 15 % + 10 % лигносулфонат.



Фигура 14. Изменение якостта при огъване на MDF в зависимост от съдържанието на фенолформалдехидна смола и калциев лигносулфонат.

Графично изразяване:**Статистически данни:**

Series n = 8	E_m N/mm ²	F_{max} N	f_m N/mm ²	I_1 mm	t mm	b mm
$\bar{x}$	3650	352	30.6	160	7.55	48.55
s	307	32.5	3.57	0.000	0.1195	0.2
v	8.42	9.24	11.65	0.00	1.58	0.41

Фигура 15. Статистическа обработка на резултатите по отношение на изменение на якостта при огъване на MDF в зависимост от съдържанието на фенолформалдехидна смола и калциев лигносулфонат.

При производството на MDF с показатели покриващи изискванията зададени по стандарт, концентрацията на фенолформалдехидната смола варира от 5 до 15 %, докато концентрацията на калциев лигносулфонат е от 5 – 10 %. След надвишаването на участие на фенолформалдехидната смола с повече от 15 %, ефекта е отрицателен, а участието на лигносулфоната над 10 % - не променя показателите на изследваните параметри.

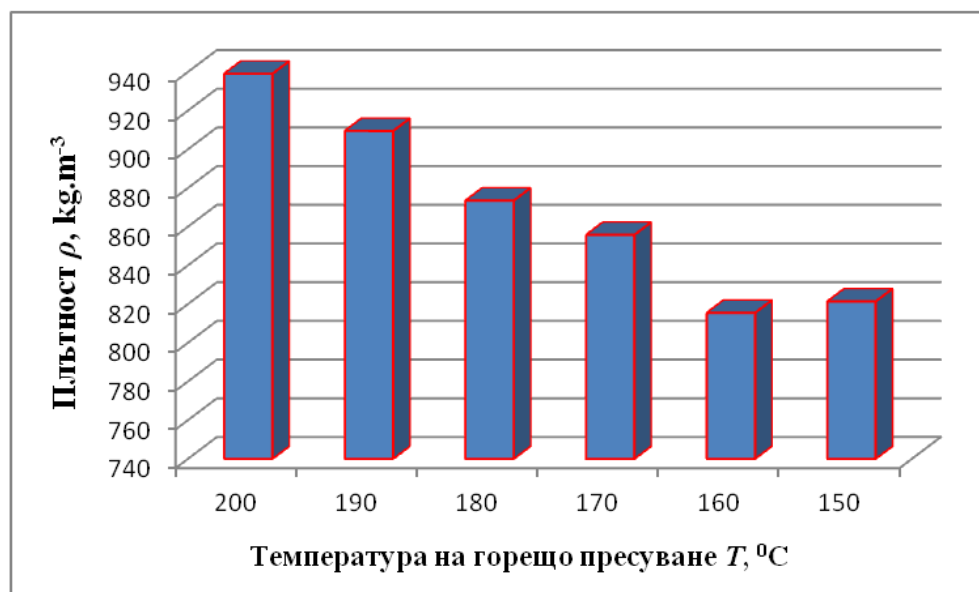
Добавянето на 10 % лигносулфонат може да редуцира влагането на смола с около 10 % при запазени физико-механични показатели (фиг. 14). Статистическа обработка на данните е представена на фигура 15.

Това би довело до съответно намаляване на емисиите на свободен формалдехид в готовата продукция и е доказателство, че калциев лигносулфонат може успешно да се използва като заместител на традиционните свързващи вещества използвани при производството на ПДВ (тип MDF), което значително да намали вредните емисии в тях.

1.2.4.2. Изследване на възможностите за получаване на екологични плочи от дървесни влакна с добавяне на лигносулфонат и без използване на смола.

Изследвано е влиянието на температурата на пресоване върху плътността на плочи получени с добавяне на 10 % лигносулфонат в отсъствието на смола.

