

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА СЪДЪРЖАНИЕТО НА СВЪРЗВАЩО ВЕЩЕСТВО ВЪРХУ ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА ТВЪРДИ ПДВ

Виктор Савов

Лесотехнически Университет – София, e-mail: victor_savov@abv.bg

РЕЗЮМЕ

Плочите от дървесни влакна са хомогенен дървесен композитен материал, с дисперсна фаза – дървесни влакна, а ролята на матрица изпълняват свързващите вещества (адхезионни връзки) и кохезионните връзки формиращи се между дървесните елементи. Ролята и значението на двата основни вида връзки за крайните показатели на плочите е различна в зависимост от метода на производство. Адхезионните връзки имат голямо значение при производството на ПДВ по сух метод.

В настоящият доклад е представено изследване за влиянието на съдържанието на свързващо вещество, при използване на фенолформалдехидни смоли, върху експлоатационните показатели на твърди ПДВ, произведени по сух метод, от дървесина на твърди широколистни дървесни видове. За целта е проведен планиран експеримент в лабораторни условия. Определени са коефициентите на корелация и са изведени функционални зависимости между съдържанието на свързващо вещество и експлоатационните показатели на плочите. Извършен е анализ на резултатите, като са изведени съответни изводи.

Ключови думи: ПДВ, съдържание на свързващо вещество, фенолформалдехидна смола, корелация

УВОД

Поради равномерната си структура и добрите си експлоатационни показатели твърдите ПДВ намират широко приложение в производството на мебели, строителството, промишлеността и бита.

Свързващите вещества, прибавяни към дървесновлакнестата маса, особено при производството на ПДВ по сух метод, изпълняват основна роля за формирането на продукт на дървесна основа с проектирани свойства. При производството на твърди ПДВ в качеството на свързващи вещества основно се използват фенолформалдехидни смоли.

В България в последните десетилетия не са извършвани изследвания за установяване влиянието на съдържанието на свързващо вещество, при производство на

твърди ПДВ по сух метод, от дървесина на широколистни дървесни видове.

Представеното по-горе обуславя актуалността на проблемите, засягащи влиянието на съдържанието на свързващо вещество, при използване на фенолформалдехидни смоли, върху експлоатационните показатели на твърди ПДВ.

СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА

Изграждането на здрави адхезионни връзки между дървесните елементи е основен процес при повечето промишлени приложения на дървесината. При повечето дървесни продукти якостта на лепилното съединение е един от основните фактори, определящи експлоатационните показатели на готовата продукция. За разлика от тях, при производството на ПДВ от съществено значение са не само адхезионните

връзки, а също така броя и якостта на изградените кохезионни връзки. Въпреки това при повечето процеси на производство на ПДВ, е необходимо добавяне на свързващи вещества, които в течно състояние контактуват и взаимодействат с повърхностите на влакната, и посредством които, чрез втвърдяване, се формират адхезионни сили на свързване, като тяхната сила е сравнима с тази на кохезионните сили. Този тип връзки, адхезионните, са с основно значение при сухият метод на производство на ПДВ (Цолов, В., Дончев, Г.).

Свързването на дървесните влакна посредством използването на свързващо вещество налага фазово преминаване на последното от течно в твърдо състояние. Това се осъществява след като свързващото вещество, в течно състояние, е осъществило контакт с дървесните влакна и между тях са се формирали водородни връзки. Якостта на лепилното съединение, зависи основно от това дали фазовото преминаване е обратимо или не. Ако преминаването е обратимо, то при условия на повишена температура и/или водна среда, кохезионната якост на свързващото вещество ще се намали (лепилното съединение ще деструктира). Ако преминаването е необратимо, то лепилното съединение ще има повишена топло- и водо-устойчивост, като дори е възможно то да е напълно топло и водоустойчиво (при конкретните условия на експлоатация на изделието).

Фазовото преминаване на фенолформалдехида и карбамидформалдехида се извършват посредством протичане на химична реакция, дължаща се на промяна в киселинният фактор – рН, на повишена температура или и на двата фактора действащи едновременно, в резултат на което е необратима.

