

**О РЕЗУЛЬТАТАХ ИЗУЧЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ
ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПНЕВОЙ ДРЕВЕСИНЫ
КОНИЧЕСКОЙ ФРЕЗОЙ**

Фокин С.В., Шпортько О.Н.

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия*

**ON THE RESULTS OF STUDYING THE CHANGE IN ENERGY
INTENSITY OF THE PROCESS OF GRINDING CONIFEROUS
WOOD WITH A CONICAL MILL**

Fokin S.V., Shportyko O.N.

**Saratov State Technical University named after Gagarin Y.A.
Saratov, Russia**

Аннотация: В данной работе представлены итоги экспериментальных исследований в лабораторных условиях, посвященных анализу параметров, оказывающих воздействие на энергопотребление процесса дробления древесины пней коническим фрезерным инструментом с применением жидкого наполнителя. Выявлены оптимальные взаимосвязи технологических характеристик с целью уменьшения энергоемкости при резке пневой древесины конической фрезой.

Abstract: This paper presents the results of experimental studies in laboratory conditions devoted to the analysis of parameters affecting the energy consumption of the process of crushing stump wood with a conical milling tool using liquid filler. Optimal relationships of technological characteristics are identified in order to reduce energy consumption when cutting stump wood with a conical milling cutter.

Ключевые слова: коническая фреза, удельная сила резания, измельчение пневой древесины.

Keywords: conical cutter, specific cutting force, grinding of pneumatic wood.

Для выявления наиболее подходящих режимов дробления древесины пней посредством резцов разной формы, были проведены опытные изыскания. Рассматривалось влияние рабочих характеристик резания в обстоятельствах, максимально схожих с реальными, согласно подготовленной схеме и программе осуществления опыта [1, 2].

Изучение теоретических аспектов измельчения пневой древесины с использованием конической фрезы выявило, что ключевыми параметрами, определяющими энергозатраты процесса резания, являются: глубина врезания, скорость обработки и скорость перемещения инструмента [3, 4].

Опираясь на анализ существующих научных работ, посвященных обработке древесины пней коническими фрезами, а также на собственные теоретические разработки [5, 6], были установлены ключевые параметры, оказывающие влияние на энергоэффективность процесса измельчения пневой древесины. При этом учитывались различные конструктивные особенности резцов конической фрезы и режимы резания. Проведенные исследования позволили выявить диапазоны изменения рассматриваемых параметров:

- b (от 0,003 до 0,004): размер лезвия режущего инструмента по ширине, измеряется в метрах;
- s (от 0,002 до 0,006): значение подачи, выраженное в метрах;
- v (от 1,5 до 2,0): скорость резания (линейная), указывается в метрах в секунду.

В ходе изучения воздействия различных переменных на энергозатраты при измельчении древесины пней, принимая во внимание изменяющиеся характеристики конических фрез и условия технологического процесса, были осуществлены лабораторные исследования. Базой для этих исследований послужил принцип многофакторного планирования эксперимента.

Для разработки математической модели, описывающей технологию переработки пней, был применен полный факторный эксперимент типа 2^3 [7, 8]. Лабораторные исследования осуществлялись при заданных значениях параметров режущего инструмента и режимах обработки пневой древесины. Для обеспечения оптимальной работы инструмента рекомендованы следующие параметры:

1. Острые режущей кромки должно быть сформировано под углом от 38 до 40 градусов. Задний угол резца должен варьироваться в пределах 7-10 градусов.
2. Ширина рабочей части инструмента должна составлять от 30 до 40 миллиметров. Угол, под которым происходит процесс резания, должен находиться в диапазоне 45-50 градусов.
3. Инструмент следует устанавливать под углом 45 градусов по отношению к обрабатываемой поверхности. Величина подачи материала должна быть в пределах 2-6 мм.
4. Скорость, с которой происходит резание, должна составлять от 1,5 до 2,0 метра в секунду.

Используя общепринятые методологические принципы, были разработаны сводные таблицы и подробный проект для осуществления всестороннего эксперимента [9, 10]. В процессе выполнения запланированных мероприятий по изучению влияния технологических параметров процесса пиления древесины инструментом с изменяемой шириной режущего элемента на величину силы резания R_x , были зафиксированы соответствующие значения этой силы.