При вариране на температурата на пресоване се наблюдава логичната закономерност за подобряване на физико-механичните показатели респективно с повишаване на температурата (фигури 16- 20).



Фигура 16. Изменение на плътността на MDF с лигносулфонат в зависимост от температурата на горещо пресоване.

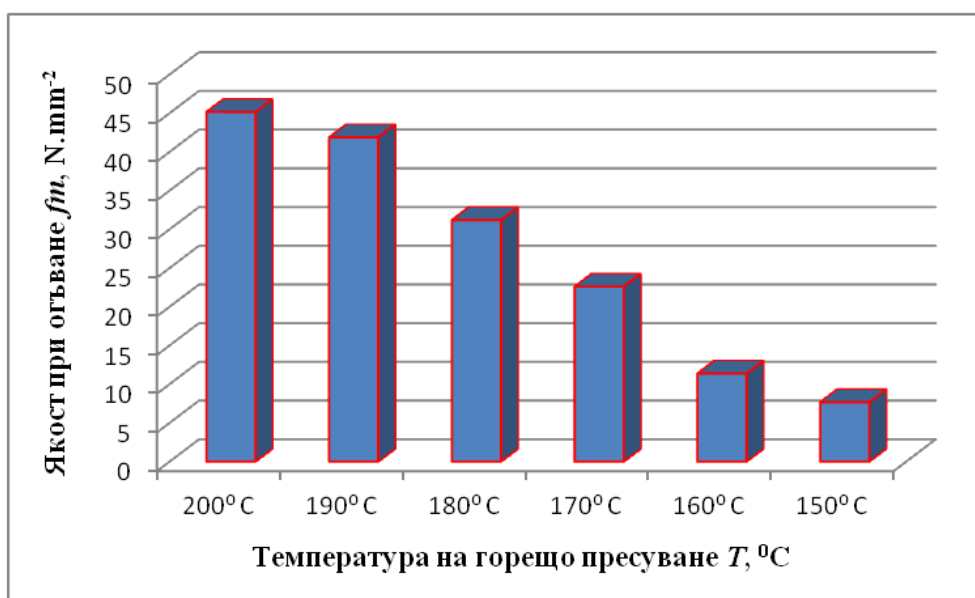
Висока плътност на плочите от 900 kg.m^{-3} , се получава само при плочи произведени при температура на пресоване от 200°C и 190°C (фиг. 16). При тези две температури дебелината на плочите е 6 mm. При плочи, произведени при температура от 180°C се наблюдава увеличаване на дебелината до стойност от 7,4 mm за сметка на намаляване на плътността. Значим спад на плътността на плочите се наблюдава при температури на пресоване от 160 и 150°C . Тук плътността на плочите е със 70 kg.m^{-3} по-малка, отколкото при плочите произведени при температура на горещо пресоване от 200°C . Дебелината на последните две плочи достига 9,2 mm.

Следователно при температури на горещо пресоване по-малки от 190°C , при MDF единствено с участие на калциев лигносулфонат, без допълнителни свързващи вещества,

