

ТИММО АЛЕКСАНДРОВИЧ ГАВРИЛОВ

кандидат технических наук, инженер кафедры механизации сельскохозяйственного производства агротехнического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
gavrilov@petsu.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ ДЛЯ ПУШНЫХ ЗВЕРЕЙ*

Рассматривается вопрос повышения эффективности приготовления кормов для пушных зверей. Измельчение по своей роли в технологическом процессе и энергопотреблении является основной операцией приготовления кормов для пушных зверей, вследствие чего исследование факторов, оказывающих наибольшее влияние на энергозатраты операции измельчения, становится актуальным. Одним из таких факторов является угол скольжения лезвия ножа. Автор опирается на данные, полученные в результате экспериментального исследования. Исследуемый материал – мясо-рыбные корма – устанавливался на лабораторную установку и перерезался при различных углах скольжения лезвия ножа от 0 до 75° с шагом 15°. В результате эксперимента получены данные о влиянии угла скольжения лезвия ножа на энергозатраты операции измельчения. Анализируя эти данные, автор получил новую функциональную зависимость энергозатрат операции измельчения от угла скольжения лезвия ножа.

Ключевые слова: пушные звери, измельчение, мясо-рыбные корма, затраты энергии, угол скольжения лезвия

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность звероводческого производства во многом зависит от четкого и своевременного обеспечения зверей хорошо приготовленными, качественными кормами. В общих издержках производства шкур пушных зверей затраты на корма и их приготовление достигают 80 % [1]. Главным условием повышения эффективности приготовления кормов для пушных зверей является разработка и применение рекомендаций по энерго- и ресурсосбережению.

Технологии приготовления кормов для пушных зверей в общем виде складываются из набора операций: дефростация, мойка, поэтапное измельчение, смешивание и гомогенизация. Основные энергозатраты (до 50 % всех затрат энергии) приходятся на операцию измельчения, причем большая часть энергии расходуется нерационально, трансформируясь в тепло и другие виды энергии [1]. Вследствие этого актуально рассмотрение наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на энергозатраты операции измельчения. К ним относятся [1], [3], [4]: скорость резания, вид режущего инструмента и его расположение, геометрические параметры режущего инструмента (в особенности угол заточки и угол скольжения лезвия ножа), температура измельчаемого корма.

Влияние угла скольжения лезвия ножа (угла τ) на энергозатраты операции измельчения – одна из основных закономерностей процесса измельчения кормов, причем под углом τ подразумевается угол между направлением движения рассматри-

ваемой точки лезвия и нормалью к лезвию [1], [6]. По степени влияния этого фактора на энергозатраты операции измельчения кормов до настоящего времени нет единого мнения. Результаты исследований, приведенные в различных литературных источниках [1], [3], [4], [5], [7], [8], противоречивы и часто не совпадают по своим значениям.

Так, В. А. Желиговский пришел к выводу, что наименьшая удельная работа измельчения имеет место при рубящем действии лезвия. По его данным, по мере увеличения угла τ удельная работа возрастает сначала медленно, а после достижения 70° все интенсивнее. В. П. Горячкин установил, что с увеличением угла τ нормальная сила для возбуждения процесса уменьшается, особенно при значениях угла скольжения 30°. Исследования Н. Е. Резника показали, что увеличение значения угла τ в определенных пределах выгодно в энергетическом отношении. Удельная работа резания с увеличением угла τ до 25° падает, при дальнейшем увеличении этого угла – возрастает. В. И. Курдюмов и П. Н. Аюгин в ходе исследования по измельчению моркови [3] и Н. И. Лебедь – измельчению яблок [4] установили, что с увеличением угла τ до 35° удельная работа снижается, а затем увеличивается. Сходные данные приводит М. А. Сулима, который при измельчении тимофеевки рекомендует угол τ 35...40°. По данным А. И. Пелеева, Н. А. Барсова, В.-Н. Tong, J. Sun, Z.-H. Xu, Z.-Y. Chen, B. Ji, B. Song [8] (при резании мяса), значительное сокращение энергозатрат наблюдается при угле τ 45...60°.

Анализ приведенных работ показывает, что нет теоретически обоснованных рекомендаций по влиянию угла τ на энергозатраты операции измельчения кормов для пушных зверей. Это является существенным препятствием на пути повышения эффективности работы оборудования для приготовления кормов, а значит, и важной, актуальной проблемой, требующей решения.