С использованием регрессионного анализа разработаны уравнения, описывающие зависимость между параметрами технологической операции обработки древесины резцом с различной шириной лезвия и компонентой силы резания R_x . Для анализа полученных результатов применялись программные комплексы MS Excel и Statistica. Путем математической обработки экспериментальных данных установлено, что воздействие режимов резания древесины с использованием пневматического инструмента разной ширины на составляющую силы

резания R_x может быть представлено в виде следующих регрессионных уравнений:

$$R_x = 1129446,58 - 293807,29 V_2 + 61596,03 S_2 \quad (1)$$

(1,1 < V, м/с < 2,3 ; 0 < S_{мм} < 8)

$$R_x = 6,43 - 0,41 \ln V + 0,74 \ln S \quad (2)$$

(1,1 < V, м/с < 2,3 ; 0 < S_{мм} < 8)

Анализ параметров, полученных из уравнений 1 и 2, показывает сильную корреляцию между коэффициентами факторов, оказывающих влияние на величину силы резания R_x (коэффициент корреляции R превышает 0,97). Свыше 95 % изменений объясняются представленными уравнениями (коэффициент детерминации R^2 более 0,95).

Изучение графиков, отображающих влияние различных факторов на эффективность измельчителя древесины, показывает: при постоянной скорости подачи увеличение скорости резания влечет за собой уменьшение компоненты силы резания R_x . Так, при ширине резца 30 мм сила снижается с 731,6 Н до 571,3 Н (уменьшение в 1,2 раза), а при большей ширине сила падает с 975,5 до 742,7 Н (сокращение в 1,3 раза).

При сохранении неизменной скорости обработки материала, усиление подачи инструмента влечет за собой значительное увеличение силы резания R_x : от 731,6 Н до 1762,4 Н (рост в 2,4 раза) при ширине режущей кромки в 30 мм и от 975,5 Н до 2114,9 Н (рост в 2,1 раза). Замедление скорости обработки в совокупности с увеличением подачи приводит к росту силы резания R_x с 731,6 Н до 1317,9 Н (увеличение в 1,8 раза). При идентичных параметрах технологического процесса увеличение ширины режущего инструмента вызывает повышение силы резания R_x с 731,6 Н до 975,5 Н (увеличение в 1,4 раза).

Анализ воздействия параметров обработки древесины на удельную силу резания R_x продемонстрировал, что ее величина может быть представлена регрессионной моделью следующего вида:

$$R_x = 6,43 - 0,41 \ln V + 0,74 \ln S \quad (3)$$

(1,1 < V, м/с < 2,3 ; 0 < S_{мм} < 8)

Данное уравнение описывают свыше 98% изменчивости результатов (коэффициент детерминации $R^2 > 0,98$). На рисунке 1 представлена визуальная интерпретация влияния параметров технологического процесса обработки древесины на удельную силу резания R_x .

Изучение влияния различных режимов обработки древесины с применением режущего инструмента и варьируемой ширины его режущей части на величину осевой силы резания (R_x) демонстрирует перспективность оптимизации конструкции конической фрезы с гидравлическим заполнением, предназначенной для измельчения пней.

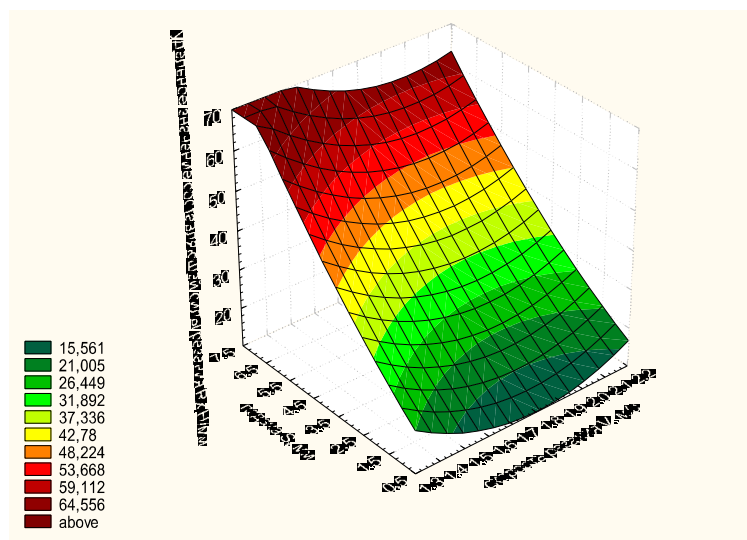


Рисунок 1- Зависимость влияния технологических режимов резания пневой древесины на удельную величину составляющей силы резания R_x

Для снижения энергопотребления при резании рекомендуется при разработке конструкции применять резцы шириной 30 мм, с углом заточки от 38 до 40 градусов и задним углом в пределах 7-10 градусов. Наилучшее сочетание рабочих параметров должно отвечать следующим значениям: подача (s) в интервале 0,0017-0,002 м и скорость резания (v) от 1,75 до 2,0 м/с.