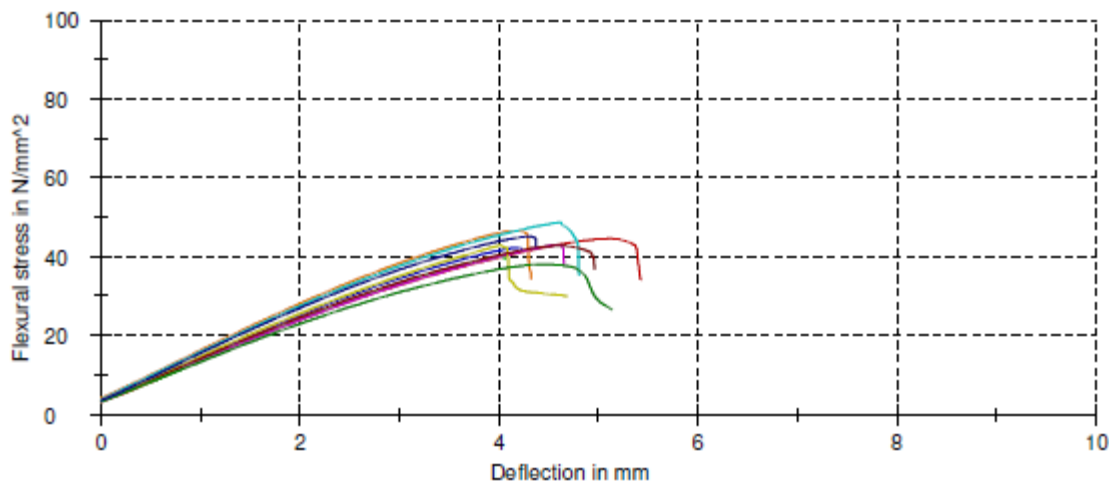
не се създават устойчиви връзки или връзките са недостатъчно на брой и сила, в резултат на което се получава разпресоване на плочите.

Якостта при огъване на MDF с лигносулфонат, при различните изследвани температури на горещо пресоване се изменя от 45 до 7,7 N.mm⁻² (фиг. 17). Статистическа обработка на резултатите е представена на фигура 34.

С изменение на температурата на горещо пресоване от 200 до 150° C, якостта при огъване на плочите намалява с 5,8 пъти. Следователно по отношение на този експлоатационен показател, температурата при горещо пресоване е фактор с много силно влияние. Плочите, произведени при температура на пресоване от 190 и 200° C имат сходни стойности за якостта при огъване. Като по отношение на този показател те отговарят на най-високия клас по якост, а именно за MDF с повишена товароустойчивост за носещи конструкции. При температура на пресоване от 180° C плочите отговарят на изискванията за общо предназначение. За останалите плочи, произведени при температури под 180° C, якостта при огъване не отговарят на изискванията по стандарт.



Фигура 17. Изменение на якостта при огъване на MDF с лигносулфонат в зависимост от температурата на горещо пресоване.

Графично изразяване:**Статистически данни:**

Series n = 10	E_m N/mm ²	F_{max} N	f_m N/mm ²	l_1 mm	t mm	b mm
$\bar{x}$	4990	346	43.3	120	5.34	50.39
s	363	25.0	3.06	0.000	0.06992	0.3814
v	7.28	7.23	7.07	0.00	1.31	0.76

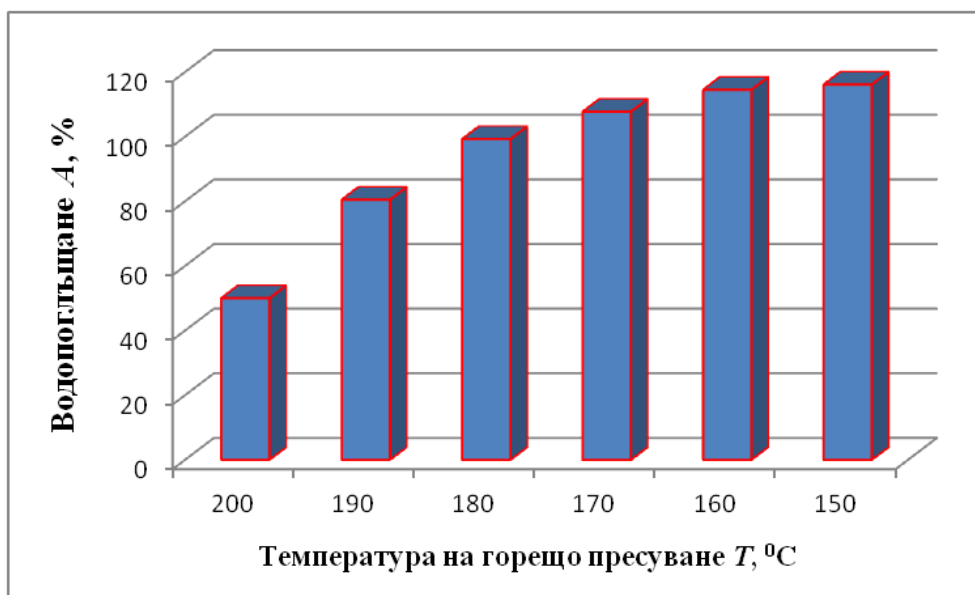
Фигура 18. Статистическа обработка на резултатите по отношение на изменение на якостта при огъване на MDF с лигносулфонат в зависимост от температурата на горещо пресоване.

