



Получена: 27.07.2019 г.

Приета: 15.09.2019 г.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДВУСРЕЗНО ЛЕПЕНО СЪЕДИНЕНИЕ ДЪРВО-ДЪРВО, НАТОВАРЕНО НА НАТИСК

Т. Георгиев¹, В. Танев²

Ключови думи: дървесина, епоксидна смола, лепено съединение

РЕЗЮМЕ

При сглобките от дървесина лепените съединения са добра алтернатива на добре познатите пирони, винтове, болтове, дюбели, ноктеви плочи и др. При лепените съединения разпределението на напреженията е много по-равномерно, а якостта много по-висока от тази на останалите съединения. Поведението при натоварване е близко до това на монолитната дървесина, няма начални деформации, няма уплътняване на съединението. Съществуват редица изследвания на тази тема, които разглеждат най-различни видове лепени съединения. Трудността идва от факта, че за да се оцени поведението на едно съединение, трябва да се проведат експериментални изследвания, които доказват верността на аналитичните изследвания.

1. Въведение

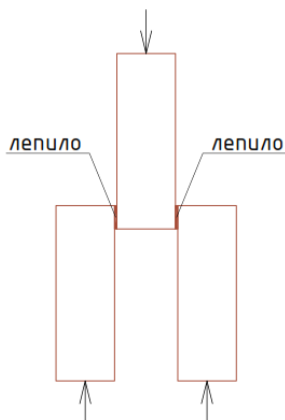
Дървесината като строителен материал има своите естествени специфики, които от своя страна ограничават, в известна степен, проектирането и изпълнението на конструкции от дървесина. Такива недостатъци са: естествените дефекти, ограниченията в размерите като напречно сечение и дължина, съединяването на отделните елементи и др. Точно заради тези недостатъци се развива все повече използването на елементи от лепена дървесина. Чрез лепене могат да се съединяват надлъжно или напречно отделни дър-

¹ Тихомир Георгиев, инж. докторант, кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: tihomir.angelov.georgiev@gmail.com

² Вълчо Танев, доц. д-р инж., кат. „Метални, дървени и пластмасови конструкции”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: tanev_fce@uacg.bg

вени елементи, като се получава един монолитен материал. Могат да се изпълняват най-различни детайли, както в заводски условия, така и на строителната площадка.

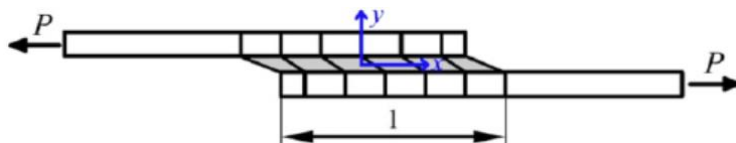
Настоящата статия разглежда лепени съединения дървесина-дървесина, реализирани с помощта на епоксидна смола. Изпълнено е двусрезно съединение между елементи от дървесина, вж. фиг. 1. В контактната зона между горния и долните елементи е нанесен лепилен слой от епоксидна смола, с дебелина 2 mm. Идеята на изследването е да се разбере поведението на това съединение при срязване, както и да се определи характеристикната коравина на съединението.



Фиг. 1. Двусрезно съединение дървесина-лепило-дървесина

Има редица научни изследвания, разглеждащи подобно лепено съединение, като целта им е да открият разпределението на напреженията по протежение на лепилния слой. В [2], са разгледани различните аналитични методи, изследващи поведението на това съединение:

а) модел на Фолкерсен – аналитичен метод, при който ексцентрицитетът не се разглежда, като се определят само срязващите напрежения в контактната зона. Взема се под внимание дължината и дебелината на лепилния слой.



