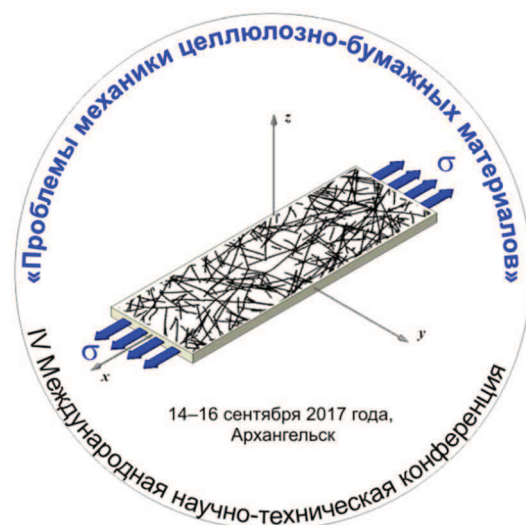




Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ



МАТЕРИАЛЫ IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПОСВЯЩЕННОЙ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.И. КОМАРОВА

14–16 сентября 2017 г.

Архангельск
2017

УДК 676.017
ББК 35.77
П 78

Составитель – **Я.В. Казаков**

*Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований (проект № 17-08-20431\17)*

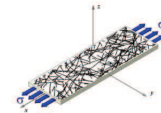
П 78 **Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов:**
материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти про-
фессора В.И. Комарова (Архангельск, 14–16 сентября 2017 г.) /
Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск:
САФУ, 2017. – 377 с.
ISBN 978-5-261-01259

Представлены материалы докладов по фундаментальным и прикладным исследованиям в области механики целлюлозно-бумажных материалов по следующим направлениям: физические основы и методы оценки механического поведения целлюлозно-бумажных материалов; новые технологические решения для повышения уровня механических свойств технической целлюлозы, бумаги и картона; перспективы развития ресурсосберегающих способов получения бумаги и картона из рециркулируемого сырья; нанотехнологии в получении новых видов целлюлозы и бумагоподобных материалов.

УДК 676.017
ББК 35.77

ISBN 978-5-261-01259

© Северный (Арктический)
федеральный университет
имени М.В. Ломоносова, 2017



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ МАССЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТАРНОГО КАРТОНА

Д.Н. Жирнов¹, Е.В. Дернова², Д.А. Дулькин³

¹ООО «Сухонский КБК», г. Сокол, Россия

²Северный (Арктический) федеральный университет, г. Архангельск, Россия

³ООО «УК «ОБФ», г. Москва, Россия

В статье представлены практические результаты применения методики оценки эффективности производства для стадии фракционирования макулатурной массы.

USING THE KEY PERFORMANCE INDICATORS FOR OPTIMIZATION STOCK PREPARATION OF THE CARDBOARD PRODUCTION

D.N. Zhirnov¹, E.V. Dernova², D.A. Dulkin³

¹LLC «Suhonsky BPM», Sokol, Russia

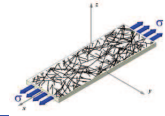
²Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

³LLC «Consolidated Paper Mill», Moscow, Russia

This article is about the practical results of method application of evaluation of equipment effectiveness of productive fractionator.

Одной из важных составляющих динамично развивающегося предприятия является оценка эффективности работы технологического оборудования и поддержание ее стабильно высоких значений. Качество готовой продукции во многом определяется вкладом каждой технологической единицы, которая установлена в технологической цепочке. Оборудование является совокупностью отдельных механизмов, которые обеспечивают его целевую функцию. К сожалению, в настоящее время нет общепринятых подходов к вопросу определения эффективности оборудования с различными ключевыми функциями. Например, в технологическую схему массоподготовительного отдела типичной бумажной фабрики, перерабатывающей макулатурное сырье, входят оборудование для очистки, сортирования, сгущения, фракционирования и размола, конструктивные и ключевые функции которых значительно отличаются друг от друга и требуют различного подхода к вопросу определения эффективности их работы.

Одной из важных стадий массоподготовки для производства тарного картона является фракционирование макулатурной массы. Использование данной стадии позволяет снизить не только удельный расход электроэнер-



гии при отдельном размоле длинно- и коротковолокнистой фракций, но и максимально восстановить бумагообразующий потенциал вторичных волокон [1...3].

