

Научная статья  
УДК 676.038

## ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ СУХИМ СПОСОБОМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАШИРОВАННОЙ ФОЛЬГИ

Андрюс Гедрюсович Прохоров<sup>1</sup>, Светлана Ивановна Иванова<sup>2</sup>,  
Фирдавес Харисовна Хакимова<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет, Пермь, Россия

<sup>1, 2, 3</sup> tcbp@pstu.ru

**Аннотация.** Исследована переработка сухим способом отходов производства кашированной фольги с разделением на волокнистую и алюминиевую фракции путем использования аэродинамического диспергатора для роспуска и сортирования. Показана возможность получения из кашированной фольги волокнистого полуфабриката для повторного использования в производстве бумаги.

**Ключевые слова:** кашированная фольга, переработка, волокнистая и алюминиевая фракции, аэродинамический диспергатор, бумага

**Для цитирования:** Прохоров А. Г., Иванова С. И., Хакимова Ф. Х. Возможности переработки сухим способом отходов производства кашированной фольги // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 950–955.

Original article

## POSSIBILITIES OF DRY RECYCLING OF LAMINATED FOIL PRODUCTION WASTES

Andryus G. Prokhorov<sup>1</sup>, Svetlana I. Ivanova<sup>2</sup>, Firdaves Kh. Khakimova<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

<sup>1, 2, 3</sup> tcbp@pstu.ru

**Abstract.** Dry recycling of laminated foil production wastes with separation into fibrous and aluminium fractions by using aerodynamic disperser for disintegration and sorting has been studied. The possibility of obtaining a fibrous semi-finished product from laminated foil for reuse in paper production is shown.

**Keywords:** laminated foil, recycling, fibrous and aluminium fractions, aerodynamic disperser, paper

**For citation:** Prokhorov A. G., Ivanova S. I., Khakimova F. Kh. (2025) Vozmozhnosti pererabotki suxim sposobom otkodov proizvodstva kashirovannoj folgi [Possibilities of dry recycling of laminated foil production wastes]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 950–955. (In Russ).

Упаковка играет важную роль в жизни человека. В последние годы появились различные комбинированные упаковочные материалы, значительно превосходящие своих предшественников по прочностным и другим характеристикам. Особый интерес из них представляет кашированная фольга (КФ) – многослойный упаковочный материал, состоящий из склеенных между собой слоев алюминиевой фольги и жиро-влагостойкой бумаги. Это уникальный материал, сочетающий в себе свойства металла и бумаги [1, 2].

Основные свойства КФ: прочность и жесткость, малый вес, гибкость, пластичность, теплоотражающая способность, барьерные свойства, устойчивость к влаге, экономичность, легкость и компактность упаковки. Благодаря этому КФ стала одним из самых популярных материалов для упаковки товаров, намного опередив бумагу и пергамент. Однако все это затрудняет переработку их отходов (после применения) с целью возврата на повторное использование.

Поскольку основных компонентов КФ два – волокнистая фракция и алюминиевая фольга, целесообразно разделить КФ на эти фракции и использовать их соответственно в целлюлозно-бумажной и алюминиевой отраслях промышленности.

Существует два способа переработки бумажной упаковки: мокрый и сухой. Более распространен мокрый способ несмотря на то, что он многоступенчатый, экономически и экологически нецелесообразен. Широко обсуждается технология разволокнения сухим способом, без присутствия воды [3]. В литературе есть статьи по переработке КФ. Все они направлены на извлечение алюминиевой фольги, а волокнистая часть сжигается или уничтожается другим способом [3].

В данной работе предлагается решение этой проблемы путем перехода на сухой способ переработки отходов производства КФ и упаковки из нее с использованием аэродинамического диспергатора (рис. 1) – нового уникального многофункционального компактного аппарата, разделяющего в сухом состоянии КФ на две главные составляющие фракции – волокнистую и алюминиевую, т. е. происходит процесс роспуска и одновременно сортирования с разделением на фракции по плотности материала [4].

