

УДК 65.012.6:620.11

**РАЗВИТИЕ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ СВЯЗЕЙ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**DEVELOPMENT OF INTERINDUSTRY COMMUNICATIONS
WHEN USING NATURAL MATERIALS**

А.А. ТИТУНИН, А.М. ИБРАГИМОВ, С.А. УГРЮМОВ, К.В. ЗАЙЦЕВА, Т.Н. ВАХНИНА
A.A. TITUNIN, A.M. IBRAGIMOV, S.A. UGRUMOV, K.V. ZAITSEVA, T.N. VAKHNINA

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: kseniya_zaiцева@mail.ru

В статье обоснованы возможности создания новых экологически безопасных природных материалов, которые получают в результате исследований на стыке научных специальностей, что позволило авторам наметить перспективы применения отходов переработки льна для разработок композиционных материалов различного назначения по технологиям переработки древесных материалов.

Possibilities of creation of ecologically safe new natural materials on a joint of scientific specialties are presented in article, that allowed authors to plan prospects of application of waste of processing of flax for development of composite materials of different function on technologies of processing of wood materials.

Ключевые слова: экологически безопасные материалы, плитные композиты, костра льна, древесина.

Keywords: ecologically safe materials, slabby composites, flax fire, wood.

В современном техногенном мире мы все чаще обращаемся к экологически безопасным природным материалам и не для того, чтобы быть "ближе к природе", а ради сохранности здоровья каждого человека и общества в целом.

Казалось бы, что общего между текстилем, в частности, льном, хлопком, трикотажем и древесиной? Ничего общего. Но это только на первый взгляд. Одним из ос-

новных структурообразующих перечисленных материалов является лигнинуглеводный комплекс, объединяющий все эти объекты в одну взаимосвязанную систему, которая создает экологичную и комфортную среду обитания человека. Создание этой среды, по мнению авторов, должно быть одной из задач направлений научных исследований. Тормозит создание данного вектора слабость и неустойчивость межот-

раслевых научных связей. Зачастую ученые, работающие как в разных, так и в смежных научных областях, не используют возможности единого подхода к решению поставленных научных проблем.

Общеизвестно, что великие открытия и прорывы возникают на стыке наук, потому что происходит взаимообогащение и аппроксимация подходов одной науки на проблемы другой. Это позволяет перейти от частных разработок единичных объектов к прорывным межотраслевым исследованиям. Именно такие исследования имеют большую вероятность реализации вследствие практической значимости для разных отраслей экономики. Данные выводы авторов позволили наметить перспективы совместного применения исследований в области текстильных материалов и технологических подходов переработки древесных материалов при создании композитов на основе отходов переработки льна, хлопка и других лигноцеллюлозных материалов. Что, несомненно, расширяет сферу использования композитов данного вида для создания комфортной экологической искусственной среды обитания человека.

Сельскохозяйственные отходы, например, костра льна, не находят широкого применения в производстве клееных материалов. Как правило, они сжигаются с целью производства теплоэнергии или вывозятся на поля запахивания. В то же время они являются дешевым сырьем для производства композиционных материалов [1].

В настоящее время проблемам углубленной переработки льна и эффективной утилизации отходов льнопроиз-

водства уделяется серьезное внимание на государственном уровне в соответствии с документом "Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий", в котором предусмотрена глубокая переработка льна. Следует указать, что в последние годы наблюдается существенный рост производства и переработки льна, что влечет повышение объемов костры, подлежащей утилизации. Производство костроплит представляется перспективным и эффективным направлением переработки льняной костры.