При понижение на температурата от 190 до 160° C се наблюдава значително, с постоянен темп, намаляване на якостта при огъване. Якостта при огъване на плочите, произведени при температура от 150 и 160° C е сходна и е значително (три пъти) по-ниска от изискуемата по стандарт.

Данните за водопоглъщане на MDF с участието на лигносулфонат, показват, че температурата на горещо пресоване и тук се явява фактор с много силно влияние. Водопоглъщането на плочите се изменя от 50 до 116 %, при намаляване на температурата от 200 до 150° C. (фиг. 19).

При този експлоатационен показател се наблюдава равномерно влошаване при намаляване на температурата от 200 до 180° C. За разлика от якостта при огъване, при водопоглъщането още с намаляване на температурата от 200 до 190° C се наблюдава

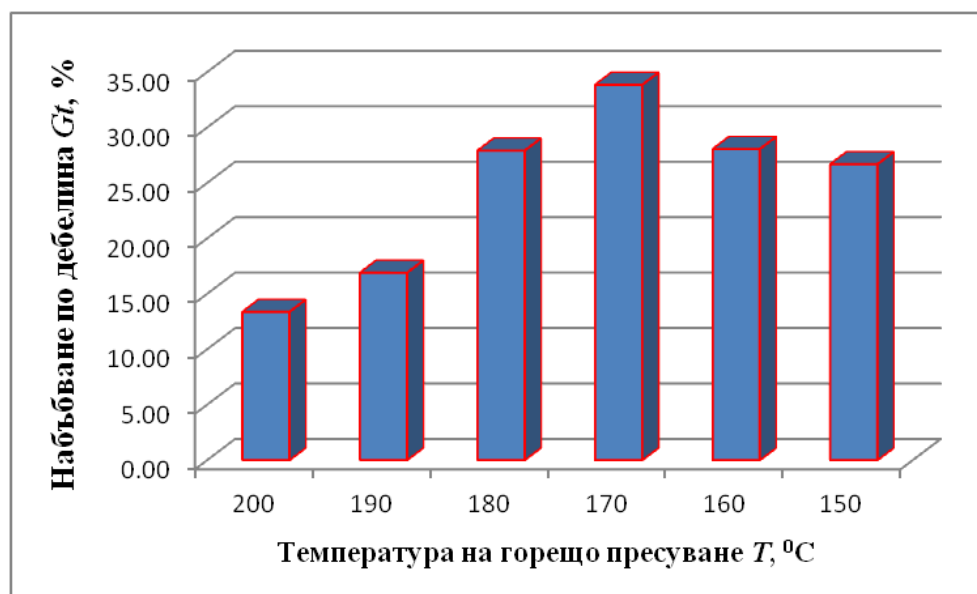
увеличаване на водопоглъщането с 30 % или относително влошаване на показателя с близо 60 %. Влошаване на показателя тенденциозно се наблюдава и с намаляване на температурата на пресоване от 190 до 180° C, което е с около 20 %. При температури от 170, 160 и 150° C се наблюдават сходни стойности във водопоглъщането. Следователно и по отношение на този показател температурата на пресоване не следва да е под 190° C.



