ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИГЛОЛИСТНА ДЪРВЕСИНА ОТ ОТГЛЕДНИ СЕЧИ ЗА ПРОИЗВОДСТВОТО НА ДЪРВЕСНОПОЛИМЕРНИ МАТЕРИАЛИ

Станислава Ковачева, Иван Палигоров
Лесотехнически университет - София
Петър Велев
Химико-технологичен и металургичен университет - София

Изследвани са възможностите за използване на иглолистна дървесина от отгледни сечи под формата на дървесно брашно от дърва, клони, стърготини, кора и др. за производство на опаковки и палети на основата на дървесно-полимерни материали. Направен е анализ на добивите на иглолистна дървесина от отгледни сечи за периода 1996-2002 и прогноза за близките няколко години. В лабораторни условия са изпитани физикомеханичните свойства на иглолистна дървесина и състави съдържащи дървесина и полимерни материали. Резултатите показват, че композитните материали притежават по-добри якостни и деформационни свойства.

Ключови думи: дървесно-полимерни материали, термопласти, дървесно брашно, якостни свойства, палети, опаковки, отгледни сечи в иглолистни гори

Key words: wood polymeric materials, thermoplastics, wood flour, strength properties, packaging, pallets, thinnings in coniferous forests.

Увод

В съвременните условия едно от най-перспективните направления за изследване е създаването на нови материали. Особен интерес, в контекста на устойчивото развитие, представляват такива композити и материали, които в някаква степен могат да заменят ценни и трудно възстановими природни ресурси, каквато е добиваната от горите дървесина.

Редица учени през последните десетилетия са посветили своите усилия на разработването и изследването на композитни материали на основата полимери (термопласти), съдържащи различни по количество и вид дървесни пълнители от отпадъчна дървесина [6-10].

Основна цел на настоящото изследване е разкриване на възможностите за използване на отпадъчна иглолистна дървесина (дърва, клони, кора и др.) от отгледни сечи за производството на ***палети от дървесно-полимерни материали*** на основата на термопласти. Конкретните задачи на работата са:

• да се направи анализ на добивите на иглолистна дървесина от отгледни сечи за периода 1996-2002 г.;

• да се проведат изследвания на физикомеханичните свойства на различни дървесно-полимерни композити (ДПК) в лабораторни условия;

• да се проведе сравнителен анализ на получените резултати и да се очертаят възможностите за производство.

Обекти и методи на изследване

• ***Обектите*** на изследване са:

- Иглолистна дървесина под формата на дървесно брашно (ДБ) и дървесни влакна (ДВ);
- Полистирен (ПС) - БУСТРЕН Бс 793-21;
- Полипропилен (ПП) - БУПЛЕН 7523 ;
- Полиетилен (ПЕВП) – БУЛЕН;
- Еластификатори – СКИ -3, Булекс -1500 (БСК).

• Основните ***методи*** :

- за изготвяне на композитите са екструзия и пресоване;
- за физико-механично изследване – якост на опън – ISO 527-1996, якост на удар – ISO 179-1:2000 и якост на огъване EN ISO 178-1996.

Резултати и обсъждане

Защо авторският колектив се насочи към провеждане на подобно изследване? Причините са много, но основните са следните:

- Прогнозни данни [1-3] показват, че голяма част от добитото количество иглолистна дървесина от отгледни и възобновителни сечи до 2020 г. ще бъде дребна и средна строителна дървесина и **нарастващо количество отпадъци**;
- Тази дървесина може да се добива само ако са създадени **нови мощности за обработването й** [2];
- Съществуват много нерешени **проблеми при производството на палети от полимерни материали** – ПС, ПП, ПЕВП [4,5];
- Натрупан е дългогодишен опит, както от авторския колектив, така и в световен мащаб в областта на създаване, изследване и модифициране на **дървесно-полимерни композити**, съдържащи различни по количество и вид дървесни пълнители [6-11];
- **ДПК позволяват главно отпадъчни дървесни материали да се превръщат в използваеми продук-**

ти и това е основното им предимство [11].

