

УДК 674.023; 674.093; 674.053

UDC 674.023; 674.093; 674.053

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИНЫ БАЛАНСА, ИЗМЕЛЬЧАЕМОГО В ДИСКОВОЙ РУБИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ, НА РАЗМЕРЫ ЧАСТИЦ ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЫ

INFLUENCE OF PULP LOGS LENGTH ON THE SIZE DISTRIBUTION OF WOODEN CHIPS MANUFACTURED BY DISK CHIPPER

Васильев Сергей Борисович
д.т.н., профессор

Vasilyev Sergey Borisovich
Dr.Sci.Tech., professor

Девятникова Людмила Анатольевна
аспирантка

Devyatnikova Ludmila Anatolievna
postgraduate student

Колесников Геннадий Николаевич
д.т.н., профессор
*Петрозаводский государственный университет,
Республика Карелия, Россия*

Kolesnikov Gennady Nikolaevich
Dr.Sci.Tech., professor
*Petrozavodsk State University, Republic of Karelia,
Russia*

В статье приводится теоретическое обоснование влияния длины балансов, измельчаемых в дисковой рубительной машине с гравитационной загрузкой, на геометрические параметры щепы

The pulp logs length influence on geometrics parameters of wooden chips manufactured with a disc chipper with a gravity input is under theoretical discussion in this article

Ключевые слова: ДЛИНА БАЛАНСА, РУБИТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЩЕПЫ

Keywords: LENGTH OF PULP LOGS, DISC CHIPPER, GEOMETRICS PARAMETERS OF WOODEN CHIPS

Постановка задачи. Щепа является разновидностью измельченной древесины, характеристики которой определяются по ГОСТ 23246-78 «Древесина измельченная. Термины и определения». Из этих разновидностей щепы занимает доминирующее место по объемам производства и потребления. Щепа используется в качестве основного сырья в целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП), в производстве древесно-стружечных плит, в качестве биотоплива, в гидролизном производстве и в других целях. Чтобы обеспечить выполнение возрастающих требований рационального природопользования и конкурентоспособности выпускаемой продукции, характеристики щепы должны соответствовать требованиям каждого из потребителей. Основными являются требования к форме и размерам частиц щепы, получаемой на рубительных машинах путём измельчения круглых лесоматериалов определённой породы, длины и диаметра [1]. При этом для получения щепы высокого качества необходима очистка от коры.

В этой связи появляется комплекс задач по совершенствованию каждого из звеньев технологической цепи по переработке круглых лесоматериалов на щепу [2]. Эти звенья включают в себя: раскрой круглых лесоматериалов по длине [1], [6]; очистку от коры [3], [5], [14]; измельчение древесины в рубительной машине [1]; разделение измельченной древесины на фракции по размерам и форме частиц [2], [8]; межоперационную транспортировку балансов [6].

На фракционный состав и на качество щепы влияют особенности конструкции рубительной машины [1], [11], [12], доля короткомеров в потоке балансов, измельчаемых в рубительной машине [6] и другие факторы [2], [10]. Короткомеры в рассматриваемом случае определены как отрезки бревен длиной не более 0,8 м. Короткомеры в общем потоке балансов до их загрузки в рубительную машину показаны на рис. 1.

В работе [6] по результатам производственного эксперимента получены количественные оценки изменения качества щепы в зависимости от доли короткомеров в указанном выше потоке балансов. Было исследовано также влияние износа ножей рубительной машины на качество щепы. Однако вне поля зрения осталось то обстоятельство, что длина любого баланса в процессе его измельчения уменьшается. По этой причине на финишной стадии данной технологической операции появляется короткомер, условия измельчения которого в дисковой рубительной машине существенно отличаются от условий измельчения того же баланса на старте его измельчения.



Рисунок 1. – Короткомеры в общем потоке очищенных от коры балансов

В данной статье рассматривается задача о влиянии изменения длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры и форму частиц древесной щепы. Для решения данной задачи использованы методы математического моделирования и производственные эксперименты.