Список литературы

1. Фокин С.В. О важности развития биоэнергетики в связи с необходимостью применения для производственных и коммунальных целей возобновляемых природных ресурсов / С.В.Фокин, О.А. Фомина //Мир Инноваций. 2019. № 4. С. 23-27.
2. Фокин С.В. К вопросу переработки древесных отходов на предприятиях АПК / С.В.Фокин, О.Н. Шпортько, К.С. Манышев // В сборнике статей II-ой международной научно-практической интернет-конференции. ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». 2017. С. 1822-1825.
3. Фокин С.В. Основные экологические и лесотехнические требования, предъявляемые к рубительным машинам фрезерного типа для измельчения древесины / С.В.Фокин, О.Н. Шпортько //Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 2-1 (13-1). С. 144-146.
4. Фокин С.В. Об основных видах энергетической древесины / С.В.Фокин, О.А. Фомина // В сборнике: Forest Engineering. материалы научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 273-276.
5. Фокин С.В. Экологосберегающие технологии при проведении современных агролесомелиоративных мероприятий / С.В. Фокин, О.Н. Шпортько, А.С. Бурлаков // Научная жизнь. 2017. № 7. С. 78-91.
6. Фокин С.В. Моделирование машины для измельчения порубочных остатков / С.В. Фокин // Научное обозрение. 2011. № 5. С. 258-265.
7. Фокин С.В. О проблемах измельчения порубочных остатков на лесосеке / С.В. Фокин, Е.В. Саввин // Лесотехнический журнал. 2011. № 2 (2). С. 30-31.

8. Фокин С.В. Об использовании древесных отходов при восстановлении защитных лесных полос / С.В.Фокин, О.Н. Шпортько, В.В. Цыплаков // Научная жизнь. 2015. № 6. С. 134-142.

9. Фетяев А.Н. Об имитационной модели процесса измельчения порубочных остатков / А.Н. Фетяев, С.В. Фокин // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 2. С. 291-294.

10. Фокин С.В. Способы транспортирования щепы из рубительных машин / С.В. Фокин, О.А. Фомина // Научная жизнь. 2018. № 2. С. 10-15.

References

1. Fokin S.V. On the importance of the development of bioenergy in connection with the need to use renewable natural resources for production and municipal purposes / S.V. Fokin, O.A. Fomina // World of Innovations. 2019. № 4. pp. 23-27.

2. Fokin S.V. To the question of processing of wood waste at the enterprises of the agro-industrial complex / S.V. Fokin, O.N. Shportko, K.S. Manyshev // In the collection articles of the II-th international scientific and practical Internet conference.-FGBNU «Prikaspiyskiy Research Institute of arid agriculture». 2017. pp. 1822-1825.

3. Fokin S.V. The main environmental and forestry requirements for chopping machines of the milling type for wood grinding / S.V. Fokin, O.N. Shportko // Actual directions of scientific research of the 21st century: theory and practice. 2015. Vol. 3. № 2-1 (13-1). pp. 144-146.

4. Fokin S.V. On the main types of energy wood / S.V. Fokin, O.A. Fomina // In the collection: Forest Engineering. Materials of the scientific and practical conference with international participation. 2018. pp. 273-276.

5. Fokin S.V. Environmental-saving technologies in carrying out modern agro-forestry measures / S.V. Fokin, O.N. Shportko , A.S. Burlakov // Scientific life. 2017. № 7. pp. 78-91.

6. Fokin S.V. Modeling of a machine for chopping felling residues / S.V. Fokin // Scientific review. 2011. № 5. pp. 258-265.

7. Fokin S.V. On the problems of grinding logging residues in the logging area / S.V. Fokin, E.V. Savvin // Lesotekhnicheskyy zhurnal. 2011. № 2 (2). pp. 30-31.

8. Fokin S.V. On the use of wood waste in the restoration of protective forest belts / S.V. Fokin, O.N. Shportko, V.V. Tsyplakov // Scientific life. 2015. № 6. pp. 134-142.

9. Fetyaev A.N. On the simulation model of the process of grinding logging residues / A.N. Fetyaev, S.V. Fokin // Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 2012. № 2. pp. 291-294.

10. Fokin S.V. Methods of transporting wood chips from chopping machines / S.V. Fokin, O.A. Fomina // Scientific Life. 2018. № 2. pp. 10-15.