Прогнозни данни за количествата дървесина, добивана от отгледни сечи

Оценката за възможния годишен добив на дървесина е 13.3 милиона m^3, от които 8.8 милиона трябва да се получат от отгледни сечи и 4.5 милиона от възобновителни сечи. Този обем предвижда осигуряване на пазар за всички сортименти (**табл.1**).

Таблица1. Оценка на възможния годишен добив на дървесина в България в m^3
Table 1. Estimate for annual allowable cut in Bulgaria

Видове гори	Отгледни сечи	Възобновителни сечи	Общо
	m^3		
Иглолистни	2 805 000	2 182 000	4 987 000
Широколистни високостъблени	3 574 000	1 432 000	5 006 000
Реконструкции + издън кови	393 8000		393 800
За превръщане	1 591 000	861 000	2 452 000
Общо	**8 848 000**	**4 475 000**	**13 323 000**

Източник: Богданов, 2002

Тази оценка изглежда висока, тъй като надвишава текущия нетен прираст. Поради това, че съществува значителен резерв, който може да коригира временното увеличение на добивания обем, друг фактор, който трябва да се има предвид е, че ограниченията за добив в защитените и защитни гори съществено ограничават достъпния за добив обем.

Имайки предвид тези факти, се оценява – като експертно уточнение – че през 2010 г. максималният устойчив добив ще достигне 8 милиона m^3 (4.5 милиона m^3 от отгледни сечи и 3.5 милиона m^3 от възобновителни сечи), а през 2020 - 10 милиона m^3 (5 милиона m^3 от отгледни сечи и 5 милиона m^3 от възобновителни сечи). 35 % от добива се очаква да бъде от иглолистни гори и 65 % от широколистни гори. Трябва да се има предвид, прогнозираното увеличение ще доведе неминуемо до нарастване на количествата дребна и средна строителна дървесина и технологичните отпадъци, които е оправдано да се добиват само ако са създадени нови мощности за обработването им. Такива мощности могат да бъдат създадени въз основа на предварително проучване и изследване на свойствата на ДПК материали на основата на термопласти, съдържащи различни по вид и количество дървесни пълнители, получени чрез раздробяване или развлакняване на получената при отгледни и възобновителни сечи дървесина.

Свойства на ДПК, съдържащи дървесно брашно

Дървеснополимерни композити на основата именно на ПС, ПЕВП и ПП като полимерна матрица са изследвани по няколко причини:

• Тези полимери са едни от най-масово произвежданите и достъпни термопласти;

• Те са масово използваните термопласти за производство на опаковки и палети със специално предназначение;

• Относително евтини са;

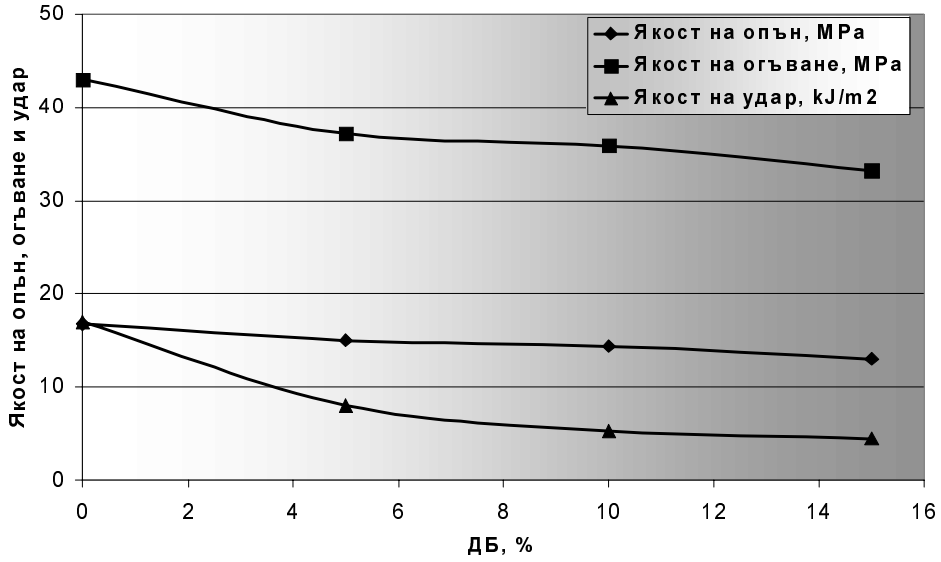
• Лесно се преработват, подлежат на рециклиране, притежават твърдост и здравина, подлежат на оцветяване в маса и повърхностно, лесно се режат и лепят, имат относително ниска плътност и т.н.