Методика решения задачи. Геометрическая схема взаимодействия загрузочного устройства рубительной машины и измельчаемого баланса показана на рис. 2. В качестве модели исходной формы баланса принят прямой круговой цилиндр (пунктир на рис. 2).

Принято во внимание, что стандартная форма частиц щепы определяется значением угла скоса $a = a_0 - b$, которое в процессе уменьшения длины баланса также уменьшается от a_0 до почти нуля. Угол примыкания загрузочного патрона к плоскости резания $a_0 \approx 37^\circ$. Более подробно параметры рубительных машин рассмотрены, например, в работах [1], [2]. Обозначим l_0 – длина баланса на старте процесса измельчения, l – текущее значение длины измельчаемого баланса, $0 < l \leq l_0$.

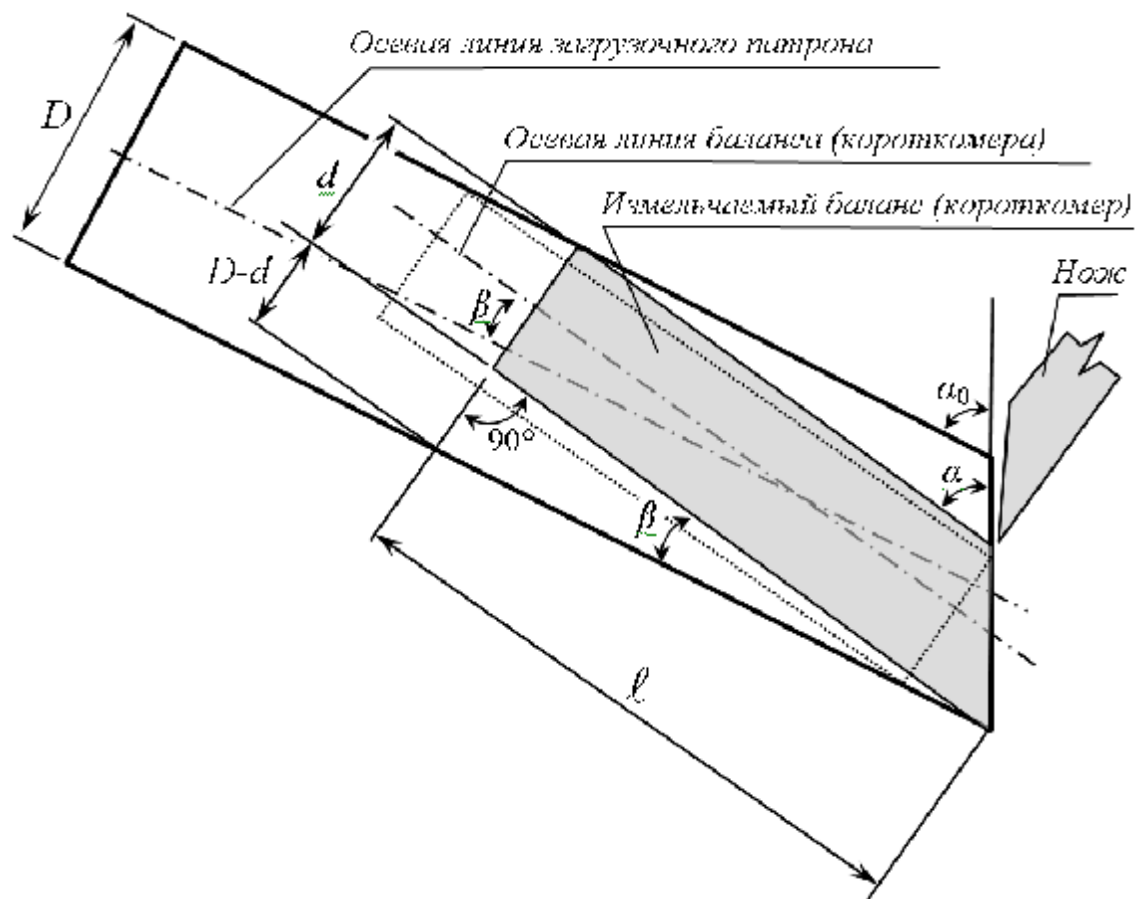


Рисунок 2. – Геометрическая схема загрузочного устройства (патрона) рубительной машины и измельчаемого короткомера