Стебель льна построен из тех же органических соединений, которые входят в состав высших растений: целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина, кроме этого, пектиновых веществ и белков. К низкомолекулярным соединениям относятся углеводы, аминокислоты, фенольные соединения, липиды, жиры и воски. Содержание целлюлозы в стеблях льна достигает в лубяной части – 60...65%, в древесной – 40...45%. В льняной костре может содержаться до 64% целлюлозы [2]. Целлюлоза в техническом отношении наиболее важная составная часть растения. Она образует каркас клеточной стенки, несущий механическую нагрузку в статических и динамических условиях и, следовательно, определяет механическую прочность как самой клетки, так и растительной ткани в целом. Степень полимеризации льняной целлюлозы составляет примерно 36000; молекулярная масса – примерно 5900000 у.е. [3]. Сравнительный химический состав древесины [4], [5] и костры льна [6], [7], %, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Вид наполнителя	Содержание основных компонентов			
	целлюлоза	лигнин	пентозаны	гексозаны
Ель	45,2	28,1	10,3	12,3
Сосна	50,6	27,5	10,4	11,8
Лиственница	36,2	28,6	13,5	11,6
Пихта	52,1	29,9	11,0	6,3
Береза	41,0	20,1	28,0	3,0
Осина	43,6	20,1	26,0	2,0
Костра льна	48,3	26,4	22,01	-

Как видно из табл.1, по химическому строению костра льна сходна с древеси-

ной. Клеточная структура костры отличается компактностью, диаметр поперечного

сечения клеток очень мал, сосуды и волокна примерно равны по длине и открыты только с концов. Такое расположение создает практически замкнутую систему.

Основные статистические характеристики наполнителей композиционных материалов [8] представлены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование показателей	Значения показателей					
	для параметров древесных частиц			для параметров костры льна		
	длина	ширина	толщина	длина	ширина	толщина
Минимальное значение, мм	4,8	0,8	0,08	3,8	0,6	0,18
Максимальное значение, мм	25,7	2,5	0,5	24,8	3,2	1,52
Среднее значение, мм	12,77	1,26	0,27	10,07	1,73	0,69
Стандартное отклонение, мм	4,45	0,35	0,10	4,33	0,64	0,30
Дисперсия выборки, мм ²	19,80	0,12	0,01	18,78	0,41	0,09
Коэффициент вариации	34,85	27,5	36	43	37,1	42,88
Ошибка среднего арифметического, мм	0,45	0,03	0,01	0,43	0,06	0,03
Ошибка среднего квадратического отклонения, мм	0,31	0,02	0,006	0,31	0,05	0,02
Показатель точности, %	3,49	2,69	3,58	4,303	3,71	4,29

Древесные частицы и частицы костры, предназначенные для производства плитных композиционных материалов, имеют правильную плоскую форму. Однако, кроме размерных показателей, древесные частицы и костра в значительной степени отличаются по величине удельной наружной поверхности и по доле наружной поверхности с перерезанными волокнами. Геометрические параметры частиц напол-

нителей композиционных материалов представлены в табл. 3.

Частицы костры отличаются от древесных меньшими размерами по толщине, что сказывается на увеличении удельной наружной поверхности первых. Однако доля наружной поверхности с перерезанными волокнами у костры меньше вследствие их малой толщины относительно длины и ширины.

Таблица 3

Наименование показателя	Древесные частицы	Костра льна
Удельная наружная поверхность частиц, м ² /кг	5,36	16,78
Удельная поверхность торцев частиц, м ² /кг	0,24	0,28
Доля поверхности с перерезанными волокнами (доля торцев), %	4,65	1,7

Наибольший удельный вес в объеме партии костры приходится на фракции с наибольшим размером частиц от – 7 до 0,5 мм (порядка 80...85% от всего объема). С точки зрения формирования структуры плитного материала незначительная толщина способствует образованию большего количества клеевых прослоек и формированию мелкоструктурной поверхности.

Таким образом, костра льна является эффективным сырьем для переработки в плитные материалы различного назначения, что обусловлено особенностями ее физико-химического строения и дешевизной. Следует отметить, что наибольший эффект от переработки костры достигается при производстве на ее основе плитных материалов, которые могут использоваться

в строительстве и мебельной промышленности для создания конструктивных элементов.

Примером такого материала из костры льна для мебельной промышленности могут служить плиты с комплексом свойств, удовлетворяющим требованиям ГОСТа 10632–2014 на продукцию-аналог – древесно-стружечные плиты (ДСтП).

Режимные факторы производства плит толщиной 16 мм, плотностью 750 кг/м³ с различным соотношением наполнителей выбраны в соответствии с данными [9] для изготовления древесно-стружечных плит на основе традиционных смол и наполнителей:

- температура прессования 150°C;

- продолжительность прессования 8 мин (0,5 мин/1мм толщины);
- удельное давление прессования 2 МПа;
- норма расхода связующего 12 %.