На фиг. 1, 2 и 3 е представено изменението на якостните показатели на изследваните термопласти – ПС, ПЕ, и ПП в зависимост от количеството ДБ, което се променя в границите от 5 – 15 %. Този диапазон е подбран въз основа на предварителни изследвания [6], които показват, че в тези граници настъпват съществени изменения в надмолекулната структурата и свойствата на полимерната матрица и добавянето на по-висок процент ДБ не води до значително изменение на изследваните свойства на ДПК.

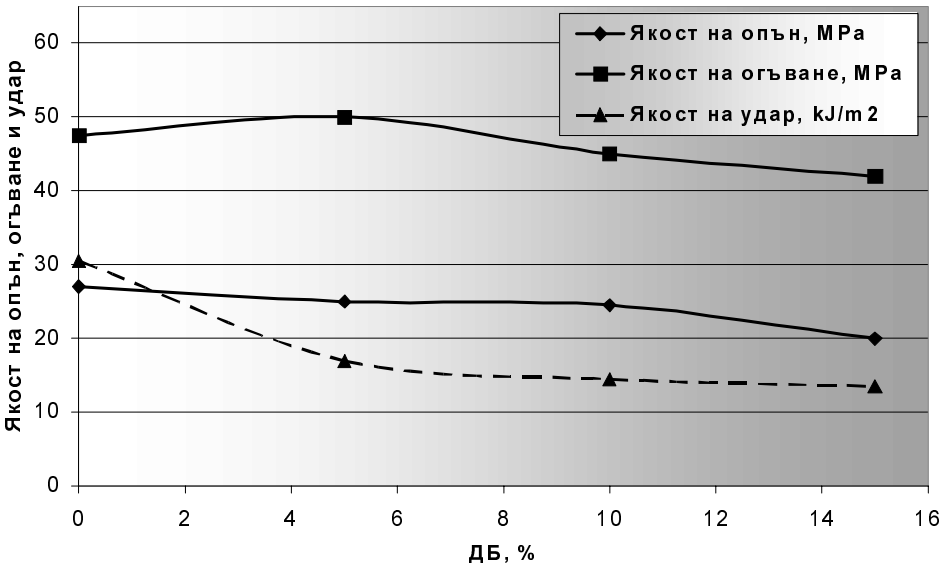
Промяната на якостта на опън, огъване и удар на ПС в зависимост от количеството ДБ е онагледена на **фиг. 1**. От графиката се вижда, че и при 5% съдържание на ДБ се понижават якостта на опън и удар. Тези показатели са изключително важни за експлоатационните характеристики на новополучените материали и изделията от тях. Поради това една от следващите задачи на изследването е да се модифицира именно удароустойчивостта на полимерната матрица.

Аналогична промяна в якостта на опън и удар е установена и при ПП, съдържащ различно количество ДБ – **фиг. 2**.

Полиетиленът е атрактивен полимер за производство на палети и поради това е важно за прак-



