

П.А.БЕХТА¹

ДЕРЕВИННО-СОЛОМ'ЯНІ ПЛИТИ: ПРОБЛЕМИ І МОЖЛИВОСТІ

Подано огляд проблем і можливостей виготовлення деревинно-солом'яних плит. Розглянуто запаси соломи, її властивості, чинники, які перешкоджають використанню цієї сировини для деревинних плит, переваги соломи як сировини для деревинних плит.

Вступ

Попит на деревинні композити (зокрема, плити) у світі щорічно збільшується приблизно на 4%. Поряд з високою технічною та економічною ефективністю їх застосування у різних галузях, інтенсифікації цього виробництва сприяє наявність значної сировинної бази. У багатьох країнах світу для їх виготовлення традиційною сировиною була і залишається деревина.

Поза сумнівом, попит на деревину та деревинні композити значно зростатиме в майбутньому. Найпереконливішим аргументом є демографічна ситуація – населення планети збільшується приблизно на 90 млн осіб кожного року. Щорічно людство використовує понад 3,5 млрд. т деревини, тобто на одну особу припадає близько 0,7 т. Отже, для забезпечити темпів використання деревини на теперішньому рівні, її необхідно заготовляти понад 60 млн т щороку.

Швидкі темпи споживання призведуть до знеліснення та порушення природних екосистем. Щороку приблизно 27 видів флори зникають у тропічних лісах [22]. Із втратами лісу нерозривно пов'язана загроза глобального потепління. Ліси продукують кисень, забезпечують природне середовище для існування половини видів флори і фауни, регулюють клімат і виконують ґрунто- та водозахисну функцію. Зріла лісова екосистема розвивається багато сотень років. Це складна система взаємодії рослин, тварин і комах, які неможливо відтворити у разі їх зникнення [22].

За невітнішими прогнозами ФАО, лісистість землі скоротиться до 0,47 га на людину у 2010 р. порівняно з 1,17 га в 1960 р. Темпи глобального вирубування лісів і їхній вплив на довкілля змушує виробників деревинних плит вести пошук альтернативної сировини. Особливо це стосується країн, які не мають достатніх запасів деревини. України з лісистістю 15,6%, це також стосується. Порівняно з середньоєвропейськими показниками, ми маємо один із найнижчих рівнів лісозабезпечення. На одного мешканця України припадає лише 0,18 га лісу [5].

Тому треба мати на увазі, що для виготовлення деревинних плит придатна й рослинна сировина. Насамперед, це лігноцелюлоза сільськогосподарського виробництва (рослинні волокна або агроволокна): льону,

коноплі, джуту, кенафу та інших культур, стебла бавовника, солома, виноградна лоза, кострець льону й коноплі, багаса (жом цукрової тростини), відходи насіння бавовника, рисове і соняшникове лушпиння тощо. Не можна оминати увагою очерет та інші дикорослі рослини.

Рослинні волокна, залежно від того, в якій частині вони формуються, класифікують на стеблові, листові та насінні [12, 29, 31]. Розрізняють лубові та ядрові стеблові агроволокна. Щільність рослинних волокон приблизно однакова і становить 1450-1500 кг/м³ [12, 31]. Лубові волокна – найжорсткіші та відносно найміцніші; жорсткість листових волокон приблизно наполовину вища, ніж лубових; насінні волокна мають найменшу міцність [12, 30, 31].

З агроволокон виготовляють геотекстильні та пакувальні вироби, фільтри, сорбенти [29, 31]. Завдяки личкуванню стружкових плит волокнами льону істотно підвищується міцність та покращуються інші їхні властивості [13]. Використання джутового волокна як наповнювача-підсилювача полієфіру дає змогу отримати високоміцний композитний полімерний матеріал [9]. Полімери, наповнені різними рослинними часточками (кількістю 50% від маси абсолютно сухих часточок), мають кращі механічні властивості, ніж початкові полімери [10, 30].

Досліджено [1, 2, 4, 6-8, 10, 11], що плити на основі сільськогосподарських відходів можна використовувати як конструкційний матеріал у будівництві. У табл. 1 наведено фізико-механічні властивості плит на основі рослинної сировини і карбамідо-формальдегідних смол.