С использованием схемы по рис. 2 получена расчетная формула для определения допустимого соотношения между диаметром (высотой) D внутреннего пространства загрузочного патрона рубительной машины, диаметром d и текущей длиной измельчаемого баланса l :

$$a = a_0 + b = a_0 - \text{arc } \text{tg} b = a_0 - \text{arc } \text{tg} \frac{D-d}{l}.$$

Результаты вычислений представлены в графической форме на рис. 3.

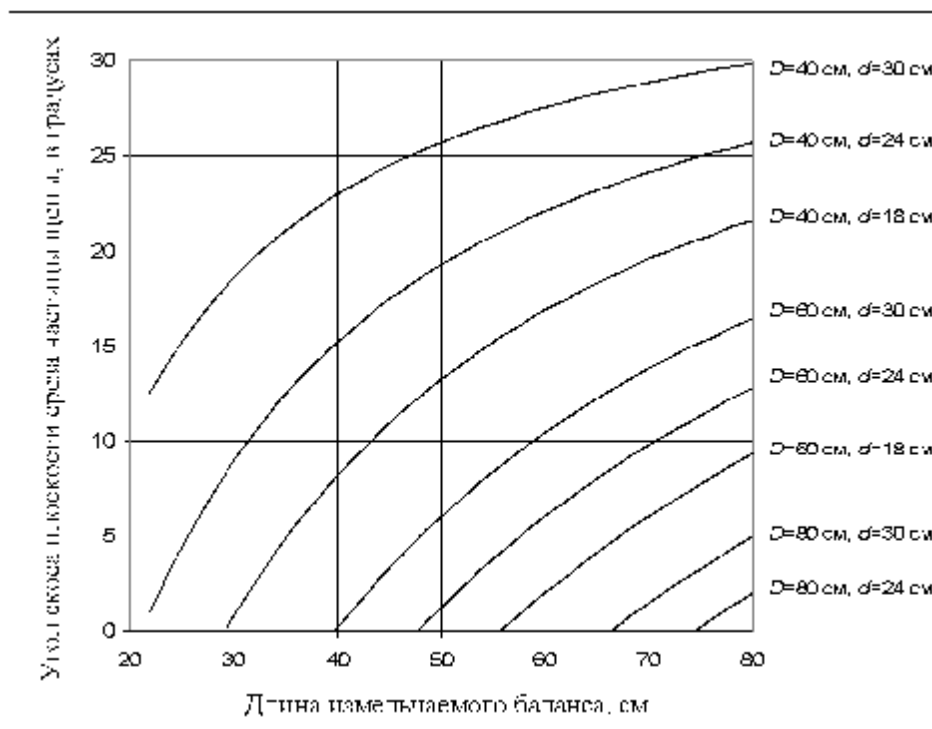


Рисунок 3. – Зависимость угла скоса плоскости среза частицы щепы от диаметра D загрузочного патрона рубительной машины, текущей длины l и диаметра d измельчаемого баланса

Расчеты выполнены с целью определения технологических параметров оборудования, обеспечивающих требуемые по ГОСТ 15815-83 геометрические характеристики щепы. Анализ результатов расчетов показал, что соотношение $w = (D - d) / l$ может быть рекомендовано к использованию в качестве безразмерного технологического параметра для прогнозирования качества щепы. Чем ближе значение параметра w к нулю, тем ближе значение угла α к α_0 и тем меньше форма частиц щепы меньше отличается от стандартной. Предлагаемая в данной статье методика показывает, что существуют две возможности для уменьшения значения параметра w : уменьшить разность $(D - d)$ или увеличить длину измельчаемого баланса l . Однако эти возможности имеют, по меньшей мере, два ограничения.