Процесс регулируется таким образом, что из аппарата выносятся только единичные волокна. Все оборудование связано между собой системой автоматики.

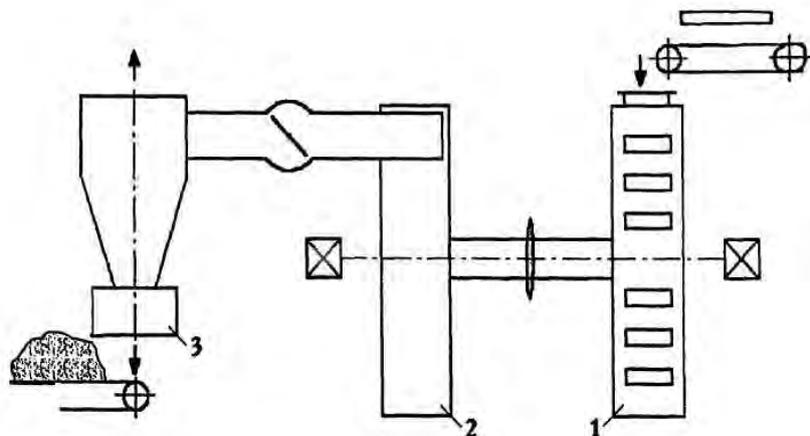


Рис. 1. Схема диспергатора-установки для роспуска и сортирования волокнистых материалов: 1 – диспергатор; 2 – вентилятор; 3 – циклон

Ранее диспергатор был использован нами для переработки различных видов макулатуры из бумаги и картона на ООО «ПЦБК». Результаты: значительное упрощение технологии, сокращение количества используемого оборудования и, соответственно, улучшение экономических показателей производства при получении продукта одинакового качества. В промышленных масштабах процесс реализован на ООО «ПроГРУПП». Функция разделения КФ на фракции осуществляется настолько эффективно, что один из продуктов – алюминиевая фракция (крупка) – уже используется в порошковой металлургии.

Задача данного этапа работы – исследования возможности и целесообразности повторного использования волокнистой части КФ с получением полуфабриката для производства бумаги и картона.

Для исследований использованы отходы производства КФ и упаковки из этого материала. КФ разделена с использованием аэродинамического диспергатора в сухом состоянии на два компонента: волокнистый (потенциальное вторичное целлюлозное волокно) и алюминиевый (алюминиевая крупка). Получается следующая схема переработки отходов КФ сухим способом (рис. 2).

Получаемые продукты: волокнистая фракция, содержит 7÷8 % остаточной фольги, и алюминиевая, содержащая остаточную волокнистую часть (~ 8). Получены следующие результаты определения доли бумаги и фольги исходного образца КФ: соотношение количеств волокнистой фракции к алюминиевой фольге 60:40 % по данным предприятия-пользователя и полученные в лабораторных условиях 58÷63 к 36÷38.



Рис. 2. Схема переработки отходов кашированной фольги сухим способом с использованием аэродинамического диспергатора

Задача исследований данного раздела работы – возможно более полное освобождение волокнистой фракции КФ от примесей алюминиевой фракции и попытка получения из этой фракции образца бумаги.

В табл. 1 приведена характеристика волокнистой фракции КФ.

Из табл. 1 следует, что длина волокон в процессе размола, вероятно, не подверглась существенному укорочению. По важному для волокнистых полуфабрикатов показателю – длине волокон – полученный из волокнистой фракции КФ образец бумаги близок к нейтрально-сульфитной полуцеллюлозе (березовой) и сульфатной лиственной целлюлозе.

Степень полимеризации исследованных образцов различается заметно, что объясняется присутствием в волокнистой фракции посторонних включений – различных алюминиевых сплавов, остатков клея, фольги и др.