В качестве связующего использовался клей на основе карбаминоформальдегидной смолы КФН-54, который совмещался с

модификатором (бутанолом в количестве 2%) для повышения смачивающей способности и адгезионных свойств по отношению к костре [10]. Сводные результаты оценки физико-механических показателей образцов плит представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

№ п/п	Тип наполнителя плиты	Физико-механические свойства				
		предел прочности при изгибе $\sigma_{и}$, МПа	предел прочности при растяжении перпендикулярно пластине $\sigma_{р}$, МПа	разбухание по толщине P_s , %	водопоглощение ΔW , %	фактическая плотность ρ , кг/м ³
1	100% Д + М	15,1	0,32	29,51	69,88	725
2	25% К, 75% Д + М	17,3	0,38	30,69	77,32	675
3	50% К, 50% Д + М	18,9	0,40	34,04	80,96	721
4	75% К, 25% Д + М	20,5	0,42	36,26	81,09	700
5	100% К + М	18,1	0,34	40,54	88,79	696
6	100% Д	14,2	0,35	35,06	81,36	700

П р и м е ч а н и е. Д – древесная стружка, К – костра, М – модификатор.

Проведенные экспериментальные за-прессовки подтвердили технологическую возможность производства плитных композиционных материалов на основе совмещенных наполнителей на существующем оборудовании плитных производств. При этом по основным физико-механическим характеристикам данные плиты удовлетворяют требованиям ГОСТа 10632–2014 на продукцию-аналог (древесно-стружечные плиты). Наибольшими значениями предела прочности при статическом изгибе и при растяжении перпендикулярно пластине обладают образцы № 3, 4 с содержанием костры соответственно 50 и 75 %, вероятно, за счет того, что в структуре данного материала происходит заполнение пространств и пустот, образованных соприкасающимися древесными частицами довольно большой толщины более тонкими частицами костры льна. При этом образуется более монолитный (по сравнению с традиционной древесно-стружечной плитой) материал, что ведет к повышению его прочностных характеристик. Кроме этого, при добавлении костры в структуру плиты снижается ее разбухание за счет того, что частицы костры обладают меньшей впитывающей способностью.

Комплексный анализ свойств изготовленных материалов позволяет рекомендовать использование добавки костры льна в структуру новых плитных древесных материалов в количестве 25...75% (по массе) без существенного снижения физико-механических показателей. Изготовление данных материалов может осуществляться по традиционным технологическим режимам, принятым в производстве ДСтП (без интенсификации процесса), для обеспечения качественного осмоления наполнителя необходимо применение клеевых составов, модифицированных бутанолом на стадии смешивания компонентов.

Другим вариантом использования костры льна является применение ее в качестве утеплителя при производстве комбинированного клееного бруса [11]. Опыт использования в качестве теплоизоляционных материалов для домостроения отходов льнопроизводства представлен в работах [12...14]. Данный брус является эффективной ограждающей конструкцией, состоящей из трех ламелей хвойных пород размером 40x200 мм и двух ламелей из костроплит толщиной 20 мм плотностью 600 кг/м³ (рис. 1 – схема деревянного клееного бруса с ламелями из костроплит). Параметры костроплит, при-

меняемые при изготовлении клееного бруса, представлены в табл. 5.

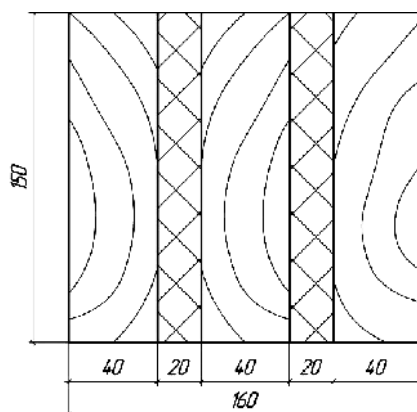


Рис. 1

Т а б л и ц а 5

Характеристика плиты	Значение параметра
Плотность, кг/м ³	600
Влажность, %	8
Толщина, мм	20
Время прессования, мин	6,3
Температура плит пресса, °С	165
Давление прессования, МПа	2,5

По методике [15] был определен коэффициент теплопроводности клееного бруса с утеплителем из кистроплит и традиционного пятислойного клееного бруса [11]. Коэффициент теплопроводности эффективного бруса оказался ниже на 18%, что позволяет рекомендовать его к применению.