Використання дешевшої, недефіцитної агросировини потребує менше енергетичних затрат. Зокрема, використання костречю і насінних відходів значно спрощує технологічний процес, оскільки вдається уникнути таких операцій як подрібнення і сушіння.

За останні роки активізувалися дослідження щодо застосування термопластичних полімерів для виготовлення деревинних плит на основі вторинної агросировини; такі композити мають певні екологічні й технологічні переваги над матеріалами на основі термореактивних полімерів. Зокрема, створено матеріали, які містять кострець льону і 25% термопластичного в'язівника [10].

¹ Павло Антонович БЕХТА – дійсний член ЛАН України, доктор технічних наук, професор, Національний лісотехнічний університет України. Україна, м. Львів. Тел.: +38(032) 238-44-99. Факс: +38(032) 237-89-05. E-mail: bekhta@forest.lviv.ua

Табл. 1. Фізико-механічні властивості плит на основі рослинної сировини

Показник	Вид сировини				
	виноградна лоза ¹⁾ [2]	тростина очерету [7]	кострець льону [8]	соняшникове лущпиння [11]	стебла бавовника [6]
Щільність, кг/м ³	700-740	600	550-700	650	500-990
Границя міцності, МПа:					
при статичному згині	17,0	9,0	14,5-18	13-17	15,2-17
при розтягу перпендикулярно до площини	0,37	0,14	0,28	–	0,3
Набрякання за товщиною за 24 год., %	19,4	12,7	20-25	22	6,4-26,3
Водопоглинання за 24 год., %	67,4	78	-	-	22,5-81

1) до стружки виноградної лози додавали близько 25% деревної стружки.

Виготовлення плит можливе на основі кострецю коноплі і каустичного магнезиту (неорганічного в'язівника) [4]. Для виготовлення плит із кострецю коноплі як в'язівник також використовують суспензію водного розчину суміші алюмохромфосфатного клею і карбаміду [3]. Вміст кострецю коноплі у цих плитах становить 80% за сухою масою компонентів. Клейкі речовини на основі як каустичного магнезиту, так і металофосфатного клею виконують водночас функції антипірену і клею. Це значно спрощує технологію виготовлення плит, позаяк зникає потреба вводити спеціальні смоли для надання матеріалові міцності.

Виготовляти деревинні плити можна без застосування в'язівника, використовуючи клейкі речовини самого наповнювача. Зокрема, отримано плити задовільної міцності з подрібненої рисової соломи, попередньо обробленої водяною парою та аміаком і пресованої за температури 170-180 °C і тиску 7 МПа [1].

З різних відходів переробки однорічних сільськогосподарських рослин чинним вимогам до сировини для плитного виробництва найкраще відповідають виноградна лоза, тростина очерету, кострець льону і коноплі. За готовністю до використання найпридатніші для виготовлення плит кострець льону і коноплі. З успіхом можна використовувати злакову солому та насінні відходи бавовника, рисове і соняшникове лущпиння. Стебла бавовника, після їх подрібнення, також придатні для виготовлення плит. Одна тонна стебел бавовника замінює близько 2 тис. м³ ділової деревини [3].

Злакова солома – відходи сільського господарства. Солома – це сухі стебла, які залишаються після обмолоту дозрілого насіння. Хімічний склад і властивості соломи залежать від виду рослин, клімату та ґрунту, способів збирання і обмолоту, термінів зберігання і інших чинників. Характерна особливість соломи всіх культур – високий вміст целюлози. На цій підставі її можна вважати найперспективнішою рослинною сировиною. У США, після багаси, злакову солому вважають другим найпридатнішим сільськогосподарським волокном для виготовлення деревинних композитів [31].

Серед безлічі рослинних волокон запаси злакової соломи найбільші в Україні. Наприклад, у 2000 р. було отримано близько 24,6 млн т соломи.

За останні роки в багатьох країнах пшенична солома стала головною недеревинною сировиною, яку використовують для виготовлення деревинних плит. З економічних і екологічних міркувань використання цієї сировини допоможе запобігти знелісненню та надати виробникам змогу виробляти деревинні плити, навіть якщо деревина стане дефіцитною.

Проблемі використання соломи для деревинних композитів, зокрема й плит, за останні 20 років присвячено багато досліджень [14-40], зокрема здійснених і на кафедрі хімічної технології переробки деревини Національного лісотехнічного університету України.

