

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ МНОГОРАЗОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ТАРЫ ИЗ ПРЕССОВАННОГО ШПОНА ВЗАМЕН ОДНОРАЗОВОЙ ПЛАСТИКОВОЙ

Стородубцева Т.Н., Зеленин Н.В.

*Воронежский государственный лесотехнический университет
им. Г.Ф. Морозова, Воронеж*

Ключевые слова: прессованный шпон, транспортная тара, циркулярная экономика, углеродный след, оценка жизненного цикла, ресурсосбережение.

Аннотация. В работе рассмотрена проблема накопления пластиковых отходов в логистике лесопромышленного комплекса. Мы сравнили физико-механические свойства и рассчитали стоимость жизненного цикла для одноразовой полимерной упаковки и многоразовой тары из прессованного шпона (LVL). Предложена концепция складной тары, которая сокращает объем обратной логистики на 80%. Расчеты показывают, что переход на такую циркулярную модель заметно уменьшает нагрузку на полигоны.

DEVELOPMENT OF A CONCEPT FOR REUSABLE TRANSPORT PACKAGING FROM PRESSED VENEER LUMBER INSTEAD OF SINGLE-USE PLASTIC

Storodubtseva T.N., Zelenin N.V.

Voronezh State University of Forestry and Technologies n.a. G.F. Morozov, Voronezh

Keywords: pressed veneer, transport packaging, circular economy, carbon footprint, life cycle assessment, resource saving.

Abstract. The paper addresses the problem of plastic waste accumulation in the logistics of the forest industry complex. We compared the physical and mechanical properties and calculated the life cycle cost for single-use polymer packaging and reusable packaging made of pressed veneer lumber (LVL). A concept of folding packaging is proposed, which reduces the volume of reverse logistics by 80%. Calculations show that the transition to such a circular model significantly minimizes the load on landfills.

В логистике лесопромышленного комплекса (ЛПК) до сих пор преобладает простой подход: купил упаковочную плёнку и пластиковые уголки, упаковал, отправил, забыл. Пластик после этого либо сжигают, либо везут на свалку. Перерабатывают в России от силы 10-15% полимерных отходов [1, 2]. При этом цены на нефтехимию растут, и упаковка каждый год обходится предприятиям всё дороже. Мы задались вопросом: можно ли заменить одноразовый пластик на материал, который производится из того же сырья, что и основная продукция ЛПК, и при этом служит не один рейс, а десятки? Ответом стал прессованный шпон (LVL). В этой работе мы разработали концепцию складной многоразовой тары из LVL и посчитали, насколько это выгодно – и экономически, и экологически.

Цель исследования – разработать концепцию складной многоразовой тары из прессованного шпона (LVL) и количественно оценить её преимущества перед традиционной полимерной упаковкой по трём критериям: прочность, экологичность и стоимость жизненного цикла.

Для сравнения мы взяли три материала: прессованный шпон (LVL), полипропилен (из которого делают пластиковые уголки и обвязки) и обычный картон. Свойства материалов брали из открытых технических справочников и отраслевых исследований [2].

Прочность на изгиб и плотность – стандартные показатели, которые есть в любом каталоге. Углеродный след считали по данным LCA-исследований (Life Cycle Assessment) – в частности, по работе Bergman и др., где сравнивались деревянные и пластиковые поддоны [1]. Расчёт стоимости жизненного цикла проводили для условного предприятия, отгружающего 100 000 м² фанеры в год. Функциональная единица – один цикл транспортировки 1 м² продукции на 500 км.

Сравнение материалов. LVL – это, по сути, склеенные под давлением тонкие слои шпона. Материал не новый, в строительстве его используют давно, но для транспортной тары его начали рассматривать относительно недавно.

Данные таблицы 1 показывают, что по прочности на изгиб шпон превосходит полипропилен примерно в полтора-два раза. При этом он легче: 550-750 кг/м³ против ~900 у пластика. Для тары это значит, что конструкция будет и крепче, и легче – а меньший вес напрямую экономит топливо при перевозке [2]. Картон, конечно, тоже биоразлагаем. Но на практике картонная тара выдерживает один, максимум два рейса – потом размокает и рвётся.

