

УДК 69.003

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3562

Краткое сообщение

Теоретическое исследование механизма измельчения древесины в рубительной машине

Сергей Б. Васильев^{1,*}, Ирина В. Симонова²

¹ ФГБОУВО «Петрозаводский государственный университет», 185910 Российская Федерация, Республика Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина, 33; E-Mail: servas-10rus@yandex.ru (С.Б.В.)

² ФГБОУВО «Петрозаводский государственный университет», 185910 Российская Федерация, Республика Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина, 33;

* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: servas-10rus@yandex.ru (С.Б.В.); Tel.: +7(814-2) 76-45-98; Fax: +7(8142)711000

Получена: 20 Сентября 2016 / Принята: 23 Октября 2016 / Опубликовано: 1 Ноября 2016

Аннотация: В данном сообщении рассматриваются геометрические аспекты функционирования ножей рубительной машины и движения измельчаемого бревна в процессе его измельчения на щепу. Анализ экспериментальных и теоретических данных показал, что фракционный состав щепы существенно зависит от формы рабочей поверхности диска, а также от формы ножей и их заточки. В связи с этим проведено теоретическое исследование влияния профиля рабочей поверхности диска и заточки ножей на скорость подачи бревен (самозатягивание) и качество получаемой щепы. На основе анализа расчетов, проведенных по математическим моделям, обоснована возможность применения геликоидальной рабочей поверхности диска и геликоидальной формы заточки ножей. Однако это только часть проблемы производства щепы требуемого фракционного состава с минимальными потерями древесного сырья. Другие вопросы связаны с анализом геометрических моделей движения измельчаемого бревна. Таким образом, применяя представленные модели функционирования ножей рубительной машины и движения измельчаемого бревна, можно повысить качество технологической щепы.

Ключевые слова: дисковая рубительная машина; геликоидальная поверхность диска; геометрическая модель поверхности диска; геометрическая модель формы ножа; геометрическая модель движения измельчаемого бревна.

Brief communication

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3562

Theoretical study of wood grinding mechanism in chipper

Sergei B. Vasilyev ^{1, *}, Irina V. Simonova ²

¹ Petrozavodsk State University, 185910, Lenin av. 33, Petrozavodsk, Russia;

E-Mail: servas-10rus@ya.ru.

² Petrozavodsk State University, 185910, Lenin av. 33, Petrozavodsk, Russia;

* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: servas-10rus@ya.ru

Tel.: +7(814-2) 76-45-98; Fax: +7(8142)711000.

Received: 20 September 2016 / Accepted: 23 October 2016 / Published: 1 November 2016

Abstract: In this paper discuss the geometric aspects of the chipping and motion of the log in the process of chipping. Analysis of the experimental and theoretical data showed that the fractional composition of wood chips to a large extent depend on the disc-shaped work surface, as well as the shape and sharpening blades. Therefore, the theoretical study of the effect of the working surface profile of the disk and sharpening the knives on the feed rate of the logs (samozatyagivanie) and quality of the resulting schepy. By Analysis based on calculations performed by the mathematical model, demonstrated the possibility of using helical working surface of the disc and a spiral shape sharpening knives. However, this is only part of the production of the desired fractional composition of wood chips with minimal losses of wood raw material. Other issues related to the analysis of the geometric models of the motion of the grinding timber. Thus, applying the presented models of functioning of milling cutters and grinding timber movement, can be improve the quality of the wood chips.

Keywords: disc chipper; helical surface of the disc; geometric model of the disk surface; geometric model of the shape of the knife; the geometric model of the motion of the log.

Технологическая щепка более высоких эксплуатационных показателей (Ц1, Ц2, Ц3) является сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности, уровень развития которой в значительной степени характеризует и уровень развития всего лесопромышленного комплекса, его ориентированность на производство дорогостоящей конкурентоспособной продукции. И здесь от качества производимой щепки существенно зависит качество конечной продукции целлюлозно-бумажного комбината.

Для производства щепки используются различные рубительные машины, в первую очередь – дисковые. Они характеризуются относительной простотой устройства, надежностью и стабильностью работы, высокой производительностью. Важнейшим направлением модернизации таких машин является обеспечение снижения потерь древесины при производстве щепки и улучшение её фракционного состава. На оба этих фактора несомненно оказывают влияние конструктивные параметры рубительных дисков, самих ножей, способы подачи древесины к диску и выброса щепки.