Фенолформалдехидната смола (ФФС) формира водо- и топло-устойчиво лепилно съединение; лепилното съединение при използването на карбамидформалдехидна смола (КФС) има задоволителна водоустойчивост, но не е годно за експлоатация на открито.

Като оптимални стойности при използване на ФФС в производството на твърди ПДВ, по сух метод, се посочват стойности от 3,5 до 5,5 %, а за КФС от 6 до 8 % (Woodston, E.G). Следва да се подчертае, че при определянето на процентния дял на свързващите вещества значителна роля изпълняват изискванията към крайният продукт. От съществено значение са вида на дървесната суровина, показателите на дървесновлакнестата маса и на дървесновлакнестия килим, режимът на горещо пресуване, и др.

В България в последните десетилетия не са извършвани изследвания за установяване влиянието на съдържанието на свързващо вещество, при производство на твърди ПДВ по сух метод, от дървесина на широколистни дървесни видове. Което обуславя да се изследва влиянието на съдържанието на свързващо вещество върху експлоатационните показатели на ПДВ. Изследването следва да обхваща по-голям диапазон от горе споменатия, за да се установи след какъв процент е технологично обосновано да се повишава делът на свързващите вещества.

МЕТОД НА РАБОТА

За изследване влиянието на съдържанието на свързващо вещество върху експлоатационните показатели на твърди ПДВ се произведоха в лабораторни условия плочи с различно количество свързващо вещество, съгласно матрицата представена в табл. 1.

Експлоатационните показатели на ПДВ се определят съгласно изискванията и условията на актуалните БДС в областта.

Данните за експлоатационните показатели от пробните тела за всяка ПДВ ще се обработват по метода на вариационната статистика.

Таблица 1. Матрица на опитите

№	Съдържание на свързващо вещество, %	Количество на свързващото вещество /работен разтвор/, g	Количество на влакната в сухо състояние, kg	Количество на влакната във влажно състояние, kg
1	1	40,0	0,910	1,139
2	3	120,0	0,892	1,116
3	5	200,0	0,873	1,092
4	7	240,0	0,855	1,070
5	9	320,0	0,837	1,047
6	11	400,0	0,818	1,024

След което, се определя коефициента на линейна корелация:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\nu \cdot S_x \cdot S_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1) \cdot S_x \cdot S_y} \quad (1)$$

Проверката за наличие на корелационна зависимост ще се осъществява по стандартния метод, с използване *t*-критерия на Стюdent.

$$t_{изч} = \frac{r_{xy}}{S_r}, \quad (2)$$

където:

$$S_r = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}}. \quad (3)$$

Изчислената по уравнение (2) стойност на *t*-критерия, се сравнява с критичната стойност при ниво на значимост $\alpha = 0,05$ и степени на свобода $\nu = n - 2$. Ако е изпълнено неравенството:

$$|t_{изч}| < |t_{kp}|, \quad (4)$$

то няма основание за отхвърляне на хипотезата за отсъствие на корелация. В противен случай се приема, че между двете величини съществува корелация. При потвърждаване на последния вариант следва да изведе функционална зависимост между съдържанието на свързващо

вещество и експлоатационните показатели на плочите. В практиката най-често, като експериментални данни, получени чрез измервания се получават стойности на приближената функция за различни стойности на аргумента, се търси апроксимиращ полином, като степента на полинома рядко е по-висока от втора. За решаването на тази задача, най-широко приложение намира метода на най-малките квадрати.

