

DOI: 10.58168/E-SESTTI2025_79-83

УДК 674.053:621.934

**ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ДИСКОВЫХ ПИЛ НА СИЛУ РЕЗАНИЯ, ОБЪЕМ ОТХОДОВ И НАДЕЖНОСТЬ
РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ**

INFLUENCE OF GEOMETRIC AND KINEMATIC PARAMETERS OF CIRCULAR SAWS ON
CUTTING FORCE, WASTE VOLUME AND RELIABILITY OF EQUIPMENT OPERATION

Бухтояров Л.Д., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Бурякова А.А., магистр, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Боков А.А. студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж

Bukhtoyarov L.D., Cand. Sci. (Tech.) Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia
Buryakova A.A., master, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

Bokov A.A. student Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

Аннотация: Минимизация отходов производства на лесопромышленных предприятиях остается актуальной проблемой. Одним из оборудования при распиловке древесины являются круглопильные станки рабочим органом которых являются дисковые пилы. На величину отходов влияют геометрические параметры пилы, а на производительность её кинематические и динамические параметры. В статье показано влияние геометрических параметров на силу резания, и объем отходов, а также влияние кинематических параметров на скорость резания и производительность с учетом надежности работы оборудования.

Abstract: Minimization of production waste at forestry enterprises remains an urgent problem. One of the equipment used for sawing wood is circular sawing machines, the working element of which is a circular saw. The amount of waste is affected by the geometric parameters of the saw, and its productivity is affected by its kinematic and dynamic parameters. The article shows the influence of geometric parameters on the cutting force and the volume of waste, as well as the influence of kinematic parameters on the cutting speed and productivity, taking into account the reliability of the equipment.

Ключевые слова: дисковая пила, скорость резания, мощность, объем отходов, скорость подачи.

Key words: circular saw, cutting speed, power, waste volume, feed rate.

Подбор технического оснащения на лесопромышленных и деревоперерабатывающих производствах с каждым годом становится все сложнее. Появляются новые способы

обработки древесины в соответствии с задачами, которые ставит перед собой предприятие. Основная цель любого деревоперерабатывающего предприятия увеличить производительность и минимизировать отходы производства.

Несмотря на свою долгую историю использования, дисковые пилы продолжают оставаться наиболее востребованными на средних и крупных предприятиях. Их используют практически во всех этапах деревообработки, будь она первичной, вторичной или финишной. Что же касается мелких предприятий, они отдают предпочтение ленточным пилам из-за их дешевизны и срока службы, что также является не менее важным фактом. Преимущества использования дисковых пил – высокая точность при распиловке древесины, что позволяет получить необходимые размеры изделия, возможность распиловки разных пород древесины (возможность работы и с мягкими и с твердыми породами); количество дефектов продукции сведено до минимума, что обеспечивает получение досок без сколов и трещин; возможность получения гладких и ровных поверхностей. Дисковые пилы по сравнению с ленточными обладают большим объемом отходов.

Рассмотрим основные параметры дисковых пил, которые непосредственно влияют на производительность и надежность. В данной статье представлен анализ влияния различных факторов пил на процесс распиловки древесины.

Проведем анализ основных параметров дисковых пил. В первую очередь обратим внимание на такой фактор, как геометрия лезвия. Рассматривая угол наклона между передней гранью зуба и линией, перпендикулярной направлению резки, можно сказать, что, увеличивая угол снижаем силу резания, но и в тоже время увеличиваем износ [1]. Что касается заднего угла, обычно используют (10° - 15°), если мы уменьшаем угол, увеличивается трение, но в тоже время повышается и долговечность пилы. Силу резания рассчитываем по следующей формуле:

$$F_c = k \cdot b \cdot h \cdot (1 - \sin y), \quad (1)$$

где k – удельное сопротивление, Н/мм²;

b – ширина пропила, мм;

h – толщина стружки, мм.

Улучшить эффективность мы можем путем увеличения угла наклона, но при этом скорость резания будет уменьшена. Также важным фактором является количество и тип зубьев.

Объем отходов определим следующим образом:

$$V_w = b \cdot t \cdot L, \quad (2)$$

где b – ширина пропила, мм;

t – толщина распиливаемого материала, мм;

L – длина реза, мм.

Скорость резания V_c может увеличивать или уменьшать качество получаемой поверхности, но в тоже время, чем выше скорость, тем выше энергопотребление [2].

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60 \cdot 1000}, \quad (3)$$

где D – диаметр пилы, мм;

N – частота вращения пилы, об/мин.

Определив скорость резания найдем мощность, кВт:

$$P = \frac{F_c \cdot V_c}{1000}, \quad (4)$$

Из этого следует, что если мы повышаем скорость резания, например, на 20 %, то и мощность увеличится на 20-25 %.

Еще один не менее важный фактор – скорость подачи. В зависимости от того, какую скорость подачи мы выбираем для дисковой пилы получаем увеличение или уменьшение толщины стружки, при этом повышая силу резания повышается нагрев оборудования, что может привести к поломке. Скорость подачи определим по следующей формуле:

$$v_f = \frac{f_z \cdot z \cdot N}{1000}, \quad (5)$$

где f_z – подача на зуб, (z – число зубьев пилы), мм.