Узагальнивши результати цих численних досліджень, спробуємо відповісти на такі питання: чи є пшенична солома надійним матеріалом для виготовлення деревинних плит?; які запаси такої сировини?; аргументи "за" і "проти" використання соломи для виготовлення деревинних плит?

Запаси соломи. Солома з хлібних злаків, як сировина, що щороку відновлюється, є доступною у великих об'ємах у багатьох кліматичних зонах. У країнах Європейського Союзу (ЄС) щорічно заготовляють коло 140 млн т соломи, з яких тільки незначну частку (2-3%) використовує промисловість. Через екологічні обмеження солому заборонено спалювати в багатьох країнах ЄС [16].

За приблизними оцінками, у 1991 р. у світі нагромадилося 1145 млн т злакової і лляної соломи, а традиційного джерела сировини – деревини – 1750 млн т. В Україні в 1990 р. було заготовлено близько 47,4 млн т соломи, зокрема: 23,5 млн т пшеничної, 1,2 млн т житньої, 10,0 млн т ячмінної, 1,4 млн т вівсяної і т.д.

Найпридатнішою сировиною для виготовлення стружкових плит є житня солома, трохи гіршою – пшенична і найгіршою – ячмінна [24].

Властивості соломи. Хімічний склад соломи відмінний від деревини (табл. 2). Порівняно з деревиною пшенична солома містить більше геміцелюлози, золи, двоокису кремнію і воску, але менше целюлози і лігніну [22, 28].

Табл. 2. Вміст (%) головних компонентів пшеничної та рисової соломи порівняно з деревиною ялини [22, 28]

Матеріал	Віск	Геміцелюлоза	Целюлоза	Лігнін	Зола	Кремнезем
Пшенична солома	1,65	34,03	38,09	14,13	6,38	3,19
Рисова солома	3,72	35,50	39,63	13,92	12,51	9,68
Деревина ялини	1,47	23,40	54,09	30,15	0,24	-

Пшенична солома морфологічно складніша і не така однорідна, як деревина. Солома містить відносно більше елементів клітин [22].

Низька насипна щільність порівняно з деревинною струшкою. Насипна щільність промислових деревинних частинок становить 124 кг/м³, а солом'яних – 44 кг/м³, тобто, практично втричі менше. Внаслідок цього під час гарячого пресування ступінь ущільнення соломи більший, ніж деревини [16]. Окрім цього, це накладає обмеження не тільки на економічний радіус збирання і постачання соломи, але і на розміри подрібнених частинок.

Менші розміри волокон, порівняно з деревними волокнами. Довжина клітин соломи наближається до

довжини клітин деревини твердолистяних порід і у 2-3 рази менша від довжини клітин деревини хвойних порід [28]. Солом'яні частинки гідрофобніші, ніж деревинні, хоча криві гігроскопічної рівноваги соломи схожі на аналогічні криві для деревини [21].

Міцнісні властивості стебел пшеничної соломи набагато нижчі, ніж подрібненої деревини. Наприклад, міцність на розривання пшеничної соломи становить 9-38 МПа, ялини – 139 МПа і бука – 180 МПа, а модуль пружності, відповідно, – 1,6-3,4, 13,7 і 11,6 ГПа [28]. Солом'яні частинки довші, тонші та вужчі, ніж деревинні [16, 20, 27, 33]. Тому відношення довжини до товщини є в 5-7 разів більше порівняно з відповідним значенням для деревинних частинок; як наслідок, поліпшується міцність на згинання плит з соломи. Встановлено [14], що пшенична солома повинна бути однорідна за розмірами і вологістю і, окрім цього, якомога тонша (з метою мінімізації впливу воску), щоб забезпечити оптимальну липкість.

Чинники, які не сприяють використанню соломи як сировини для деревинних плит. Хімічний склад соломи, особливо високий вміст золи, негативно впливає на використання соломи як початкового матеріалу для виготовлення плит [22].

Високий вміст золи і кремнезему у соломі (див. табл.2) вимагає великих затрат енергії у процесі її перероблення, а також пришвидшує спрацювання робочих елементів подрібнювального обладнання. Віск у соломі не розосереджений у всій її масі, як у деревині, а знаходиться практично на поверхні стебла. Наявність такого антиадгезійного шару перешкоджає змочуванню поверхні частинок і погіршує склеювання [26].