Когато апроксимиращата функция е полином от втора степен, коефициентите на полинома се определят от системата:

$$\begin{cases} (n+1)b_0 + b_1 \sum_{i=0}^n x_i + b_{11} \sum_{i=0}^n x_i^2 = \sum_{i=0}^n y_i \\ b_0 \sum_{i=0}^n x_i + b_1 \sum_{i=0}^n x_i^2 + b_{11} \sum_{i=0}^n x_i^3 = \sum_{i=0}^n x_i y_i \\ b_0 \sum_{i=0}^n x_i^2 + b_1 \sum_{i=0}^n x_i^3 + b_{11} \sum_{i=0}^n x_i^4 = \sum_{i=0}^n x_i^2 y_i \end{cases} \quad (5)$$

Като мярка за точност на апроксимацията се използва коефициента на детерминация:

$$R^2 = 1 - \frac{Q_\epsilon}{Q} \quad (6)$$

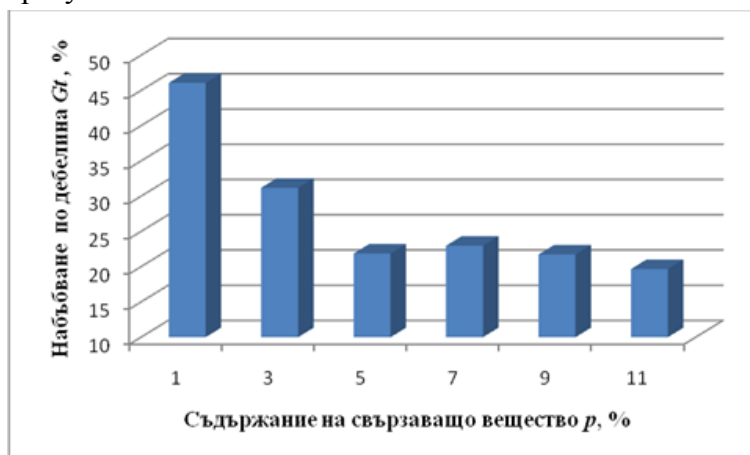
Сумата Q_ϵ отразява влиянието на неадекватността и случайната грешка, а сумата Q отразява разсейването на случайната величина около оценката на ма-

тематическото ѝ очакване (средноаритметичната стойност).

Проверката за значимост на мярката за определеност се осъществява посредством F -критерия на Фишер.

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Получените резултати за набъбване



Фиг. 1. Стойност на показателя набъбване по дебелина при различно съдържание на свързващо вещество.

Най-голямо набъбване се наблюдава при ПДВ с 1 % свързващо вещество, а най-малко при ПДВ с 11 % свързващо вещество.

Коефициентът на корелация между съдържанието на свързващо вещество и набъбването по дебелина на твърдите ПДВ е $r_{xy} = -0,85$. След проверка на хипотезата за наличие на корелация, се установи, че между съдържанието на свързващо вещество и набъбването по дебелина на твърдите ПДВ съществува корела-

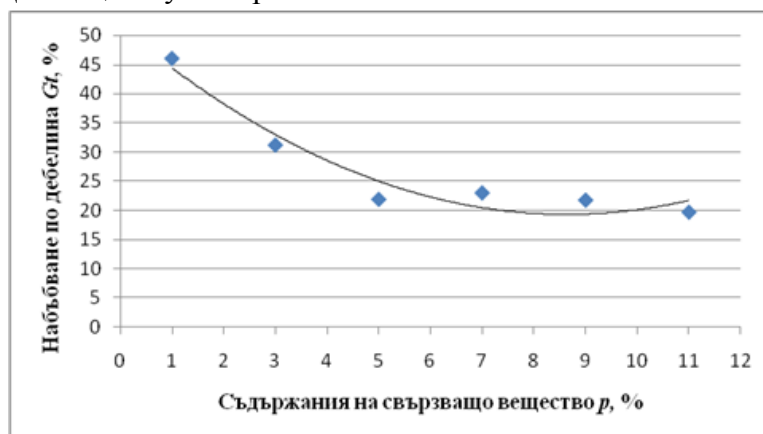
то по дебелина на отделните плочи са обработени по методите на вариационната статистика. Данните и за двата показателя са статистически значими. Отчетените стойности за набъбването по дебелина, при различно съдържание на свързващо вещество са представени на фиг. 1.

ционна зависимост. Корелационната връзка е отрицателна, т.е. с увеличаване на количеството свързващо вещество, набъбването се намалява.