Авторами была разработана методика определения ключевых показателей эффективности (КПЭ) для оценки работы отдельных единиц технологического оборудования или отдельных технологических узлов [4...6]. В целом, КПЭ отражает соотношение фактического значения оцениваемого параметра эффективности работы к максимально достижимому или «идеальному» уровню того же параметра. Оценка КПЭ позволяет выявлять «узкие места» производства, а также давать возможность для принятия оперативных мер по оптимизации каждой технологической операции.

Применительно к узлу фракционирования, КПЭ должен учитывать уровень фракционирования, достигаемый на существующем технологическом оборудовании, по отношению к максимально возможному разделению потока на фракции.

В данной работе обсуждаются результаты сравнительного анализа определения КПЭ узла фракционирования до и после замены сита промышленного фракционатора. Решение о снижении размера отверстий сита было принято в результате низкой эффективности работы фракционатора с перфорированным ситом с диаметром отверстий 1,4 мм, выражающейся в недостаточной разнице между длиной волокна длинно- и коротковолокнистой фракции. С целью сохранения пропускной способности и механической прочности фракционатора было принято решение об уменьшении диаметра отверстий до 1,2 мм.

Для определения КПЭ при фракционировании в качестве эталонного оборудования авторами использовался лабораторный 4-х ступенчатый классификатор системы Bauer McNett. Классификатор имеет четыре сетчатых сита с различным размером отверстий (16 меш – 1,2 мм, 30 меш – 0,6 мм, 50 меш – 0,3 мм, 100 меш – 0,15 мм). В результате фракционирования определяли процентное содержание каждой фракции, остающейся на соответствующем сите (табл. 1). Для расчета КПЭ четыре полученные фракции условно разделяли на длинно- и коротковолокнистую составляющую. Разделение на фракции производили по критерию средней длины волокна. За длиноволокнистую фракцию приняли остатки на ситах с размером отверстий 1,2 и 0,6 мм, за коротковолокнистую – остатки на ситах с отверстиями размером 0,3 и 0,15 мм соответственно.

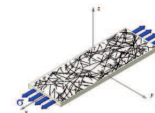


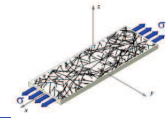
Таблица 1. Фракционный состав образцов макулатурной массы, поступающей на фракционирование (до и после замены сита)

Размер перфорации сита, меш (мм)	Доля фракций, %	Средняя длина волокна, мм
До замены сита (март 2017 г.)		
16 (1,2)	14,35	3,17
30 (0,6)	25,16	1,97
50 (0,3)	35,30	1,01
100 (0,15)	7,22	0,74
Промой	17,97	-
После замены сита (июнь 2017 г.)		
16 (1,2)	13,70	3,29
30 (0,6)	20,00	2,25
50 (0,3)	35,30	1,07
100 (0,15)	6,74	0,76
Промой	24,26	-

Фракционный состав массы, поступающей на промышленный фракционер (табл. 1), наглядно показывает существенное варьирование доли «промоя» (с 17,97 до 24,26 %), обусловленного большим количеством очень мелкого волокна, которое является «вредным» для процесса бумажного производства. Также стоит отметить достаточно высокую среднюю длину волокон в остатках на ситах с отверстиями 1,2 и 0,6 мм. Суммарная доля указанных фракций составляет 33,7...39,5 %, что говорит о потенциальной возможности выделения длинного волокна с последующим его фибриллирующим размолом.

Таблица 2. Свойства волокон в образцах, отобранных от промышленного фракционера

Проба	Средняя длина волокон, мм	Средняя ширина волокон, мкм	Средний фактор формы, %	Доля мелочи, %	Грубость, мкм/м	Средняя длина сегмента, мм
Исходная масса	1,37	27,2	90,3	6,9	135,9	1,22
До замены сита промышленного фракционера (диаметр отверстий 1,4 мм)						
ДВФ (41 %)	1,54	27,7	89,6	5,9	147,5	1,32
КВФ (59 %)	1,28	26,8	90,4	7,4	142,8	1,12
После замены сита промышленного фракционера (диаметр отверстий 1,2 мм)						
ДВФ (33 %)	1,52	27,7	89,8	5,6	134,2	1,33
КВФ (67 %)	1,12	26,1	90,9	8,6	125,7	1,04



При сравнении характеристик волокон в образцах массы, отобранных до и после замены сита фракционатора (табл. 2), стоит отметить снижение длины волокна коротковолокнистой фракции (КВФ) с 1,28 до 1,12 мм, при этом длина волокна длиноволокнистой фракции (ДВФ) практически не изменяется. Также увеличилась доля мелочи в КВФ с 7,1 до 8,6 % и снизилась средняя длина сегмента с 1,12 до 1,04 мм. Таким образом, при уменьшении диаметра отверстий сита снизилось содержание длинного волокна в коротковолокнистой фракции.