Во-первых, если $D - d = 0$, то ликвидируется зазор между внешней боковой поверхностью измельчаемого баланса и внутренней поверхностью

загрузочного устройства рубительной машины. По этой причине появятся силы трения, которые будут препятствовать процессу перемещения баланса в загрузочном устройстве. Поэтому необходим определенный зазор, т.е. $D - d \geq D$. Исходя из конструктивных и технологических соображений, детальный анализ которых требует отдельного рассмотрения, можно принять значение зазора, например, равным $D = d/20$. Значение D должно уточняться с учётом технологических особенностей особенностями конкретного производства.

Во-вторых, ограничения на увеличение начальной длины измельчаемого баланса предопределены конструкцией рубительной машины, а также ограничениями по условиям транспортировки круглых лесоматериалов и т.д.

Оценка адекватности результатов моделирования. Адекватность результатов расчетов (рис. 3), прогнозирующих прогрессирующую тенденцию уменьшения угла скоса плоскости среза частиц щепы с уменьшением длины измельчаемого баланса, подтверждена экспериментально. В эксперименте по измельчению древесины в рубительной машине были использованы балансы, торцы которых имели контрастную окраску по отношению к естественному цвету древесины в плоскости среза. По этой окраске были идентифицированы частицы щепы, полученных из торцовых частей короткомеров. Такая частица показана в центральной части на рис. 4.



Рисунок 4. – Частицы измельчённой древесины, полученные в рубительной машине из баланса с окрашенной до измельчения торцевой частью. В центре рисунка показана частица, полученная при измельчении торцевой части баланса

Измерения линейных и угловых размеров частиц щепы показали, что длина такой частицы равна примерно 7 см, что в 3,5 раза больше стандартной длины, равной 2 см. Угол скоса плоскости среза данной частицы щепы составляет примерно 14° , что примерно в три раза меньше стандартной величины, равной $39^\circ - 43^\circ$. Наличие таких частиц некондиционной крупности в потоке технологической щепы приводит к так называемым непроварам при получении целлюлозы. Поэтому массовая доля таких частиц в технологической щепе не должна превышать 3 % согласно ГОСТ 15815-83.

Как отмечено выше, длина баланса в процессе его измельчения в рубительной машине уменьшается от стандартной величины 1,2 м до нескольких сантиметров. Например, измерение длины частицы с окрашенной торцевой частью, показанной в центре рис. 4, позволяет предположить, что длина баланса в процессе его измельчения может уменьшаться примерно до 7 см. Измельчение таких короткомеров

реализуется в рубительной машине не путём резания древесины преимущественно поперёк волокон, а в основном за счёт скалывания вдоль волокон. Возможны также другие типы разрушения древесины короткомеров, приводящие к появлению некондиционных частиц, например, в виде «иголок» (рис. 5).



Рисунок 5. – Результаты лабораторного отсева: 1 – крупная некондиционная щепа; 2 – крупная кондиционная щепа; 3 – мелкая кондиционная щепа (с примесями некондиционных частиц); 4 – некондиционная фракция («иголки»); 5 – мелкая некондиционная фракция (опилки и пыль) [9]

Таким образом, любой баланс на финише своего измельчения в рубительной машине превращается в короткомер, что приводит к появлению древесных частиц нестандартных размеров и формы. По этой причине необходима сортировка частиц измельчённой древесины [2], [8].