Табл. 1. Сравнительные характеристики материалов упаковки

Параметр	Прессованный шпон (LVL)	Полипропилен (Пластик)	Картон
Прочность на изгиб, МПа	60-100	30-40	< 20
Плотность, кг/м ³	550-750	~900	400-600
Срок службы, циклов	50-100+	1	1-2
Углеродный след, кг СО ₂ -экв./ед.	4,12	38,85	Средний
Биоразлагаемость	Да (2-5 лет)	Нет (400+ лет)	Да

Для ЛПК, где грузы тяжёлые, а условия хранения далеки от идеальных, это не вариант [2].

Экологичность. Здесь стоит остановиться подробнее. Углеродный след производства одной единицы пластиковой упаковки – 38,85 кг СО₂-эквивалента. У шпона – 4,12 кг. Разница почти десятикратная. Если пересчитать на 10 000 циклов использования, картина становится ещё нагляднее. Пластик: 10000×38,85 = 388500 кг СО₂. Шпон (с учётом того, что одна тара служит 50+ циклов и производится один раз): около 824 кг. Разница – почти в 470 раз (рис. 1). Конечно, эти цифры получены для усреднённых условий. На конкретном предприятии результат будет зависеть от логистики, источника энергии и расстояний перевозок. Но порядок величин, на наш взгляд, показателен.

Главная проблема многоразовой тары – обратный рейс. Если ящик жёсткий и не складывается, то фура везёт обратно воздух. Это дорого и бессмысленно.

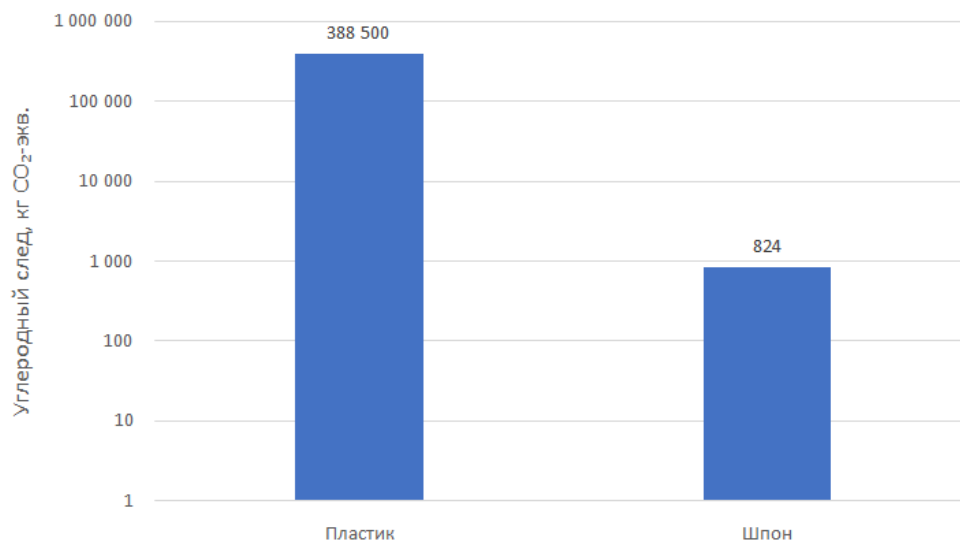


Рис. 1. Сравнение углеродного следа на 10 000 циклов использования

Предложенная складная конструкция из LVL решает эту проблему. В сложенном виде тара занимает около 20% от объёма собранной (табл. 2). На практике это значит, что в обратный рейс можно загрузить в 5 раз больше пустых ящиков.