Фракционный состав волокон в образцах, отобранных при промышленном фракционировании, дополнительно оценивали с помощью анализатора Fiber Tester. Результаты представлены на рис. 1.

Фракционный состав массы, поступающей на фракционирование, за анализируемый период изменился незначительно.

Результаты распределения волокна по классам длины для длиноволокнистой фракции подтверждают данные табл. 2 относительно средней длины волокна. Так, при уменьшении диаметра отверстий сита промышленного фракционатора количественное содержание фракций практически не изменилось. Исключение составляет доля фракции с длиной волокна 1,5-2,0 мм, которая возросла на 1 %.

Наиболее значимые отличия в классах волокон наблюдаются для коротковолокнистой фракции:

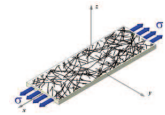
- увеличилась доля фракций с длиной волокна 0,2-0,5 мм, 0,5-1,0 мм на 3,2 и 3,3 % соответственно;
- уменьшилась доля фракции с длиной волокна 1,0-1,5 мм на 0,7 %, а также фракции 2,0-3,5 мм.

Таким образом, при увеличении отбора коротковолокнистой фракции в производственном потоке с 59 до 67 % удалось снизить попадание длинных волокон в данную фракцию.

Вследствие того, что распределение классов длины волокна ДВФ до и после замены сита фракционатора практически не изменилось, расчет ключевого показателя эффективности предлагается проводить только по коротковолокнистой фракции.

Ключевой показатель эффективности при фракционировании (КПЭ) применительно к КВФ рассчитывали следующим образом:

$$\text{КПЭ}_{\text{КВФ}} = \frac{L_{\text{лаб.}}}{L_{\text{произв.}}} \cdot 100 \%$$



где $KПЭ_{КВФ}$ – ключевой показатель эффективности при фракционировании; $L_{произв.}$ – длина волокна КВФ, полученная в производственных условиях; $L_{лаб.}$ – длина волокна КВФ, полученная при лабораторном моделировании процесса фракционирования.