Фигура 19. Изменение на водопоглъщането на MDF с лигносулфонат в зависимост от температурата на горещо пресоване.

Набъбването по дебелина на плочите MDF произведени с лигносулфонат при условията на експеримента се изменя от 13 до 33 % (фиг. 20).

Най-добро набъбване от 13 % се наблюдава при MDF с температура на горещо пресоване от 200° C. Тези плочи, както и плочите получени при температура на пресоване от 190° C, отговарят на изискванията към показателя за употреба във влажна среда. Много чувствително е влошаването в показателя при понижаване на температурата на горещо пресоване до 180° C. Плочите получени под тази температура имат сходни стойности по отношение на набъбването по дебелина. Обяснение на това явление може да се търси с факта, че плочите произведени при температура под 180° C са поели повече вода, връзките в тях са по-малко на брой, микропоровото пространство е по-голямо и те имат относително по-малко набъбване.



Фигура 20. Изменение набъбването по дебелина на MDF с лигносулфонат в зависимост от температурата на горещо пресоване.

На таблицата по-долу са представени резултати за физико-механичните свойства на произведените плочи с лигносулфонат, при вариране на температурата на горещо пресоване. Данните са представени в таблица 6.

Таблица 6. Обобщени резултати за експлоатационните показатели на MDF с лигносулфонат, при вариране температурата на горещо пресоване.

Номер на плочата №	Температура на пресоване T, °C	Плътност ρ , kg.m ⁻³	Якост при огъване f_m , N.mm ⁻²	Водопоглъщане A, %	Набъбване по дебелина Gt, %
1.	200	939	45,2	50,0	13,4
2.	190	909	41,9	80,5	16,9
3.	180	874	31,2	99,3	27,9
4.	170	855	22,6	107,7	33,9
5.	160	815	11,4	114,5	28,1
6.	150	821	7,7	116,1	26,7

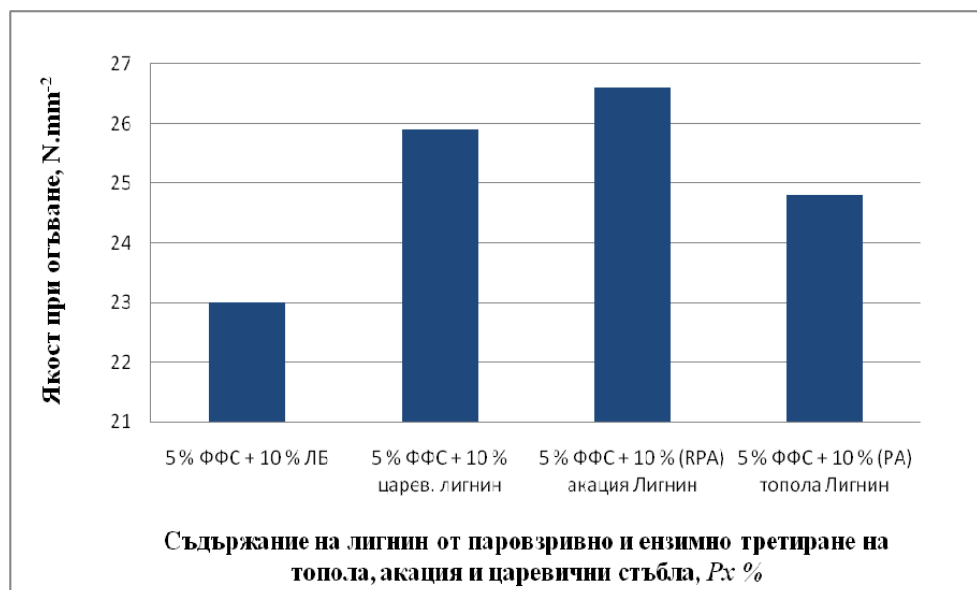
Проведените изследвания с влагане на лигносулфонат без използване на смола показват, че при по-ниски температури от 190° C не могат да се получат плочи тип MDF с необходимите комплексни физико-механични показатели. При температура от 200° C се получават плочи с висока плътност с добри експлоатационни показатели.