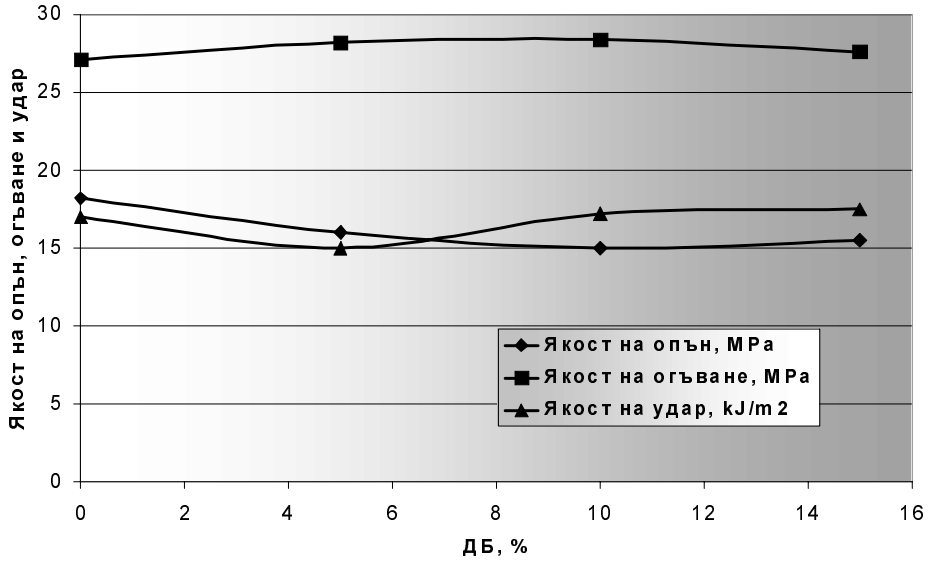
Фиг. 1. Изменение на якостта на опън, огъване и удар на ПС в зависимост от количеството ДБ
Fig. 1. Dependence of tensile, bending and impact strength of PS from contents of wood flour (WF)



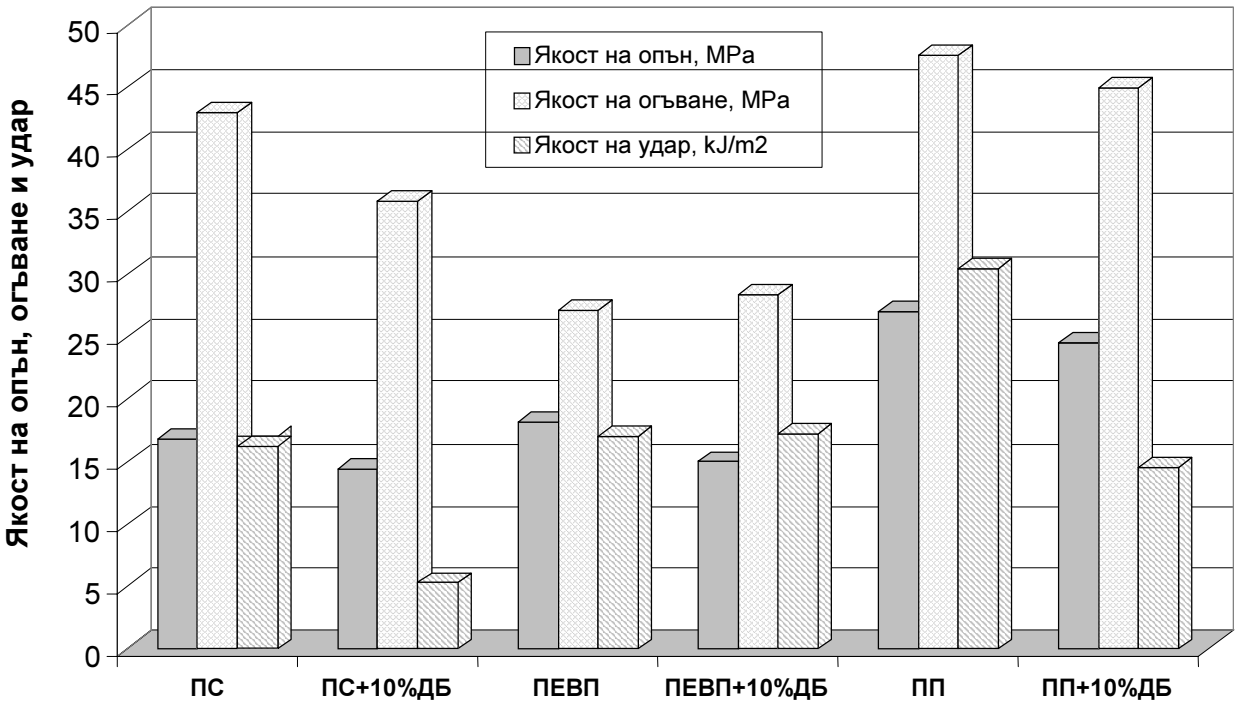
Фиг. 2. Изменение на якостта на опън, огъване и удар на ПП в зависимост от количеството ДБ
Fig. 2. Dependence of tensile, bending and impact strength of PP from contents of wood flour