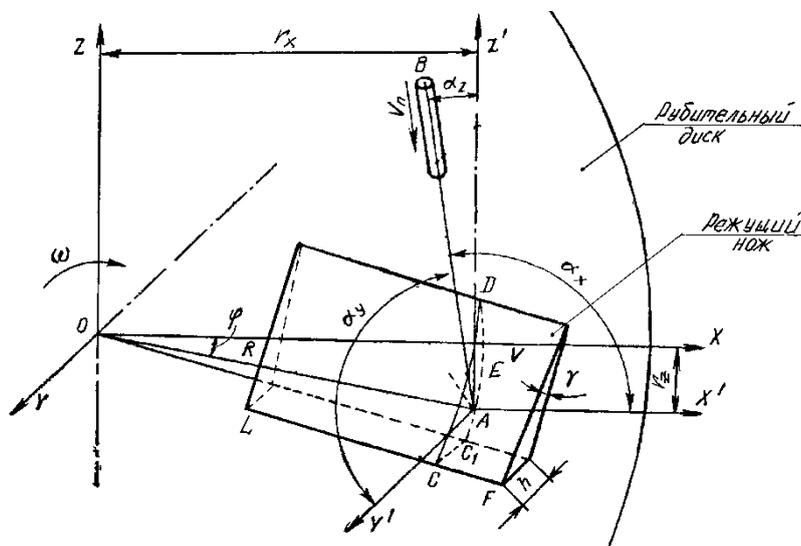
Имеющиеся исследования и рекомендации по данной проблематике носят, зачастую, разноречивый характер. В этой связи проблема обоснования рациональных параметров конструкции дисковых рубительных машин для производства щепки требуемого фракционного состава с минимальными потерями древесного сырья является важной, сложной и требующей ускоренного решения.

В этих условиях особое значение приобретают теоретические исследования процессов измельчения сырья в дисковых рубительных машинах. Будучи основаны на материалах, собранных в ходе эксплуатации и испытаний оборудования они позволяют значительно сократить затраты на разработку нового оборудования.

Анализ имеющихся в распоряжении материалов показал, что фракционный состав щепки во многом обусловлен формой рабочей поверхности диска и заточки ножей. В связи с этим проведено теоретическое исследование влияния профиля рабочей поверхности диска и заточки ножей на скорость подачи бревен (самозатягивание) и качество получаемой щепки.

Теоретические исследования выполнены на основе разработанных математических моделей, описывающих процессы подачи бревен малого и максимального диаметров.

Одна из расчетных схем, использовавшаяся при разработке математических моделей показана на рис. 1.



рубительной машины. Задняя грань ножа v наклонена к плоскости самого диска под углом γ , обеспечивающим процесс затягивания бревна. Лезвие выпущено за плоскость диска на величину h . В принятой системе координат (рис. 1) уравнения линии лезвия имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} y &= h; & y - h &= 0; \\ z &= -x \operatorname{tg} \varphi; & z + x \operatorname{tg} \varphi &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Уравнение плоскости задней грани ножа, проходящей через линию лезвия и плоскость самого диска описывается в следующей форме:

$$x \operatorname{tg} \gamma \operatorname{tg} \varphi \cos \varphi + y + z \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi - h = x \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi + y + z \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi - h = 0 \quad (2)$$

А уравнение прямой АВ оси бревна, пересекающей плоскость задней грани ножа в точке E описывается в виде

$$\frac{x - r_x}{\cos \alpha_x} = \frac{y - 0}{\cos \alpha_y} = \frac{z + r_z}{\cos \alpha_z} = C \quad (3)$$

Тогда координаты точки $E(x, y, z)$ контакта оси бревна с задней гранью ножа равны

$$\left. \begin{aligned} x &= C \cos \alpha_x + r_x; \\ y &= C \cos \alpha_y; \\ z &= C \cos \alpha_z - r_z. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Подставляя полученные значения координат в уравнение (2), получим

$$(C \cos \alpha_x + r_x) \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi + C \cos \alpha_y + (C \cos \alpha_z - r_z) \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi - h = 0 \quad (5)$$

где
$$C = \frac{-r_x \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi + r_z \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi + h}{\cos \alpha_x \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi + \cos \alpha_y + \cos \alpha_z \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi}.$$

Взяв производные от координат x, y, z по времени имеем значение составляющих скорости подачи (затягивания) оси бревна:

$$\left. \begin{aligned} v_x &= \omega \Phi \cos \alpha_x; \\ v_y &= \omega \Phi \cos \alpha_y; \\ v_z &= \omega \Phi \cos \alpha_z; \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где:

$$\Phi = \frac{(-r_x \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi - r_z \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi) N_1 + (r_x \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi + r_z \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi + h) N}{Q^2};$$

$$Q = \cos \alpha_x \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi + \cos \alpha_y + \cos \alpha_z \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi;$$

$$N = \cos \alpha_x \operatorname{tg} \gamma \cos \varphi - \cos \alpha_z \operatorname{tg} \gamma \sin \varphi.$$