Функционалната зависимост на набъбването по дебелина от съдържанието на свързващо вещество се характеризира с уравнение от вида:

$$\hat{Y} = 51,38 - 7,44 \cdot X_1 + 0,43 \cdot X_1 \cdot X_1 \quad (7)$$

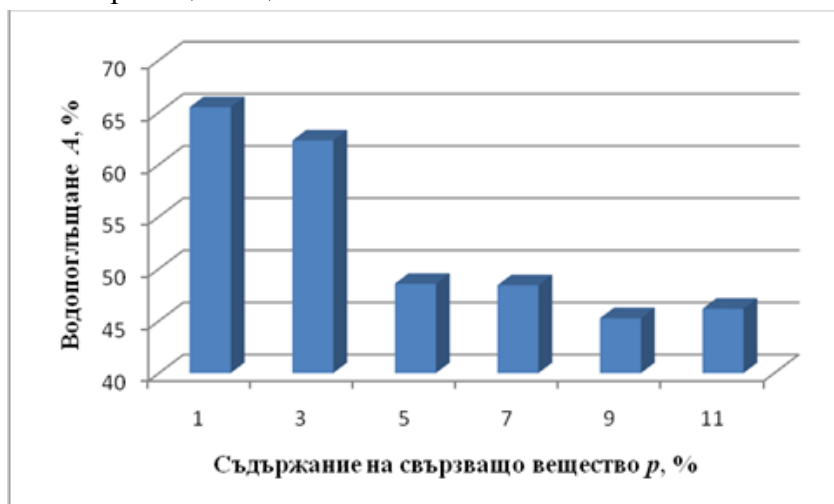
Графично зависимостта е представена на фиг. 2.



Фиг. 2. Зависимост на набъбването по дебелина от съдържанието на свързващо вещество.

Представената функционална зависимост се характеризира с коефициент на детерминация $R^2 = 0,94$. Уравнението адекватно описва изследваните процеси в разглеждания диапазон на изменение на съдържанието на свързващо вещество.

Изменението на водопоглъщането при различните стойности за съдържанието на свързващо вещество са представени в графичен вид на фиг. 3.

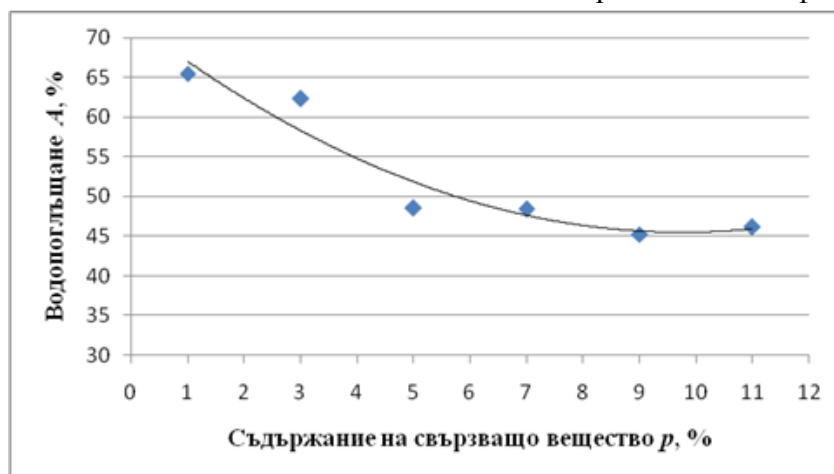


Фиг. 3. Стойност на показателя водопоглъщане при различно съдържание на свързващо вещество.

След осъществяване на проверка се установи, че съществува отрицателна корелационна връзка между съдържанието на свързващо вещество и водопоглъ-

щането на ПДВ, която се характеризира с коефициент на корелация $r_{xy} = -0,89$.

Графично зависимостта на водопоглъщането от количеството свързващо вещество е представена на фиг. 4.



Фиг. 4. Зависимост на водопоглъщането от съдържанието на свързващо вещество.