тиката да установим промяната на якостните му свойства при напълване с ДБ. На **фиг.3** е представена тази промяна. Очевидно е, че якостите на опън, огъване и удар почти не се променят т.е. ДПК на основата ПЕ, напълнен с ДБ притежава близки до полимерната матрица свойства. Якостта на огъване и удар дори леко се повишават в следствие на напълването.

Проведените изследвания и направеният сравнителен анализ на **фиг. 4** показват, че якостните показатели на ПС и ПП се понижават при напълване с ДБ, а тези на ПЕ не се променят съществено. Освен това якостта на напълнения и не напълнения ПП е относително на-висока като се има предвид, че при условията на експеримента образците за якост на удар не се чупят. Следователно ДПК на основата на ПЕ могат да бъдат използвани без допълнително модифициране, докато ДПК на основата на ПС и ПП трябва да бъдат допълнително модифицирани.



Фиг. 3. Изменение на якостта на опън, огъване и удар на ПЕ в зависимост от количеството ДБ
Fig. 3. Dependence of tensile, bending and impact strength of PE from contents of wood flour



Фиг. 4. Якостни показатели на ПС, ПЕ, ПП и ДПК, съдържащи ДБ.
Fig. 4. Strength properties of PS, PP, PE containing WF

Свойства на ДПК на основата на ПС и ПП

ДПК съдържащи дървесно брашно и модификатори

Резултатите от изследването на физикомеханичните свойства на напълнения с ДБ полистирен показва, че най-значимо се понижава удароустойчивостта на получените композити. За да се подобри този показател, е проведено еластифициране на дървесно-полимерни композити с 12.5% бутадиен-стиренов каучук (БСК). Съставът на еластифицираните дървесно-полимерни композити и резултатите от изпитаните физикомеханични показатели са представени в **табл.2.** Определянето на якостта на удар по избраната методика показва значително повишаване на удароустойчивостта на дървеснонапълнения ПС т.е. пробните образци не се чупят при условията на експеримента. При този вид модифициране на свойствата на полимерната матрица на ПС стойностите на якостта на опън и огъване леко се понижават, но за сметка на това изделията от такива материали са устойчиви на удар и при ниски температури, което е важно за транспортните опаковки.

Резултатите от изпитаните физикомеханични показатели и съставът на еластифицираните дървесно-полимерни композити на основата на ПП и са представени в **табл. 3.** Резултатите са аналогични на тези получени за ПС. С използвания модификатор удароустойчивостта на ПП се подобрява значително. Якостта на опън и за този полимер се понижава при добавяне на еластифициращ агент и този резултат изследваните полимери съвпада с литературните данни.

Таблица 2. Състав и якостни показатели на еластифицирани с БСК ДПК на основата на полистирен.
Table 2. Contents and strength properties of wood polymer composites with BSC based on PS

Показател / Състав на смесите	Якост на опън MPa	Якост на удар KJ/m^2	Якост на огъване MPa
ПС + 12,5% БСК	13,1	не се чупи	32,0
ПС + 12,5% БСК + 5% ДБ	11,2	не се чупи	32,5
ПС + 12,5% БСК + 10% ДБ	10,7	не се чупи	26,8

Таблица 3. Състав и якостни показатели на еластифицирани с СКИ-3 ДПК, изготвени от напълнен с ДБ полипропилен.
Table 3. Contents and strength properties of wood polymer composites with BSC based on PP

Показател / Състав на смесите	Якост на опън MPa	Якост на удар KJ/m^2	Якост на огъване MPa
ПП + 12,5% СБКчД	13,1	не се 0упи	21,0
ПП + 12,5% СБКчД+ 5% ДБ	15,7	не се 0упи	22,6
ПП + 12,5% СБКчД+ 10% ДБ	12,0	не се 0упи	21,6