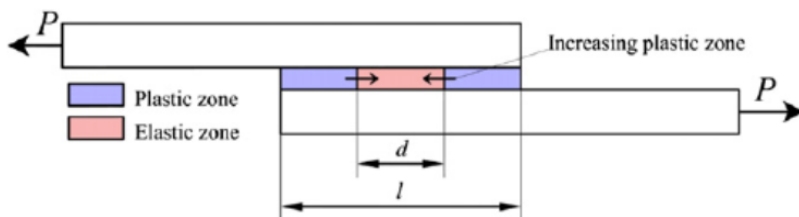
Фиг. 2. Модел на Фолкерсен

б) модел на Голанд и Райснер – метод, при който вече се отчита ексцентрицитета на съединението. Разглеждат се ефектите от завъртането, които причиняват огъване в съединението. Методът дава формули за изчисляване, не само за срязващите напрежения, но и за нормалните, породени от ексцентрицитета.



Фиг. 3. Модел на Голанд и Райснер

в) модел на Харт-Смит – методът разглежда пластичното поведение на съединението. Лепилният слой се разделя на 3 зони – средна еластична и крайни пластични. Дава се методика за изчисляване, както на срязващите напрежения, така и на нормалните.



Фиг. 4. Модел на Харт-Смит

В [2] са описани и различни критерии за разрушение на съединението, като се приема, че то настъпва заради комбинацията от срязващи и нормални напрежения. При двусрезното съединение има голям ексцентрицитет при прехвърлянето на силите от горния елемент, в долните. Този ексцентрицитет поражда големи ръбови напрежения в края на лепилния слой. Получава се срязване по продължение на лепилния слой, както и опън перпендикулярно на влакната. Това е и причината за разрушаване на съединението при достигане на максималната сила. Последното е подложено на проверка, чрез по-долу описаната експериментална постановка.

2. Експериментална постановка

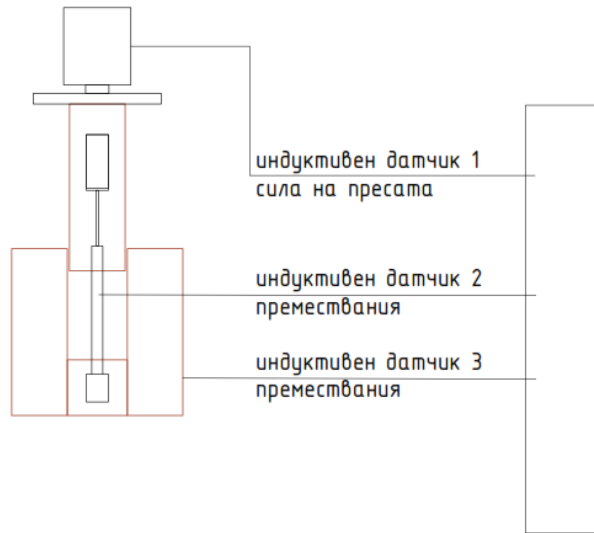
Изготвена е експериментална постановка на двусрезно съединение дървесина-лепило-дървесина. Дървените елементи са с размери 50/100/150 mm и клас на дървесината С24. За лепилния слой е използвана епоксидна смола. С помощта на преса е реализиран натиск върху елементите, като по този начин лепилният слой е натоварен на срязване. Образците ще бъдат натоварени до разрушение, за да се разбере формата на разрушение. Възможни са 3 форми: срязване на дървесината, срязване на лепилото, отлепване на лепилото от дървесината. Изготвени са 3 бр. образци.



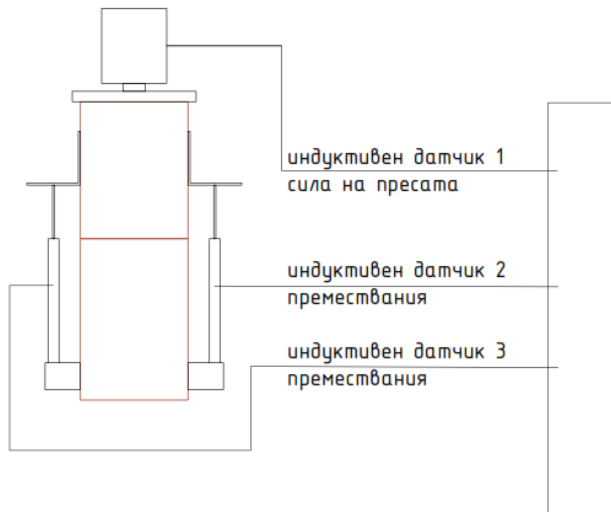
Фиг. 5. Експериментални образци

Експерименталната постановка се състои от:

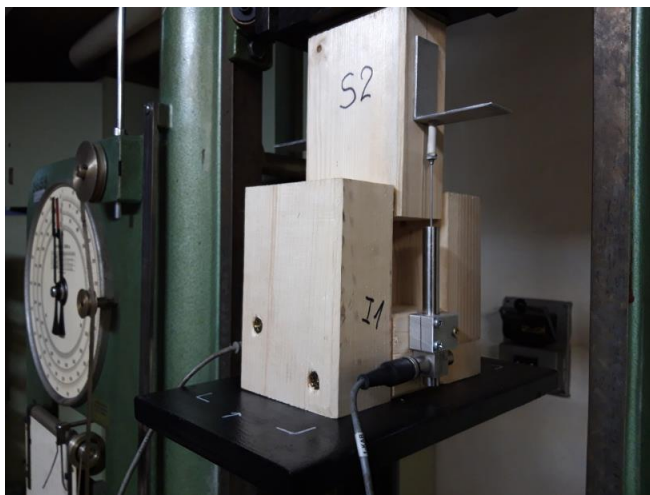
- преса за натоварване на натиск с постоянна скорост;
- образец;
- индуктивен датчик, измерващ силата;
- два индуктивни датчика, измерващи деформациите, получени при натоварването;
- усилвател, преобразуващ сигнала от датчиците в конкретни данни.