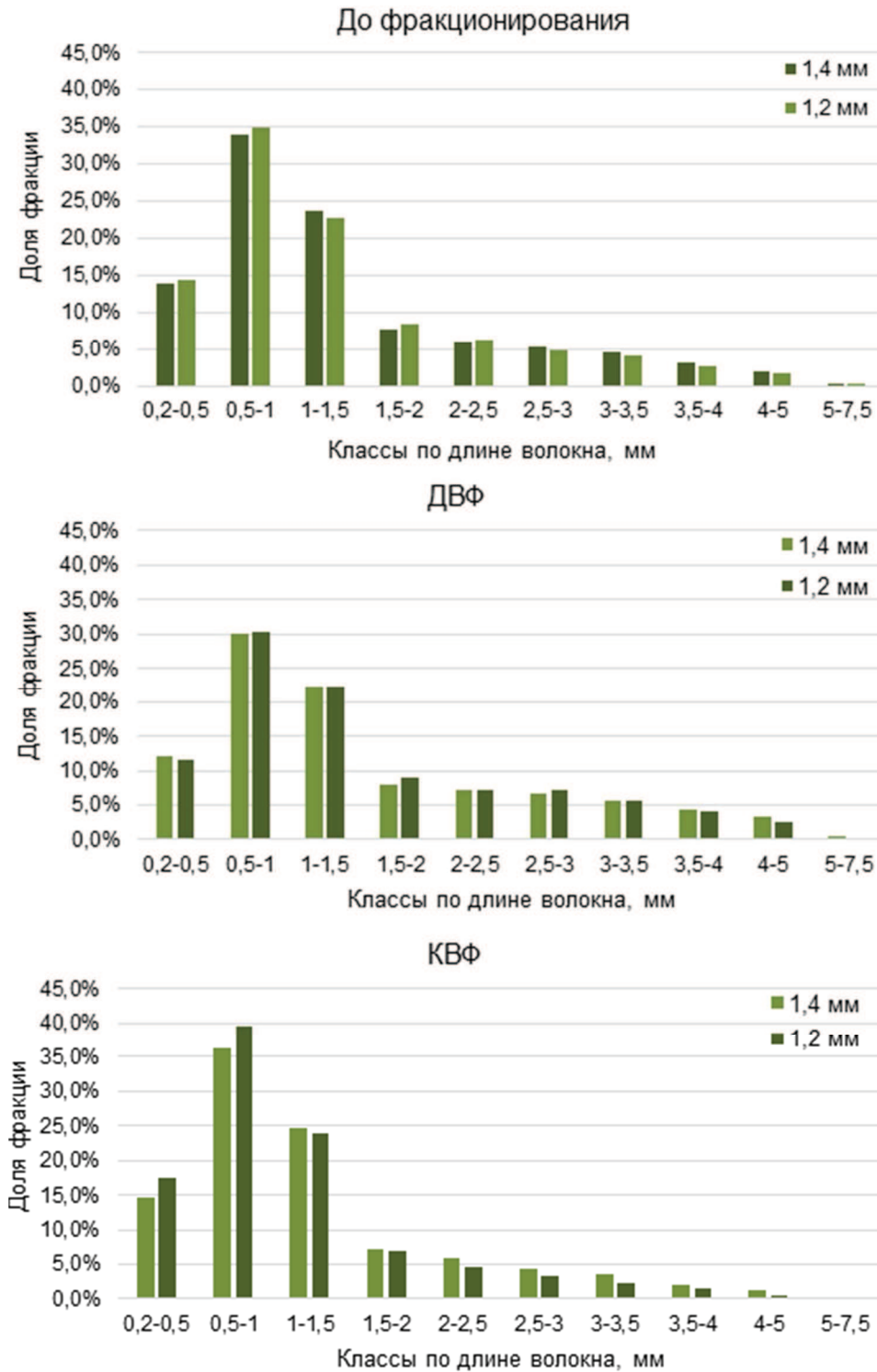
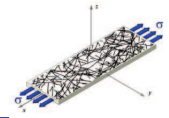


Рис. 1. Фракционный состав образцов исходной массы, ДВФ и КВФ



Расчетный КПЭ_{КВФ} промышленного фракционатора до замены сита составил 76,7 %, после замены сита – 91,4 %. Таким образом, уменьшение диаметра отверстий перфорации сита промышленного фракционатора с 1,4 до 1,2 мм позволило увеличить ключевой показатель эффективности по коротковолокнистой фракции на 14,7 %. Применительно к условиям производственного процесса это позволило снизить энергозатраты на размол длиноволокнистой фракции за счет уменьшения ее количества. Также снизилась степень помола длиноволокнистой фракции после фракционирования на 3-4 °ШР и увеличилась длина волокна, определяемая на аппарате Иванова СР-2 (весовой метод), на 0,20-0,25 мм.

Список литературы

1. Дулькин Д.А., Ковернинский И.Н., Комаров В.И., Спиридонов В.А. Мировые тенденции в развитии техники и технологии переработки макулатуры. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2002. 109 С.
2. Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2007. 1118 С.
3. Дулькин Д.А., Южанинова Л.А., Миронова В.Г., Блинушова О.И. Интенсификация процессов разволокнения макулатуры и последующего размола полученной массы // Лесн. журн.. 2005. № 1–2. С. 172–177. (Изв. высш. учеб. заведений)
4. Жирнов Д.Н., Дьякова Е.В., Дулькин Д. Совершенствование технологии подготовки макулатуры на основе оценки ключевых показателей эффективности // В сб. «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов»: материалы III Междунар. науч.-техн. конф. (Архангельск, 9–11 сентября 2015 г.) // Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: САФУ, 2015. С. 159–164.
5. Жирнов Д.Н. и др. Оценка эффективности работы бумажной фабрики // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 4. С. 130–133.
6. Жирнов Д.Н., Дернова Е.В., Блинушова О.И. Определение ключевого показателя эффективности работы размалывающей гарнитуры // В сб. «Производство бумаги, картона из макулатурного сырья. Технология, оборудование, химия, экология на производствах ЦБП»: матер. и докл. 17-й Междун. научн.-техн. конфер. – М.: ФГБОУ ВО МГУЛ, 2016. С. 30–33.