Экономические расчеты показали, что материальная составляющая себестоимости производства клееного бруса с утеплителем из кистроплит снижается почти на 50%, за счет чего конкурентоспособность такого бруса возрастает.

В ы в о д ы

1. Льняная костра по химическому строению сходна с древесиной, она содержит стойкие химические соединения – лигнин, целлюлозу, высокополимерные пентозаны, поэтому может склеиваться с применением клеев на основе традиционных смол, применяемых в деревообработке. Частицы костры образуют фракцию, пригодную для использования в плитном

производстве без дополнительной обработки.

2. Применение совмещенных наполнителей (древесина, костра льна и модификатор) в производстве плитных материалов позволяет выпускать качественные конкурентоспособные плитные материалы, соответствующие по физико-механическим характеристикам древесно-стружечным плитам, предназначенным для использования в мебельной промышленности, строительстве, а также в иных сферах.

3. Использование кистроплит при производстве эффективного клееного бруса позволяет повысить сопротивление теплопередаче, существенно снизить себестоимость (почти на 50%) данного вида продукции и рационально использовать сырьевую базу при переработке льна и древесины по сравнению с традиционным клееным брусом.

4. В работе представлен пример создания на стыке наук новых экологически безопасных материалов, структурными элементами которых является лигнино-углеводный комплекс.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Угрюмов С.А. Формирование плитных материалов на основе древесных наполнителей и костры льна. – Кострома: Издательство КГТУ, 2014.
2. Справочник по заводской первичной обработке льна / И. Я. Шаров и др.; под общ. ред. В. Н. Храмцова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. Голова О.П., Иванов В.И., Николаева И.И. Молекулярный вес целлюлозы и явления торможения при ее окислительном распаде // Труды АН СССР. – М.-Л.: АН СССР. С. 27...34.
4. Никитин В.М., Оболенская А.В., Щеголев В.П. Химия древесины и целлюлозы. – М.: Лесная промышленность, 1978.
5. Богомолов В.Д. Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений. – М.: Лесная промышленность, 1973.
6. Белопухов С.Л., Дайдакова И.В., Малиновская Е.А. Исследование химического состава льна-долгунца на разных этапах развития под воздействием стимуляторов роста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chem.kstu.ru>.
7. Соболев М.А. Химия льна и лубоволокнистых материалов. – М.: Гизлегпром, 1963.
8. Угрюмов С.А. Статистическая оценка размерно-качественных характеристик частиц наполнителей композиционных материалов // Актуаль-

ные проблемы лесного комплекса // Сб. научн. тр. – Брянск: БГИТА, 2007. Вып. 20. С.143...145.

9. Справочник по производству древесностружечных плит / И.А. Отлев, Ц.Б. Штейнберг, Л.С. Отлева и др. – М.: Лесная промышленность, 1990.

10. Угрюмов С.А., Цветков В.Е. Модифицирование карбамидоформальдегидной смолы для производства кстроплит // Деревообрабатывающая промышленность. – 2008, №3. С.16...18.

11. Зайцева К.В. Пути повышения эффективности ограждающих конструкций из древесных материалов // Вестник МГСУ. – 2015, № 10. С.75...84.

12. Смирнова О.Е. Использование отходов льнопереработки в строительной отрасли // Сб. мат. IV Междунар. науч.-эколог. конф.: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар, 2015. С. 238...242.

13. Бакатович А.А., Давыденко Н.В. Опыт применения теплоизоляционных плит на основе растительных отходов сельскохозяйственного производства // Вестник гражданских инженеров. – 2014, № 5 (46). С. 77...84.