Фиг. 6. Експериментална постановка – изглед 1



Фиг. 7. Експериментална постановка – изглед 2

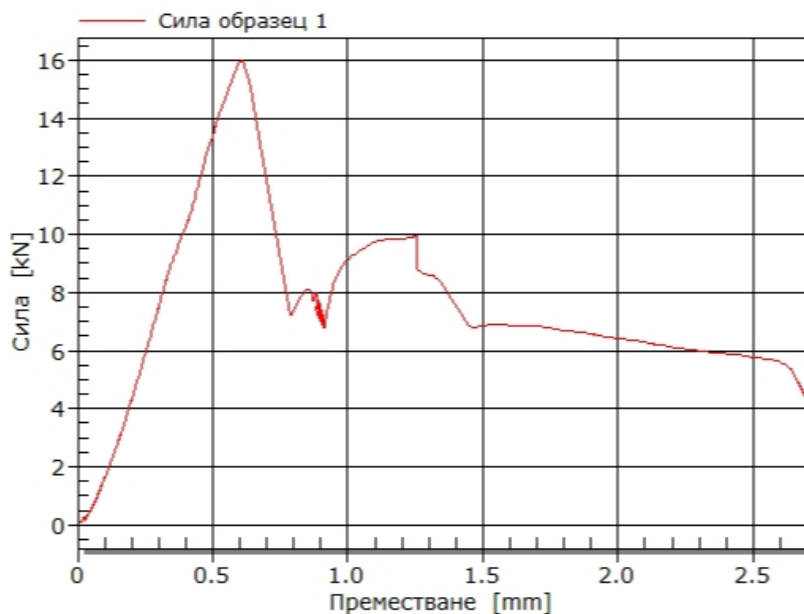


Фиг. 8. Експериментална постановка – реализация

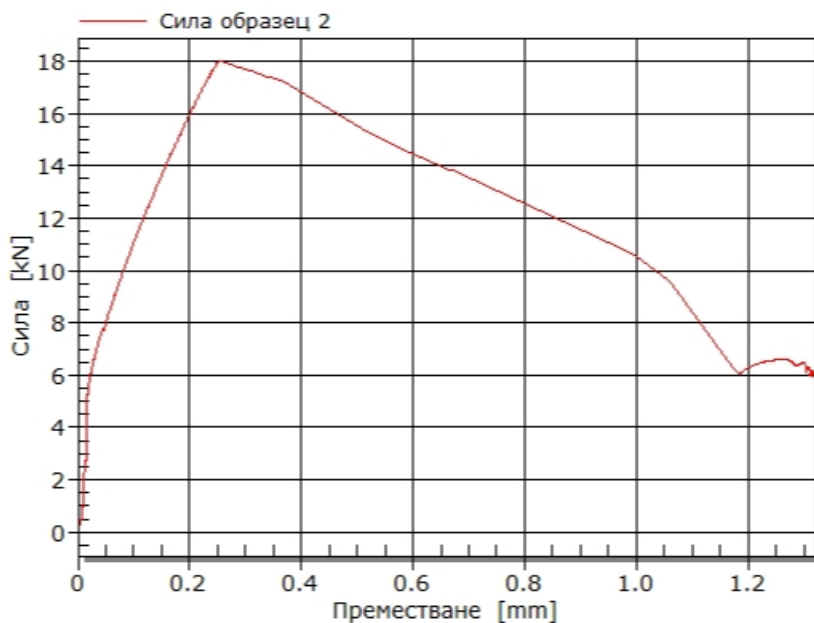
3. Резултати

При експерименталното изпитване се получиха резултати относно максималната сила, максималните премествания, модула на деформации, както и вида на разрушението. Вероятностната обработката на резултатите е съгласно изискванията на БДС EN 14358:2006 [3].

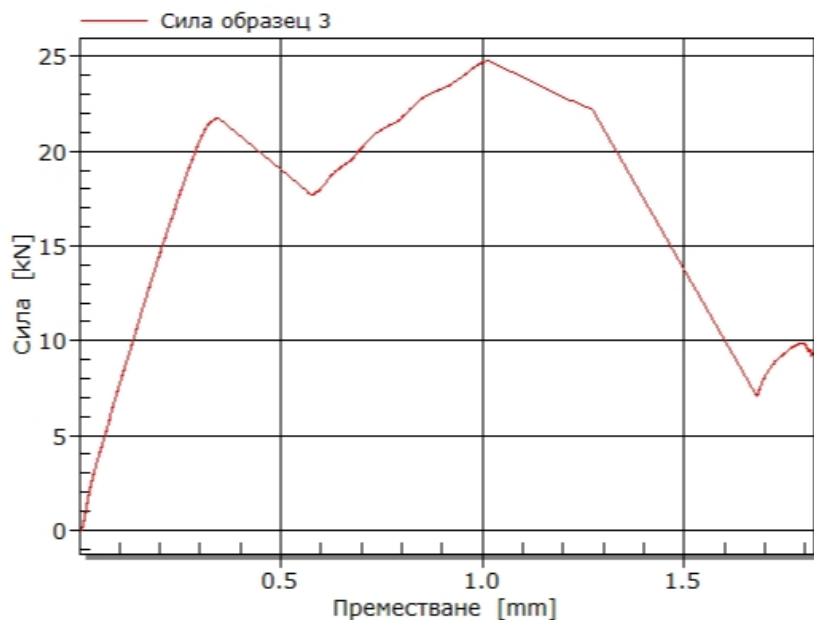
Представени са графики за поведението на образците, по време на натоварването – фиг. 9, фиг. 10 и фиг. 11.



Фиг. 9. Графика сила-преместване – образец 1



Фиг. 10. Графика сила-преместване – образец 2



Фиг. 11. Графика сила-преместване – образец 3

За определянето на коравината на съединението K_{sl} , са взети резултати при натоварване $0,4F_{\max}$ и $0,8F_{\max}$. В таблица 1 резултатите са обработени статистически, като е изчислена характеристикната стойност K_{sl} .