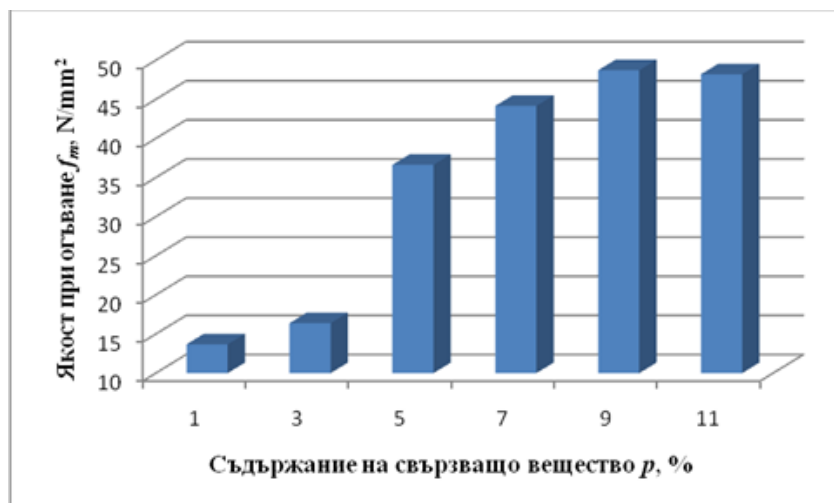
Зависимостта на водопоглъщането от съдържанието на свързващо вещество се описва с уравнение от вида:

$$\hat{Y} = 72,20 - 5,48.X_1 + 0,28.X_1.X_1 \quad (8)$$

Извършената проверка посредством F -критерия, показва, че горното уравне-

ние адекватно описва изследваната зависимост, като се характеризира с коефициент на детерминация $R^2 = 0,92$.

Получените обобщени данни за якостта при огъване на отделните плочи, обработени по методите на вариационната статистика, са представени на фиг. 5.



Фиг. 5. Стойност на показателя якост при огъване при различно съдържание на свързващо вещество.

Между съдържанието на свързващо вещество и якостта при огъване на твърдите ПДВ съществува корелационна зависимост. Корелационната връзка е положителна, като се характеризира с коефициент на корелация $r_{xy} = 0,94$.

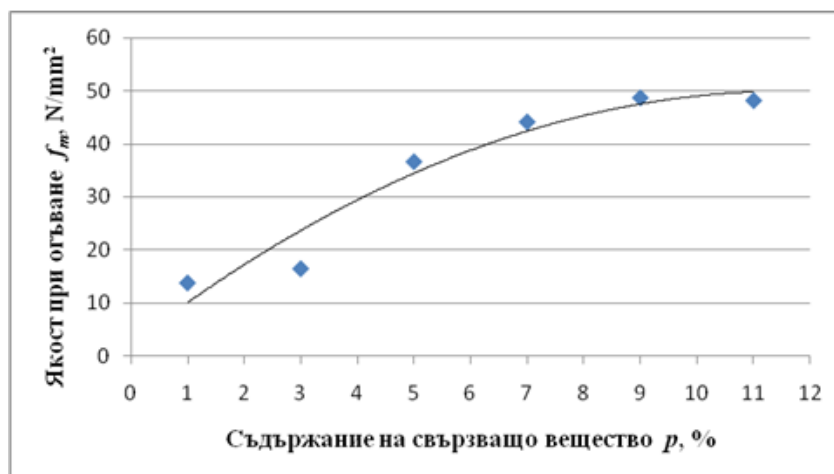
С увеличаване на съдържанието на свързващо вещество, якостта при огъване на твърдите ПДВ се подобрява, увеличава. Най-значимо подобряване на този

показател се наблюдава при увеличаване на съдържанието на смола от 3 на 5%.

Зависимостта между съдържанието на свързващо вещество и якостта при огъване на ПДВ може да се опише с апроксимираща функция от вида:

$$\hat{Y} = 2,32 + 8,20 \cdot X_1 - 0,3 \cdot X_1 \cdot X_1 \quad (9)$$

На фиг. 6 е представена графичната интерпретация на разглежданата зависимост.



Фиг. 6. Зависимост на якостта при огъване от съдържанието на свързващо вещество.

Уравнението адекватно описва изследваната зависимост, като се характеризира с коефициент на детерминация $R^2 = 0,94$ и може да се използва за предсказване на стойности за якостта при огъване на ПДВ, при диапазон на изменение на

съдържанието на свързващо вещество от 1 до 11 %.