Толщину стружки определим по формуле:

$$h = f_z \cdot \sin \gamma, \quad (6)$$

Если толщина стружки превышает ($h > 0,5$ мм), то это с большой вероятностью может вызвать прогиб пилы.

Рассмотрим ширину пропила, которая непосредственно влияет на величину отходов:

$$b = t + 2 \cdot s, \quad (7)$$

где t – толщина диска, мм;

s – развод зубьев, мм.

Из этой формулы можем сделать вывод, что, если мы уменьшим толщину, пропила на 0,5 мм, мы сможем и количество отходов снизить до 20 %, что на сегодняшний день является одним из важнейших целей деревоперерабатывающего производства.

Изучим параметры, влияющие на процесс распила древесины:

1. Энергоэффективность. Если проведем оптимизацию скорости резания и скорости подачи произойдет минимизация мощности. Покрытия (например, AlTiN) снижают трение, уменьшая мощность на 10-15% [3].

2. Качество реза. В этом случае уменьшать необходимо толщину стружки и повышать скорость резания, тогда мы сможем добиться ровности поверхности (0,1 мм против 0,3 мм).

3. Образование отходов. Чем меньше отходов, тем выше рентабельность выбираемого оборудования. Для этого следует обратить внимание на количество зубьев и ширину пропила.

4. Износ и надежность. Скорость износа можем определить по формуле:

$$W = k_w \cdot V_c \cdot F_c \cdot t, \quad (8)$$

где k_w – коэффициент износа,

t – время резки, с.

Высокая скорость резания безусловно понижает срок службы пилы (например, с 500 до 400 резов).

Не стоит забывать и о влиянии свойств древесины на качество обслуживания и срок службы пилы. На силу резания влияет плотность древесины, так, например, ель с плотностью $\sim 450 \text{ кг/м}^3$ требует меньшую F_c , по сравнению с буком, который имеет плотность $\sim 700 \text{ кг/м}^3$. Влажность тоже имеет свое влияние, если она ($>30 \%$), то это увеличивает удельное сопротивление и повышает мощность почти на 20 %. Поэтому, на предприятиях используют древесину 8-20 % влажности, предварительно просушивая при комнатной температуре, или в специальных сушильных камерах.

На сегодняшний день на лесозаготовительных предприятиях практическое применение получили многодисковые пилы с оптимизированной скоростью подачи и шириной подачи. Благодаря этим подходам предприятия получают хорошую производительность дисковых пил. Если конструкция энергоэффективна, то это способствует поддержанию устойчивой бесперебойной работы производства, и соответственно снижает количество затрат на закупку нового оборудования [4].

Соответственно, одной из основных проблем является нахождение баланса между мощностью и количеством отходов. Создание умных пил с адаптивной скоростью резания и скоростью подачи может повысить надежность и эффективность процесса распиловки на предприятиях.

Делая вывод, приходим к тому, что производительность и надежность круглых пил напрямую зависит и от геометрии лезвия, и от конструкции зубьев, а из этого вытекает скорость резания, скорость подачи и ширина пропила. Формулы и расчеты помогают понять, что высокая скорость резания улучшает качество продукции, но снижает надежность оборудования, а уменьшение ширины пропила непосредственно сокращает отходы. При оптимизации данных параметров обеспечивается эффективная и устойчивая обработка древесины.

Список литературы

1. Какмак Али, Абдулкадир Малкочоглу. Важность геометрии пильного диска и технических условий при обработке древесины на циркулярных пилах: Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi 8(2). – 2019. – С. 114-124. DOI 10.17100/nevbiltek.441857
2. Глебов И.Т. Расчет режимов резания древесины: Монография / И. Т. Глебов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005. – 159 с.
3. Марьям Торкгхашгаи, Уильям Шаффер (и др.) Увеличение срока службы дисковых пил, используемых при первичной обработке древесины // BioResources 18 (1). – 2023. с. 2024–2044. – DOI: 10.15376/biores.18.1.2024-2044
4. Ивановский, В. П. Анализ силового взаимодействия дискового ножа с древесиной при бесстружечном делении / В. П. Ивановский, Д. К. Томенко, С. П. Трофимов, А. В. Киселева // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 4 (48). – С. 130–140. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/9>.

References

1. Çakmak Aİ, Malkoçoğlu Abdulkadir. (2019). Importance of Saw Blade Geometry and Technic Conditions in Machining of Wood Materials in Circular Saw Machines: Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi. 8. 2019. pp. 114-124. DOI 10.17100/nevbiltek.441857
2. Glebov I.T. Calculation of wood cutting modes: Monograph. / I.T. Glebov – Yekaterinburg: Ural State Forestry University. Univ., 2005. 159 p.
3. Maryam Torkghashghai, William Shaffer (et al.) Extended service life of circular saws used in primary wood processing // BioResources 18 (1). – 2023. pp. 2024-2044. – DOI:10.15376/biores.18.1.2024-2044
4. Ivanovsky, V. P. Analysis of the force interaction of a circular knife with wood during chipless fission / V. P. Ivanovsky, D. K. Tomenko, S. P. Trofimov, A.V. Kiseleva // Forestry Engineering Journal. – 2022. – Vol. 12. – № 4 (48). – pp. 130-140. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/9>.