Полученият резултат от гореизложените изследвания е задоволителен що се отнася до подобрената ударна якост, но по отношение на останалите два показателя търсенето на по-добро решение е необходимо да продължи. Насоките на изследване биха могли да бъдат следните:

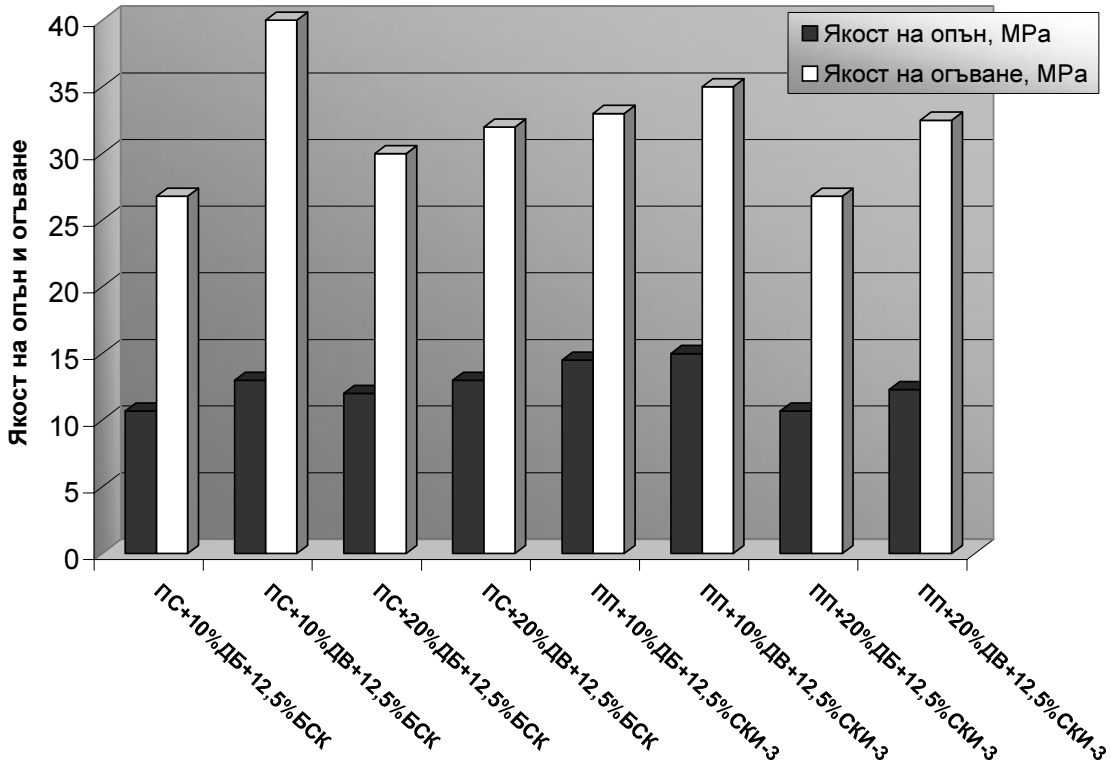
- други видове модификатори на полимерната матрица или
- други видове дървесни пълнители.

В настоящата разработка бе проведено напълване с дървесни влакна и резултатите бяха сравнени с тези получени за композити, съдържащи ДБ.

ДПК съдържащи дървесни влакна

Модифицирането на свойствата на полимерната матрица с еластифицираща добавка може да бъде съпроводено и с промяна на вида дървесен пълнител. В случая е направено сравнително изследване на якостните свойства на ДПК на базата на ПС и ПП, съдържащи ДБ и ДВ. Част от резултатите са представени на **фиг. 5**.

От графиката се вижда, че якостнитните показатели на еластифицирания ПС и ПП са по-благоприятни, ако тези състави са напълнени с ДВ, а не с ДБ. За тези състави отново якостта на удар



Фиг. 5. Сравнителни изследвания на якостни показатели на ДПК, съдържащи ДБ и ДВ.
Fig. 5. Investigations on the strength properties of wood polymeric materials containing WF and wood fibers

е висока тъй като образците не се разрушават при удар.