Таблица 1. Определяне на характеристикната стойност K_{sl}

Образец	K_{sl} , [kN/m]	$\ln(K_{sl})$	Отклонение
S1	49142,76928	10,802485	0,012295585
S2	64596,05027	11,07590855	0,02641863
S3	52141,57169	10,86171783	0,002667994
		10,91337046	0,041382209
Стандартно отклонение			0,143844029
Средна стойност			55293,46374
Средно логаритмично			10,92040998
k_s			3,15
Вариация			67151791,01
Коефициент на вариация			0,013180532
K_{sl} , [kN/m]			34900,68617

Експериментално е определено максималното сръзвасщо напрежение τ_{max} , при което образците се разрушават. В таблица 2 е намерена характеристикната стойност, статистически.

Таблица 2. Определяне на характеристикната стойност τ_{max}

Образец	τ_{max} , [N/mm ²]	$\ln(\tau_{max})$	Отклонение
S1	4,932098765	1,595764611	0,020148285
S2	5,552469136	1,714242718	0,000550679
S3	6,706790123	1,903120464	0,027360865
		1,737709264	0,048059829
Стандартно отклонение			0,155015852
Средна стойност			5,730452675
Средно логаритмично			1,745794528
k_s			3,15
Вариация			0,811140959
Коефициент на вариация			0,089207012
τ_{max} , [N/mm ²]			3,488281929

При експериментите се установи механиката на разрушение. При всички образци разрушението беше вследствие на срязване в зоната на дървесината, вж. фиг. 12 – 14, като лепилният слой остава без нарушения.



Фиг. 12. Разрушение на образца, вследствие на срязване на дървесината



Фиг. 13. Разрушение на образца – лепилният слой е непокътнат



Фиг. 14. Разрушение на образца – срязване на дървесината

4. Изводи

След проведените експерименти могат да се направят следните по-важни изводи. Съединенията, реализирани посредством слепване, са с висока начална коравина и линейно поведение. При някои от тях се наблюдава промяна на коравината, дължаща се най-вече на локално смачкване в дървесината или линейно удължение. При достигане на разрушение се наблюдават малки премествания, а разрушението е крехко, без пластични деформации. Наличието на локален ексцентрицитет в съединението е причина за появата, както на срязващи сили в лепилния слой, така и на опън перпендикулярно на влакната. При достигане на граничната сила крайните влакна се отцепват вследствие на срязването и опъна. Лепилният слой не се разрушава.

Благодарности

Авторите изказват благодарности на екипа от ЦНИП при УАСГ за одобреното финансиране на научната тема Д-100/2017. Благодарности към екипа на темата.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN 1995-1-1:2004/A2:2014 Еврокод 5: Проектиране на дървени конструкции. Част 1-1: Основни положения. Основни правила и правила за сгради.
2. R. Quispe Rodríguez et al. Failure criteria for adhesively bonded joints / *International Journal of Adhesion & Adhesives* 37 (2012) 26–36 31.
3. БДС EN 14358:2006 Дървени конструкции. Пресмятане на характеристичните стойности на 5%-персентил и критерии за приемане на извадката.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF DOUBLE SHEAR BONDED JOINT WOOD-WOOD, LOADED WITH COMPRESSION

T. Georgiev¹, V. Tanev²

Keywords: wood, epoxy resin, bonded joint, double-lap joint

ABSTRACT

In timber structures bonded joints are better alternative to nails, screws, bolts, dowels, gang-nail plates, etc. They have better stress distribution and strength than the others. The behavior of adhesive bonded joints is similar to the solid timber. There are no big deformations at the beginning. There are a lot of researches for bonded joints of different kind. The main difficulty with these joints is the need of experiments that prove the theory.

¹ Tihomir Georgiev, Eng., Dept. "Steel, Timber and Plastic Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: tihomir.angelov.georgiev@gmail.com

² Vatyu Tanev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Steel, Timber and Plastic Structurec", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: Tanev_fce@uacg.bg