Солома – побічний, а не цільовий продукт сільськогосподарського виробництва. Отже, дбаючи про максимальний урожай зерна, виробник мало переймається її якістю. Окрім цього, об'єми заготовлюваної соломи залежать від погодних умов, для цієї сировини характерна сезонність збирання, транспортування і зберігання. Наприклад, холод і опади сприяють утворенню великого обсягу соломи [15].

Транспортування соломи на відстань понад 50 км є економічно не виправданим [14]. Враховуючи її низьку насипну щільність, соломі пакують тюками або скрученими рулонами.

Вища здатність соломи пластифікуватися, порівняно з деревиною, під час гарячого пресування плит [25]. Це можна пояснити відмінностями між цими матеріалами, включаючи як морфологічну будову, так і хімічний склад [31]. Своєю чергою, це вимагає технологічного коректування параметрів пресування з метою уникнення проблем, пов'язаних зі зміною щільності за поперечним перетином солом'яних плит. Мова йде про такі параметри, як температура і тиск пресування [25]. З іншого боку, у зв'язку зі збільшенням тривалості пресування, рекомендовано використовувати потужніші преси [20, 34].

Звичайні карбамідо-формальдегідні смоли не надаються для отримання з соломи стружкових плит з потрібними властивостями. Часткова заміна деревини солом'яною в плитах, склеєних карбамідо-формальдегідною смолою, разюче погіршує їх основні властивості [16]. Однак, використовуючи модифіковані карбамідо-формальдегідні смоли, можна досягнути задовільної якості склеювання [27]. Ізоціанатні клеї – найефективніші під час виготовлення солом'яних плит [18]. На противагу карбамідо-формальдегідним і ізоціанатним

клеям, інші клеї, такі як поліестер [38] і гіпс [36], використовують для різних типів солом'яних плит. Тривають дослідження, спрямовані на поліпшення адгезії соломи зі смолами, які були б дешевшими, ніж ізоціанатні. Запропоновано різні методи хімічної обробки поверхні частинок соломи. Розпочато роботи, пов'язані з модифікуванням традиційних клеїв для деревини в напрямку підвищення їх прилипання до соломи [26].

Переваги соломи як сировини для деревинних плит. Середня ринкова ціна соломи в декілька разів менша, ніж деревини. У країнах ЄС за період з 1990 до 1995 рр. середня ринкова ціна за тонну злакової соломи становила 54,80\$, деревини евкаліпту – 124,60\$ і деревини тополі – 203,90\$ [22]. Менші кошти використано на подрібнювальне і сушильне обладнання [14, 19].

Щорічне поновлення сировини. Солом'яні або стружкові плити з домішкою соломи на основі ізоціанатних клеїв за міцністю на згинання і гігроскопічними властивостями перевершують звичайні стружкові плити. Наприклад, солом'яні плити, порівняно з традиційними OSB плитами, мають такі переваги: приблизно однакову міцність на згинання, кращу і гладшу поверхню [16].

У рамках спільного європейського проекту запропоновано технологію [22] виготовлення стружкових і волокнистих плит зі 100%-ним вмістом соломи на основі карбамідо-формальдегідних клеїв. Запропонована технологія (рекомендується для невеликих заводів з продуктивністю до 300 м³/день) передбачає хімікотермомеханічне оброблення сировини, яка дає змогу надалі застосовувати низький тиск і низьку температуру пресування (від 40 до 100 °C). Окрім цього, вартість плит MDF з соломи, виготовлених за запропонованою технологією, на 10-20% нижча ніж аналогічних плит з деревини, отриманих за традиційною технологією.

Літературні джерела стверджують, що за останнє десятиріччя у світі введено в дію понад 30 технологічних ліній для виготовлення деревинних плит з соломи. Однак потрібно зазначити, що деякі заводи після 1-2-х років роботи були закриті. Зокрема, повідомлялося [35], що в кінці 1998 р. у США і Канаді було введено (або планувалося вводити) в дію вісім заводів з виготовлення плит із соломи. Однак вже у 2002 р. сім з них було закрито. Пояснюється така невтішна (для прихильників використання соломи як сировини) картина певним спадом у будівництві, який призвів до надлишку деревинних плит на ринку. Своєю чергою, це призвело до зниження ринкових цін на деревинні будівельні плити. Внаслідок таких змін на ринку солом'яні плити за ціною не змогли конкурувати з традиційними деревинними.