14. Павлова А.Н., Морозова Л.А., Немова Т.Н., Касимова Л.В., Лапова Т.В., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П. Теплоизоляционные материалы на основе костры льна-долгунца // Мат. Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию со дня рождения профессора Г.М. Рогова: Роговские чтения. Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и гео-экологии урбанизированных территорий – Томск: ТГАСУ, 2015. С. 258...261.

15. Зайцева К.В., Титунин А.А. Разработка методики определения эксплуатационных параметров клееного бруса // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. 2008, № 6. С. 67...70.

REFERENCES

1. Ugrjumov S.A. Formirovanie plitnyh materialov na osnove drevesnyh napolnitelej i kostry l'na. – Kostroma : Izdatel'stvo KGTU, 2014.

2. Spravochnik po zavodskoj pervichnoj obrabotke l'na / I. Ja. Sharov i dr.; pod obshh. red. V. N. Hramcova. – М. : Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1984.

3. Golova O.P., Ivanov V.I., Nikolaeva I.I. Molekuljarnyj ves celljulozy i javlenija tormozhenija pri ee okislitel'nom raspade // Trudy AN SSSR. – М.-Л. : AN SSSR. S. 27...34.

4. Nikitin V.M., Obolenskaja A.V., Shhegolev V.P. Himija drevesiny i celljulozy. – М.: Lesnaja promyshlennost', 1978.

5. Bogomolov V.D. Himija drevesiny i osnovy himii vysokomolekuljarnyh soedinenij. – М.: Lesnaja promyshlennost', 1973.

6. Belopuhov S.L., Dajdakova I.V., Malinovskaja E.A. Issledovanie himicheskogo sostava l'na-dolgunca na raznyh jetapah razvitija pod vozdejstviem stimulatorov rosta [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : <http://www.chem.kstu.ru>.

7. Sobolev M.A. Himija l'na i lubovoloknistyh materialov. – М. : Gizlegprom, 1963.

8. Ugrjumov S.A. Statisticheskaja ocenka razmerno-kachestvennyh harakteristik chastic napolnitelej kompozicionnyh materialov // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa // Sb. nauchn. tr. – Brjansk: BGITA, 2007. Vyp. 20. S.143...145.

9. Spravochnik po proizvodstvu drevesnostruzhechnyh plit / I.A. Otlev, C.B. Shtejnberg, L.S. Otleva i dr. – М.: Lesnaja promyshlennost', 1990.

10. Ugrjumov S.A., Cvetkov V.E. Modificirovanie karbamidoformal'degidnoj smoly dlja proizvodstva kstroplit // Derevoobrabatyvajushhaja promyshlennost'. – 2008, №3. S.16...18.

11. Zajceva K.V. Puti povyshenija jeffektivnosti ograzhdajushhh konstrukcij iz drevesnyh materialov // Vestnik MGSU. – 2015, № 10. S.75...84.

12. Smirnova O.E. Ispol'zovanie othodov l'no-pererabotki v stroitel'noj otrasli // Sb. mat. IV Mezhduнар. науч.-jekolog. конф.: Problemy rekul'tivacii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozjajstvennogo proizvodstva. – Krasnodar, 2015. S. 238...242.

13. Bakatovich A.A., Davydenko N.V. Opyt primenenija teploizoljacionnyh plit na osnove rastitel'nyh othodov sel'skohozjajstvennogo proizvodstva // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. – 2014, № 5 (46). S. 77...84.

14. Pavlova A.N., Morozova L.A., Nemova T.N., Kasimova L.V., Lapova T.V., Sarkisov Ju.S., Gorlenko N.P. Teploizoljacionnye materialy na osnove kostry l'na-dolgunca // Мат. Всерос. конф. s mezhduнар. uchastiem, posvjashh. 85-letiju so dnja rozhdenija professora G.M. Rogova: Rogovskie chtenija. Problemy inzhenernoj geologii, gidrogeologii i geo-jekologii urbanizirovannyh territorij – Tomsk: TGASU, 2015. S. 258...261.

15. Zajceva K.V., Titunin A.A. Razrabotka metodiki opredelenija jekspluatacionnyh parametrov kleenogo brusa // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa — Lesnoj vestnik. 2008, № 6. S. 67...70.

Рекомендована кафедрой лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств. Поступила 30.09.15.