1.2.5. Свойства на плочите тип MDF получени след добавяне на лигнин от паровзривно и ензимно третиране на тополя, акация и царевични стъбла.

Направен е химичен анализ на всички лигнинови продукти от паровзривно и ензимно третиране на тополя, акация и царевични стъбла използвани за получаване на MDF плочи, който е представен в таблица 7. Вижда се, че за разлика от техническия хидролизен лигнин, лигнинът след ензимна хидролиза съдържа значително количество целулоза. Съдържанието на минерални вещества в тези лигнини е минимално.

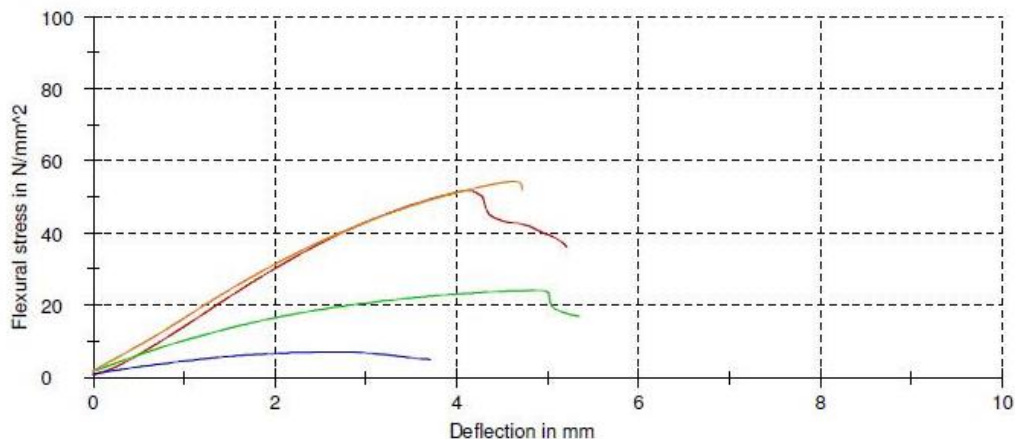
Таблица 7. Резултати от химичен и елементен анализ лигнинови продукти от паровзривно и ензимно третиране на тополя, акация и царевични стъбла.

Ензимни лигнинови продукти		Акация	Топола	Царевица
Химичен състав	Целулоза, %	40.7	48.0	39.5
	Лигнин, %	59.1	51.3	54.0
	Минерални в-ва, %	0.1	0.2	6.0
Елементен състав	C, %	53.6	53.2	51.0
	H, %	6.0	6.0	5.8
	N, %	1.0	1.0	1.4
	O, %	39.3	39.6	35.8



Фигура 21. Изменение на якостта при огъване на MDF в зависимост от съдържанието на фенолформалдехидна смола и лигнин от паро-взривно и ензимно третиране на тополя, акация и царевични стъбла.

Графично изразяване:



Статистически данни:

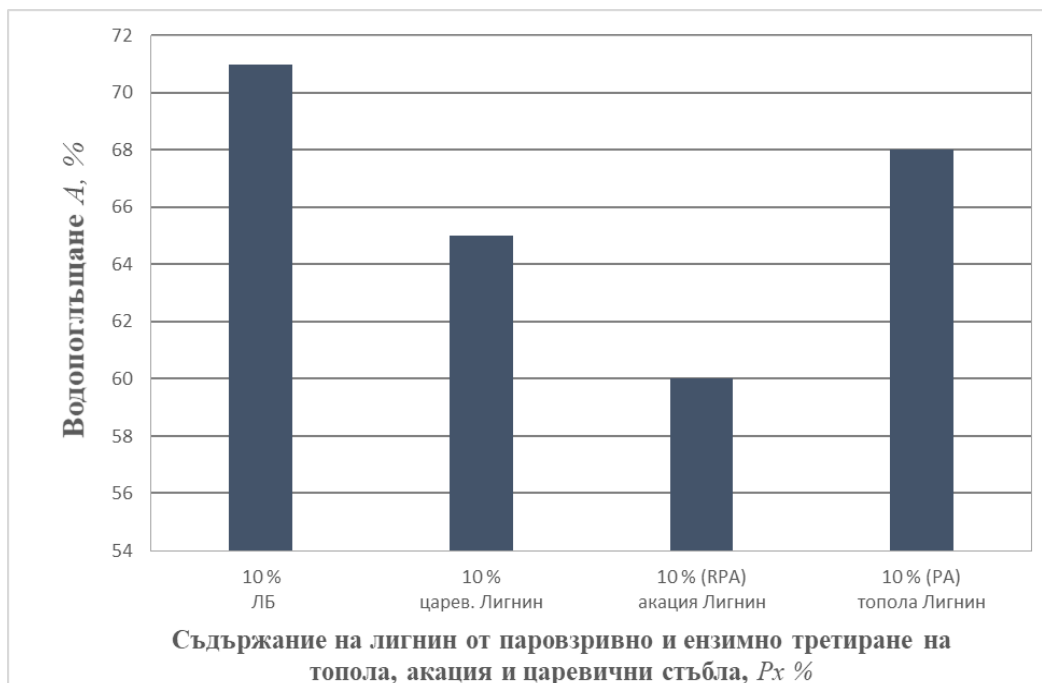
Series n = 4	E_m N/mm ²	F_{max} N	f_m N/mm ²	I_l mm	t mm	b mm
x	3880	637	34.3	120	8.05	50
s	1080	447	22.8	0.000	0.2753	0.000
v	27.79	70.14	66.37	0.00	3.42	0.00

Фигура 22. Статистическа обработка на резултатите по отношение на изменение на якостта при огъване на MDF в зависимост от съдържанието на фенолформалдехидна смола и лигнин от паро-взривно и ензимно третиране на тополя, акация и царевични стъбла.

На фигура 21 са представени сравнителни резултати от изпитания на плочи получени с участието на лигнин от паро-взривно и ензимно третиране на топола, акация и царевични стъбла и лигносулфонат. Вижда се, че ензимните лигнинови продукти дават малко по-добри якостни показатели спрямо лигносулфоната. Това може да се обясни с химичния състав и по-доброто свързване на лигнина с дървесно-влакнестата маса в процеса на олепиляване, сушене и пресоване. Статистическа обработка на резултатите е представена на фигура 22.



Фигура 23. Изменение на набъбването по дебелина на MDF, в зависимост от съдържанието на лигнин от паро-взривно и ензимно третиране на топола, акация и царевични стъбла.



Фигура 24. Изменение на водопоглъщането на MDF, в зависимост от съдържанието на лигнин от паро-взривно и ензимно третиране на топола, акация и царевични стъбла.

На фигури 23 и 24 са представени сравнителни резултати от изпитания на плочи получени с участието на ензимни лигнинови продукти на бързорастящи дървесни видове спрямо тези с калциев лигносулфонат. От направения анализ е видно, че плочите произведени с ензимните лигнинови продукти имат по-добри резултати по отношение на набъбването по дебелина (фиг. 23), както и при водопоглъщането (фиг. 24) в сравнение с MDF с участието в състава им на калциев лигносулфонат.

За разлика от предходните два лигнинови продукта, получените на база ензимна хидролиза са извлечени без използването на химични реагенти и се явяват отпадъчен продукт от едно ново и перспективно производство на Биоетанол (второ поколение). При очакваното разрастване на производството на Биоетанол, ензимните лигнинови продукти се очертават, като перспективна суровина при производство на плочи от дървесни влакна тип MDF.