Варто зазначити також, що, якщо спочатку заводи з виготовлення плит із використанням соломи будували здебільшого в Канаді і США, то за останні роки один за одним стали до ладу підприємства з виготовлення стружкових плит або плит MDF з використанням пшеничної і рисової соломи, а також багаси і бавовника в Китаї, Індії, Пакистані, Таїланді.

Висновки. Резюмуючи, можемо констатувати, що використання соломи як сировини для деревинних плит з екологічної точки зору є великим досягненням. Зважаючи на те, що ціни на деревину й надалі зростатимуть, можна стверджувати, що в недалекому майбутньому солома стане повноцінною сировиною у плитному виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.с. 656868 СССР МКИ В 29 J 5/00. Способ получения плит из растительного сырья // З.Э. Клуге и др. Заявлено 10.06.75; Оpubл. 15.04.79. Бюл.№14.
2. Баум М.Ю., Новак Н.П. Изготовление стружечных плит из виноградной лозы // Плиты и фанера. – М.: ВНИПИЭЛеспром. – 1974. – № 10. – С. 9-10.
3. Бехта П.А. Технология деревянных композитных материалов. – Київ: Основа, 2003. – 336с.
4. Волчанова М.Н., Леонов А.А., Фаренюк А.М., Грунина Н.В. Плиты на минеральном вяжущем с использованием костры // Плиты и фанера. – М.: ВНИПИЭЛеспром. – 1983. – № 4. – С. 16.
5. Генсірук С.А. Ліс – проблема державна і світова // Наукові праці : зб. наук. праць ЛАН України. – Львів, 2002. – №1. – С.22-26.
6. Гончаров Н.А., Курдюмова В.М. Плиты из стеблей хлопчатника // Плиты и фанера. – М.: ВНИПИЭЛеспром. – 1981. – № 3. – С. 14-15.
7. Демидов Ю.М., Чесновицкая М.Л. Изготовление плит из тростника // Плиты и фанера. – М.: ВНИПИЭЛеспром. – 1974. – № 8. – С. 13.
8. Караськов Г.И., Сизова Е.М. Плиты из костры // Плиты и фанера. – М.: ВНИПИЭЛеспром. – 1980. – № 4. – С. 14-15.
9. Москатов К.А. Пластики из растений // Пластические массы. – 1984. – № 10. – С. 32-35.
10. Свириденко А.И. и др. Экологически чистые композиционные материалы на основе вторичных растительных ресурсов и термопластичных полимеров// Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности: матер. докладов Междунар. научно-техн. конф. – Минск: БГТУ, 1999. – С. 340-342.
11. Филонов А.А. Исследование возможности замены древесного сырья в производстве древесностружечных плит подсолнечной лузгой: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 1970.
12. Энциклопедия полимеров. Т.1 – Москва: Советская энциклопедия, 1972.
13. Barbu M., Tröger F. Flaxfibre reinforced particleboard. Proceedings of the Symposium Wood Modification, Poznan, 1995. – P. 137-148.
14. Dalen H., Shorma T. The manufacture of particleboard from wheat straw. In: Proceedings of the 30th Washington State University International Particleboard Composite/Materials Symposium. Pullman, Washington, 1996. – P. 191-196.
15. Fossay C. Producers perspective. Straw to Gold Symposium. Winnipeg, Manitoba, 1995.
16. Grigoriou A. Straw-wood composites bonded with various adhesive systems. Wood Science and Technology, 2000, 34: 355-365.
17. Hague J.R.B. Biomass as feed-stocks for the forest products industry. Aspects of Appl. Biol, 1997, 49: 455-464.
18. Heller W. Die Herstellung von Spanplatten aus unkonventionellen Rohstoffen. Holz als Roh- und Werkstoff, 1980, 38: 393-396.
19. Heslop G. Compak: Ten Years of Experience with Commercial Straw Particleboard Production. In: Proceedings of the 31th Washington State University International Particleboard Composite/Materials Symposium. Pullman, Washington, 1997. – P. 109-113.
20. Hesch R. Stroh als Rohstoff für Platten. Holz-Zbl., 1979, 3: 22, 13: 196.
21. Kozakiewicz P., Nicewicz D. Hygroskopische Eigenschaften von Stroh. Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, For. and Wood Technol., 2001, 51: 41-44.