Следва да се отбележи, че при всички показатели се отчете неоголямо влошаване при увеличаване на съдържанието на свързващо вещество от 9 на 11 %.

Възможно обяснение на това явление е увеличеното съдържание на вода на дървесновлакнения килим. Това налага изменение на съотношенията между продължителностите на отделните етапи при горещото пресуване, при увеличаване на съдържанието на свързващо вещество над 10 % в процеса по производство на твърди ПДВ по сух метод.

В резултат от провеждането на експеримента, обработването и анализа на получените резултати, могат да се изведат следните основни изводи:

1. Съществува отрицателна зависимост между съдържанието на свързващо вещество и набъбването по дебелина на ПДВ;
2. Стандартизационните изисквания към набъбването по дебелина за употреба в суха среда се достигат при 5 % свързващо вещество. Едва при плочите с 11 % свързващо вещество се покриват изискванията за ПДВ общо предназначение за употреба във влажна среда, като лабораторно произведените плочи не отговарят на изискванията към този показател при останалите видове твърди ПДВ;
3. С повишаване съдържанието на свързващо вещество, водопоглъщането на ПДВ намалява, като изследваната зависимост е с квадратичен характер;
4. С увеличаване на съдържанието на свързващо вещество, якостта при огъване се увеличава, изследваната зависимост е с квадратичен характер, като най-голям градиент се наблюдава при увеличаване на съдържанието от 3 на 5 %;

5. Плочите с 5 % свързващо вещество отговарят на стандартизационните изисквания спрямо якостта при огъване за всички видове твърди ПДВ, с изключение на тези с повишена товароустойчивост за носещи конструкции и употреба във влажна среда; ПДВ със 7 и повече процента свързващо вещество отговарят и на тези изисквания, като дори значимо ги надхвърлят.
6. Най-голямо подобряване на експлоатационните показатели на ПДВ се наблюдава при увеличаване на съдържанието на свързващо вещество от 3 на 5%, след което подобряването на експлоатационните показатели е съотносимо по-малко.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цолов, В. Дончев, Г. (2004). Технология на материалите от дървесни влакна. ИК при ЛТУ, С.
2. БДС EN 310:2007. „Плочи дървесни. Определяне на модул на еластичност при огъване и якост при огъване“.
3. БДС EN 316:2002. „Плочи от дървесни влакна. Определение, класификация и означения“.
4. БДС EN 317:2002. „Плочи от дървесни частици и от дървесни влакна. Определяне на набъбването по дебелина след потапяне във вода“.
5. БДС EN 322:199.8 „Плочи дървесни. Определяне на съдържанието на вода“.
6. БДС EN 323:2007 „Плочи дървесни. Определяне на плътността“.
7. БДС EN 622-2:2004. „Плочи от дървесни влакна изисквания; Част 2: Изисквания към твърди плочи“.
8. Woodston, E.G., Suchsland, O., (1991). Fiberboard Manufacturing Practices in the United States. United States Department of Agriculture, Forest Service. Agricultural Handbook № 640. USA, Louisiana.

STUDY ON INFLUENCE OF RESIN CONTENT OVER MAIN PROPERTIES OF DRY-FORMED HARDBOARDS

Viktor Savov

University of Forestry – Sofia, e-mail: victor_savov@abv.bg

ABSTRACT

Fiberboards are homogeneous wood-based composite material with dispersion phase – wood fibers and matrix of adhesion and cohesion binders formed between the elements. The importance of this two binder types for board's properties depends from manufacturing processes. The adhesion binders have main significance at dry-processes manufacturing.

At the report is presented study on influence of resin content over main properties of dry formed hardboards, produced from hardwood on the base of phenol-formaldehyde resin. For the purpose is implemented experiment in laboratory conditions. The correlation coefficient and functional subjections of fiberboard's properties from resin content are determinate. It is conducted analyze of the results and proper conclusions are made.

Key words: dry-formed hardboards, resin content, phenol-formaldehyde resin, correlation