Табл. 2. Показатели обратной логистики

Показатель	Жесткий деревянный ящик	Складная тара из LVL	Пластиковый контейнер
Объем в собранном виде, м ³	1,0	1,0	1,0
Объем в сложенном виде, м ³	1,0	0,2	0,8
Загрузка фузы (обратно), шт.	20	100	25
Экономия транспортных расходов	—	80%	20%

Для сравнения: пластиковый контейнер складывается плохо (0,8 от объёма), а жёсткий деревянный ящик – вообще никак [1, 2].

Экономика. Да, шпон дороже пластика на старте. Это факт, и его не стоит игнорировать. Но считать нужно не цену покупки, а стоимость одного цикла использования (табл. 3). В первый год циркулярная модель действительно дороже – сказываются первоначальные вложения. Но уже к 14-16 месяцу затраты выравниваются, а к пятому году экономия переваливает за 5 млн рублей (около 66,5%) [2].

Табл. 3. Расчет стоимости жизненного цикла (на 1 год, 10 000 ед.)

Статья затрат	Линейная модель (Пластик)	Циркулярная модель (LVL)
Закупка тары	1 500 000 руб.	1 600 000 руб. (единоразово)
Ремонт и обслуживание	0 руб.	240 000 руб.
Утилизация отходов	30 000 руб.	5 000 руб.
Итого за 1-й год	1 530 000 руб.	1 845 000 руб.
Итого за 5-й год	7 650 000 руб.	2 565 000 руб.

Мы также проверили «пессимистичный» сценарий: что, если ресурс тары окажется не 100, а 50 циклов, а ремонт подорожает на 20%? Даже в этом случае экономия остаётся выше 50%. То есть модель устойчива к колебаниям рынка.

Заключение. Исследование показало: многоразовая тара из прессованного шпона (LVL) – это реальная и эффективная замена одноразовой пластиковой упаковке в лесной отрасли. Если применить такую концепцию, нагрузка на экологию серьезно падает [2, 3]. Мы убираем пластик из логистики, а упаковку вплоть до переработки в щепу прямо на предприятии. Да, вложения нужны больше, чем в пластик, но после того, как они окупятся (а это всего 1,4-1,5 года), операционные расходы на упаковку падают до 80%. Получается, что переход от «купил – выбросил» к замкнутому циклу – это не просто модный экологический тренд, а вполне себе выгодный стратегический ход, который повышает конкурентоспособность наших ЛПК.

Выводы. Если сравнить физико-механические свойства материалов и посчитать стоимость жизненного цикла, получится следующее. Прессованный шпон обходит пластик по прочности на изгиб (60-100 МПа против 30-40 МПа), ещё и при меньшей плотности. То есть груз защищён надёжнее, а сама тара легче. По углеродному следу разрыв вообще колоссальный: LVL экологичнее пластикового аналога почти в 10 раз. А благодаря складной конструкции, при возврате тара занимает на 80% меньше места, а значит, рейсы становятся эффективнее. Основным барьером для внедрения является необходимость организации системы учета и ремонта тары, однако использование современных технологий маркировки и стандартизация процессов дефектовки делают эту задачу решаемой.

Список литературы

1. ГОСТ 33757-2016. Поддоны плоские деревянные. Технические условия: дата введения 2017-07-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.
2. Marcia Vásquez, Leonardo Vásquez-Ibarra, Ricardo Musule, Alfredo Iriarte. Carbon footprint of wooden and plastic pallets: A quantification with different software tools // Maderas. Ciencia y tecnología. 2022 (24): 45, pp. 1-16. DOI: 10.4067/s0718-221x2022000100445.
3. Куницкая О.А., Макуев В.А., Стородубцева Т.Н., Калита О.Н., Михайленко Е.В., Задраускайте Н.О. Оптимизация производства топливных брикетов из измельченной древесины // Системы. Методы. Технологии. – 2022. – №3(55). – С. 85-91. – DOI: 10.18324/2077-5415-2022-3-85-91.

Сведения об авторах:

Стородубцева Тамара Никаноровна – д.т.н., доцент, профессор кафедры промышленного транспорта, строительства и геодезии;

Зеленин Никита Виталиевич – студент.