22. Markessini E., Roffael E., Rigal L. Panels from annual plant fibers bonded with urea-formaldehyde resins. In: Proceedings 31th International Particleboard/Composite Materials Symposium, Pullman, 1997. – P. 147-160.
23. Möller F., Böttcher P. Naturstoffsandwich: ein leichter Werkstoff aus nachwachsenden Rohstoffen. Holz-Zbl., 1995, 34: 573, 576.
24. Nicewicz D., Pawlicki J., Starecki A., Sosińska K., Zado A. Ocena przydatności krajowych gatunków słom zbożowych do wytwarzania płyt wiórowych. In: Technologia Drewna. XIV Konferencja Naukowa Wzrostu Technologii Drewna SGGW. Warszawa, 2000. – P. 185-192.
25. Pawlicki J., Nicewicz D., Sosińska K., Zado A. Straw-wood boards. Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, For. and Wood Technol., 2001: 152-155.
26. Pease D.A. Resin advances support strawboard development. Wood Technology, 1998, No.3. – P. 32-34.
27. Rexen F. Stroh als Rohstoffmaterial für Spanplatten. Holz Zentralbl. 1975, 101, Nr. 34:471-472.
28. Robson D., Hague J. The properties of straw fibers. In: Straw – a valuable raw material, 1993.
29. Rowell R. M. A new generation of composite materials from agro-based fiber. Proceedings of the 3d international conference on frontiers of polymers and advanced materials, Kuala Lumpur, 1995. – P. 659-665.
30. Rowell R.M., Sanadi A.R., Caulfield D.F., Jacobson R.E. Utilization of natural fibers in plastic composites: problems and opportunities. Lignocellulosic-plastics composites, Leão A.L., Carvalho F.X., Frollini E., 1997 – P. 23-51.
31. Rowell R.M., Young R.A., Rowell J.K. Paper and Composites from Agro-Based Resources. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, New York, Tokyo, 1997, 464 p.
32. Russel W.C. The straw resource: A new fiber basket? In: Proceedings of the 30th Washington State University International Particleboard Composite/Materials Symposium. Pullman, Washington, 1996. – P. 183-190.
33. Sauter S.L. Developing composites from wheat straw. In: Proceedings of the 30th Washington State University International Particleboard Composite/Materials Symposium. Pullman, Washington, 1996. – P. 197-214.
34. Spelter H. Capacity, production, and manufacture of wood-based panels in the United States and Canada. General technical report FPL-GTR-90. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory, 1996. – P. 17.
35. Straw and other annual fibers searching for a future. Panelboard Highlights, 2002 (2): 12-17.
36. Thole V., Weiss D. Eignung von Einjahrespflanzen als Zuschlagstoffe für Gipsspanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff, 1992, 50: 241-252.
37. Tröger F., Plinke G. Beitrag zur Herstellung PMDI-verleimter Spanplatten mit verschiedenen Strohanteilen. Holz als Roh- und Werkstoff. 1988, 46: 389-395.
38. White N.M., Ansell M.P. Straw-reinforced polyester composites. Journal Mat. Sci. 1983, 18: 1549-1556.
39. Youngquist J.A., Spelter H., English B.E., Chow S. Agricultural fibers in composition panels. In: Proceedings of the 27th Washington State University International Particleboard Composite/Materials Symposium. Pullman, Washington, 1993. – P. 133-152.
40. Zucaro J., Reen R. The second forest: filling the wood source gap while creating the environmental performance board of the 21st century. In: Proceedings of the 29th Washington State University International Particleboard Composite/Materials Symposium. Pullman, Washington, 1995. – P. 225-230.

P. A. Bekhta

WOOD-STRAW COMPOSITES: PROBLEMS AND OPPORTUNITIES

This paper presents a review of problems and opportunities of wood-straw composites. Stocks of straw; properties of straw; factors which hinder to use of straw as raw material for wood composites; advantages of straw as raw material for wood composites are discussed.