Получените резултати за ПС и ПП дават основание да се твърди, че от гледна точка на якостта предпочитани за производството на палети са елестифицираните ДПК, които съдържат като пълнител развлакнена отпадъчна дървесина под формата на дървесни влакна. Аналогичните композитите, съдържащи ДБ също биха могли да се прилагат, но когато якостните свойства не са от първостепенно значение за практическото приложение на даденото изделие.

Изводи:

- Експертната оценка за количествата добивана иглолистна дървесина годишно от отгледни сечи и нарастването на процента отпадъчна дървесина позволява да се създават и развиват нови производствени мощности;
- ДПК, съдържащи само ДБ имат понижени физико-механични показатели и в този вид не са особено подходящи за производство на палети;
- Модифицирането на полимерната матрлица с еластифициращи добавки и същевременно добавянето на ДВ вместо ДБ в значителна степен подобрява свойствата дори на ДПК и разширява спектъра на тяхното приложение.

Литература

1. Bogdanov, K., Multifunktional forest surveying – the basis of regulations and sustainable development, University of Forestry Published house, Sofia, 2002
2. Paligorov, I., Investigations on economic assessment of thinnings in the coniferous cultures, University of Forestry Published house, Sofia, 1995, 115 p.
3. Rafailov, G., et all, Bulgarian Forest Sector Analisys, Sofia, 2003
4. Казаков Н. Логистика, СОФТРЕЙД, София, с.49-55
5. Родников А.Н., Логистика – терминологический словарь, ИНФРА-М, 2000
6. M. Natov, St.Wassilewa, S.Kowatchewa-Welewa - Rheologische Eigenschaften von mit Holzmehl gefulltem Polypropylen, *Die Ang. Makromol. Chemie*, 225(1995), pp. 73-81
7. St. Vassileva, S.D.Kovatcheva , M.A.Natov - Long-term durability of wood flour - polypropylene elastomer composites, Journal of the Mechanical Behaviour of Materials, 7, (3), 1996, pp.195-204
8. Natov M., Vassileva St., S. Kovatcheva - Long-term durability of wood flour-polypropylene-elastomer composites, 8 th Int.Conf. on Mechan. and Techn. of Composite Materials, Sofia, September 29 - October 2, 1997, Proceedings, Sofia, BAS, 1997, c.321-324

9. С. Ковачева, М. Натов, Ст. Василева, П. Велев, Върху някои възможности за модифициране на дървесно брашно за напълване на полипропилен, "6-та Международна конференция по машиностроителна техника и технология – AMTECH 2001, 3-5 октомври 2001, Созопол", Сборник доклади, с. 187-191
10. П. Велев, С. Ковачева, С. Василева, М. Натов, Нови дървесно-полимерни материали на основата на ПС, Сборник научни доклади от Межд. конференция "50 години Лесотехнически университет", СД "Лотос", 2003, с.15-21
11. WOOD PLASTIC COMPOSITES STUDY - TECHNOLOGIES AND UK MARKET OPPORTUNITIES, Written By: Optimat Ltd and MERL Ltd, Published by: The Waste and Resources Action Programme (WRAP), 2003, (ISBN 1-84405-041-6)

ON THE MEANS OF USING THE CONIFEROUS TIMBER FROM THINNINGS FOR THE PRODUCTION OF WOOD-POLYMERIC MATERIALS

Stanislava Kovacheva-Veleva, Ivan Paligorov, Petar Velev
University of forestry – Sofia, Bulgaria

ABSTRACT

The means of using the coniferous timber from thinnings – wood flour from fuel wood, sawdust, tree bark, wood fiber, etc. for the production of packaging and pallets from wood-polymeric materials based on polymers are studied. The analyses of a coniferous timber yield from thinnings in Bulgaria for the period 1990-2003 and in the near future are presented. The impact strength, tensile strength and deformation of wood and wood – polymeric materials are determined. The composites containing wood and polymers possess better strength properties.