Оценка экономической эффективности. С целью получения оценки экономической эффективности от использования рассмотренной выше технологии измельчения круглых лесоматериалов для одного из предприятий был выполнен расчет. Оценивался экономический эффект от уменьшения доли короткомеров в общем потоке балансов, поступающих

на рубительную машину. По результатам расчета установлено, что уменьшение доли короткомеров в общем потоке балансов с 68 до 38%, позволяет получить не только щепу лучшего качества, но и сокращение убытков от потерь древесины в 1,9 раза. Это ожидаемый экономический эффект. Реальный эффект может оказаться большим, поскольку в расчетах предполагалось, что короткомеры имеют длину 0,8 м. Фактически длина короткомеров варьируется в пределах от 0,1 до 1,0 м (рис. 1), что ведет к увеличению потерь древесины на стадии подготовки сырья для производства щепы. Уменьшение доли именно таких балансов даст еще больший экономический эффект.

Заключение. Анализ представленных выше результатов выполненного исследования показал, что в целях повышения качества щепы необходимо уменьшать долю короткомеров в потоке измельчаемых балансов. Другая рекомендация, имеющая ту же цель, сводится к увеличению длины измельчаемых в рубительной машине лесоматериалов, что, в частности, согласуется с производством щепы из древесной биомассы по технологии заготовки деревьями [11], [13].

Список литературы

1. Вальщиков Н.М., Лицман Э.П. Рубительные машины: монография // М.: Лесная промышленность. 1980. 96 с.
2. Васильев С.Б. Обоснование технологии и оборудования производства щепы при неистощительном лесопользовании: Дисс. ... доктора техн. наук: 05.21.05, 05.21.01 / Петрозаводск. 2002. 342 с.
3. Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В., Раковская М.И. Исследование закономерностей изменения силы соударений с целью снижения потерь при окорке древесины в барабане // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2008. № 185. С. 195 – 202.
4. Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Шегельман И.Р., Андреев А.А., Кульбицкий А. В. Установка для сортировки древесной щепы. Патент РФ на полезную модель № 109025. Опубликовано: 10.10.2011.
5. Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В., Раковская М.И. Влияние локальной жесткости корпуса корообдирочного барабана на изменение силы соударений и величину потерь древесины // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2008. № 96. С. 84 – 91.

6. Девятникова Л.А., Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Влияние технологии раскрытия балансов на фракционный состав щепы // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. М.: Изд-во МГУЛ. 2012. № 3. С.120-124.
7. Колесников Г. Н., Васильев С.Б., Андреев А.А. Установка для фракционирования сыпучих полидисперсных материалов. Патент РФ на полезную модель № 117326. Опубликовано: 27.06.2012.
8. Колесников Г.Н., Васильев С.Б. Две интерпретации одного критерия технологической эффективности фракционирования сыпучих материалов методом рассева // Материалы пятой международной научно-практической Интернет-конференции «Леса России в XXI веке». – СПб.: СПбГЛТА, 2010. – С. 158 – 162.
9. Кульбицкий А.В. Обоснование конструктивных и технологических параметров фракционирования древесной щепы на оборудовании с поэтажной компоновкой сит: автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Петрозаводск. 2010. 20 с.
10. Никишов В.Д., Гомонай М.В. О качестве технологической щепы // Вестник МГУЛ - Лесной вестник. М.: Изд-во МГУЛ. 2001. № 5. С. 130-133.
11. Рубцов Ю.В., Коннова Г.В., Рудько С.В. Технология переработки низкокачественной древесины на щепу рубительными машинами в США и России // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Т. 1. – 2011. № 8. С. 108 –114.
12. Симонова И.В., Васильев С.Б. Теоретическое исследование процесса взаимодействия древесного сырья с рабочим органом дисковой рубительной машины // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2009. № 99. С. 102-106.
13. Суханов Ю.В., Селиверстов А.А., Сюнёв В.С., Герасимов Ю. Ю. Системы машин для производства топливной щепы из древесной биомассы по технологии заготовки деревьями // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 1. С. 7-13.
14. Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Газизов А. М. Обоснование и расчет параметров селективной роторной окорки лесоматериалов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. № 190. С. 104 – 116.