ИЗВОДИ

В резултат от извършеното изследване, относно влиянието на лигниновите продукти върху експлоатационните показатели на плочи от дървесни влакна със средна плътност тип MDF, могат да се направят следните изводи:

1) Плочи от дървесни влакна със средна плътност могат да се получат с добавяне на отпадъчен технически хидролизен лигнин. Лигнинът вложен след олепиляване на дървесната маса играе роля по-скоро на пълнител, докато едновременно му смесване с влакната и смолата подобрява адхезията и дава възможност за получаване на плочи тип MDF при намалено съдържание на фенолформалдехидна смола.

2) Калциевият лигносулфонат играе роля на естествен адхезив, който се добавя безпроблемно във вид на разтвор в дървесно-влакнестата маса и спомага за получаване на плочи с много добри физико-механични показатели.

3) Лигносулфонатите могат успешно да се използват като заместители на традиционните свързващи вещества, използвани в производството на плочите от дървесни влакна тип MDF, като спомагат да се намалят значително вредните емисии от тях.

4) Влагането на калциев лигносулфонат без използване на смола позволява да се получат плочи с добри показатели, но с висока плътност.

5) Лигнинът получен след паро-взривно и ензимно третиране на топола, акация или царевични стъбла, се явява сравнително най-ефективен като добавка при производството на плочи от дървесни влакна със средна плътност (MDF).

6) Очакваното разрастване на производството на Биоетанол е предпоставка, ензимните лигнинови продукти да се превърнат в предпочитана и ефективна суровина за производството на екологични плочи от дървесни влакна тип MDF.

НАУЧНИ ПРИНОСИ

1) За пръв път е доказана възможността за получаването на плочи от дървесни влакна със средна плътност тип MDF с участието в състава им на технически хидролизен лигнин и калциев лигносулфонат, които отговарят на изискванията по стандарт.

2) Доказано е, че влагането на технически хидролизен лигнин съвместно със смолата в процеса на олепиляване на дървесно-влакнестата маса, се осигурява по-доброто им взаимодействие и това води до по-добри физико-механични показатели на плочите.

3) Установена е възможността за получаване на екологични MDF плочи при занижен разход на фенолформалдехидна смола и участието на лигнинови продукти, явяващи се заместители на традиционните свързващи вещества.

СПИСЪК НА НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ И ДОКЛАДИ

Публикации в списания с IF:

1. N. Yotov, I. Valchev, S. Petrin, V. Savov, Lignosulphonate and waste technical hydrolysis lignin as adhesives for eco-friendly fiberboard, Bulgarian Chemical Communications, Volume 49, Special Issue L (pp. 92 – 97) 2017.

Публикации в списания без IF:

1. N. Yotov, V. Savov, S. Petrin, I. Valchev, V. Karatotev, Study on possibility for the utilization of technical, hydrolysis, lignin in composition of medium density fiberboard, Innovations in woodworking industry and engineering design, Volume 6, 2, 69 – 74, 2017.
2. N. Yotov, I. Valchev, V. Savov, MDF obtaining by addition of lignin products, Pulp and Paper Bulgaria, Volume 1, (pp. 18 – 21), 2018.

Доклади на международни конференции с пълен текст:

1. N. Yotov, V. Savov, St. Petrin and I. Valchev, Lignosulphonate and waste technical hydrolysis lignin as adhesives for eco-friendly fibreboard, Ninth National Conference on Chemistry St. Kliment Ohridski University of Sofia Faculty of Chemistry and Pharmacy, Bulgaria, Sofia 29 September - 1 October 2016.
2. N. Yotov, V. Savov, S. Petrin, I. Valchev, V. Karatotev, Study on possibility for utilization of technical, hydrolysis, lignin in composition of medium density fiberboard, 8th International scientific and technical conference - Innovations in woodworking industry and engineering design, Yundola, 03 - 05 November, 2016.