Таблица 1

Характеристика волокнистой фракции кашированной фольги после роспуска в аэродинамическом диспергаторе

№ п/п	Наименование показателя	Единицы измерения	Значение показателя
1	Цвет	–	серый
2	Степень помола	°ШР	27
3	Сопротивление разрыву при растяжении	Н/м	3995
4	Разрывная длина	м	5430
3	Длина волокна (средневзвешенная)	мм	0,851
4	Толщина волокна (средняя)	мкм	23,8
5	Массовая доля золы	%	6,54
6	Степень полимеризации	–	890÷1050

*Примечание.* Средняя длина волокон (для сравнения): нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы (березовой) – 0,8 мм; сульфатной лиственной целлюлозы (Братский ЛПК) – 0,9 мм.

В табл. 2 приведены физико-механические показатели сравниваемых образцов бумаги.

*Таблица 2*

Физико-механические показатели сравниваемых образцов бумаги,  
полученных из отходов производства кашированной фольги

Показатели качества	Кашированная фольга	Бумага из волокнистой фракции		Бумага для офисной техники
		полученной после диспергатора	обработанной соляной кислотой*	
№ образца	1	2	3	4
Степень помола, °ШР	–	27	30	–
Сопротивление разрыву при растяжении, Н/м	2791 ÷ 2894	3995	3728	4365
Разрывная длина, км	5,36 ÷ 5,47	5,43	5,07	5,56
Удлинение при разрыве, мм	1,76 ÷ 2,04	1,54	1,88	1,24
Модуль эластичности, Н/мм <sup>2</sup>	14008 ÷ 152271	9802	5171	7283
Сопротивление излому, ч. д. п.	39	61	30	56
Массовая доля золы, %	–	5,91 ÷ 7,14	0,93 ÷ 1,15	6,50

\* – Бумага из волокнистой фракции, обработанной соляной кислотой с целью снижения зольности путем растворения соединений алюминия.

Образец «бумаги» (КФ) имеет довольно высокие показатели разрывной длины и модуля эластичности, что важно для сохранения формы упаковки.

В процессе роспуска в диспергаторе и обработки соляной кислотой показатели механической прочности изменились незначительно. Зольность бумаги из массы после диспергатора повышенная (6–7 %, образец 2), что связано с массовой долей фольги ~ 8,0 % (см. табл. 1). Исследования по удалению фольги позволили снизить зольность бумаги из КФ до ~ 1,0 % (образец 3) – результат, соответствующий требованиям.

Таким образом, из волокнистой фракции КФ получена бумага, по показателям качества близкая к бумаге для офисной техники.

## Выводы

1. Впервые исследована возможность и целесообразность переработки сухим способом отходов производства кашированной фольги.

2. С использованием универсального, многофункционального аппарата – аэродинамического диспергатора, в котором успешно и эффективно

выполняются две основные стадии работы: роспуск и одновременно сортирование – кашированная фольга разделена на два основных компонента: волокнистый и алюминиевый – с получением из волокнистой фракции бумаги, по показателям качества близкой к бумаге для офисной техники.

## *Список источников*

1. Гончаренко В. Л., Боравский Б. В. Современное состояние и перспективы развития обращения упаковки и упаковочных отходов: отечественный и зарубежный опыт // Обзор информ. ВИНТИ. Серия. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2002, № 8. С. 16–30.
2. Шайбакова Ю. А. Кашированная фольга как современный упаковочный материал // Молодой ученый. 2015, № 5 (85). С. 201–204.
3. Губанов Л. Н., Зверева А. Ю., Зверева В. И. Переработка и утилизация отходов упаковочных материалов : учебное пособие. Нижний Новгород : ННГАСУ, 2015. 117 с.
4. Хакимов Р. Х., Хакимова Ф. Х., Ковтун Т. Н. Применение аэродинамического диспергатора при подготовке макулатуры для использования в композициях бумаги и картона // Лесной журнал. 2013. № 3. С. 121–128.