Зная по координатным составляющим скорости подачи оси бревна, полное её значение v_n в момент отруба определим по известному кинематическому соотношению

$$v_n = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad (7)$$

Аналогичные зависимости выведены для случая подачи бревна максимальных размеров (ограничение по диаметру загрузочного патрона машины). В этом случае выявлено кинематическое несоответствие скоростей подачи точек, разнесенных по диаметру бревна. Чем обусловлено появление срывов в процессе подачи (самозатягивания).

Фронтальная проекция цилиндрической геликоиды представляет собой синусоиду с длиной волны, равной шагу P , и амплитудой, равной радиусу окружности основания образующего цилиндра. Развертка части цилиндрической поверхности, ограниченной геликоидой на длине одного витка, представляет собой прямоугольный треугольник, гипотенуза которого – развертка витка геликоиды, больший катет равен πd , поскольку представляет собой развертку окружности основания цилиндра, а меньший катет равен P .

На основе анализа расчетов, проведенных по полученным математическим моделям, для устранения выявленного кинематического несоответствия и обеспечения равномерности подачи бревна самозатягиванием обоснована возможность применения геликоидальной рабочей поверхности диска и геликоидальной формы заточки ножей.

Рассмотренные выше геометрические аспекты функционирования ножей рубительной машины затрагивают только часть проблемы производства щепы требуемого фракционного состава с минимальными потерями древесного сырья [1, 2]. Другие вопросы, связанные с анализом геометрических моделей движения измельчаемого бревна в процессе его измельчения на щепу в рубительной машине, достаточно подробно рассмотрены в статьях [3, 4, 5]. Таким образом, применяя представленные модели функционирования ножей рубительной машины и движения измельчаемого бревна, можно повысить качество технологической щепы [6].

Работа выполнена в рамках реализации комплекса научных мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 гг.

Литература

1. Васильев С.Б., Симонова И.В. Влияние параметров дисковой рубительной машины // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2007. № 6. С. 78-82.
2. Симонова И.В., Васильев С.Б. О применении свойств геликоиды в рубительных дисках // Resources and Technology. 2010. Т. 8. С. 133-135.
3. Девятникова Л.А., Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Влияние технологии раскря балансов на фракционный состав щепы // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2012. № 3 (86). С. 120-124.
4. Васильев С.Б., Колесников Г.Н. О влиянии характеристик загрузочного устройства рубительной машины и измельчаемого баланса на качество щепы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-5. С. 973-974.

5. Колесников Г.Н., Девятникова Л.А., Доспехова Н.А., Васильев С.Б. Уточненная модель влияния длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 105. С. 413-425.
6. Васильев С.Б., Девятникова Л.А., Никонова Ю.В, Зайцева М.И. Влияние технологических параметров на выход щепы // Сборник научных трудов SWorld. 2014. Т. 8. С. 21.

References

1. Vasil'ev S.B., Simonova I.V. Vlijanie parametrov diskovoj rubitel'noj mashiny // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal. 2007. № 6. S. 78-82.
2. Simonova I.V., Vasil'ev S.B. O primenении svojstv gelikoidy v rubitel'nyh diskah // Resources and Technology. 2010. Т. 8. S. 133-135.
3. Devjatnikova L.A., Vasil'ev S.B., Kolesnikov G.N. Vlijanie tehnologii raskroja balansov na frakcionnyj sostav shhepy // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoj vestnik. 2012. № 3 (86). S. 120-124.
4. Vasil'ev S.B., Kolesnikov G.N O vlijanii harakteristik zagruzochnogo ustrojstva rubitel'noj mashiny i izmel'chaemogo balansa na kachestvo shhepy // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2015. № 8-5. S. 973-974.
5. Kolesnikov G.N., Devjatnikova L.A., Dosphehova N.A., Vasil'ev S.B. Utochnennaja model' vlijanija dliny balansa, izmel'chaemogo v diskovoj rubitel'noj mashine, na razmery chastic drevesnoj shhepy // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 105. S. 413-425.
6. Vasil'ev S.B., Devjatnikova L.A., Nikonova Ju.V, Zajceva M.I. Vlijanie tehnologicheskikh parametrov na vyhod shhepy // Sbornik nauchnyh trudov SWorld. 2014. Т. 8. S. 21.