Целью исследования является решение данной проблемы. Эта цель достигается путем исследования влияния угла τ на энергозатраты операции измельчения кормов для пушных зверей. В соответствии с поставленной целью и с учетом теоретических предпосылок определены следующие задачи:

- 1) осуществить обзор и анализ существующих исследований;
- 2) реализовать экспериментальное исследование влияния угла τ на энергозатраты операции измельчения;
- 3) выполнить анализ полученных результатов и предложить рекомендации по выбору угла τ .

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исследуемого материала использовали говяжье мясо и субпродукты (влажность 72,1...72,9 %, плотность 1160...1180 кг/м³, температура перед измельчением -3...-1 °С), вследствие того что они относятся к основным компонентам кормовых рационов пушных зверей [1].

Экспериментальное исследование влияния угла τ на энергозатраты (мощность N) измельчения выполнено на лабораторной установке (рис. 1), к которой подключен счетчик электрической энергии «Нева МТ 123» (счетчик измеряет и отображает на дисплее значения мощности, погрешность 1 Вт).

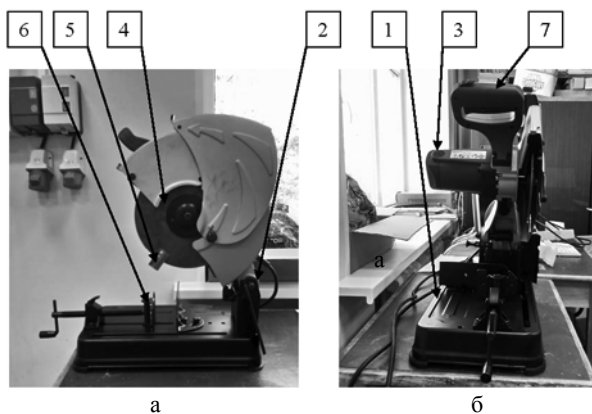


Рис 1. Лабораторная установка: (а) вид спереди, (б) вид сбоку. 1 – основание, 2 – стойка, 3 – электродвигатель, 4 – диск, 5 – нож, 6 – тиски, 7 – рукоятка с нажимным переключателем

Методика проведения исследования была следующей. Говяжье мясо и субпродукты нарезами кусками равного поперечного сечения 30 × 30 мм² и закрепляли в тисках установки.

Затем на диск установки крепили ножи под заданным углом τ и запускали электродвигатель. Плавно опуская рукоятку с нажимным переключателем стойки, на которой крепится диск с ножами, производили измельчение (скорость резания составляла 20 м/с).

Показания счетчика электрической энергии «Нева МТ 123» фиксировали посредством цифровой видеокамеры. По окончании исследования на основе полученных видеозаписей определяли значения потребной мощности установки (на рабочем ходу) $N_{\text{рх}}$. Для определения мощности, затраченной непосредственно на измельчение, запускали электродвигатель и определяли потребную мощность установки на холостом ходу $N_{\text{хх}}$.

Затем подставляли полученные значения $N_{\text{рх}}$ и $N_{\text{хх}}$ в выражение

$$N_{\text{изм}} = N_{\text{рх}} - N_{\text{хх}}$$

Переставив ножи на диске под новым углом τ , повторяли опыты. В ходе исследования осуществлялась пятикратная повторность опытов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследований была получена выборка данных о мощности $N_{\text{изм}}$, затраченной на операцию измельчения кормов. Для полученных данных произведена статистическая обработка общепринятыми методами математической статистики [1], [2] для 5 %-го уровня значимости. Результаты представлены на графике (рис. 2).

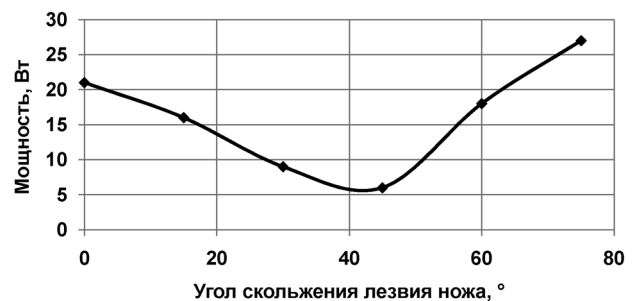


Рис. 2. График изменения мощности, затрачиваемой на измельчение, от угла скольжения лезвия ножа

Наиболее близко описывает полученную кривую (см. рис. 2) уравнение

$$N_{\text{изм}} = 0,012 \cdot \tau^2 - 0,806 \cdot \tau + 22,500, \text{ Вт},$$

где 0,012, (-0,806) и 22,500 – эмпирические коэффициенты.

Анализ полученных результатов исследования позволил установить следующее: между мощностью $N_{\text{изм}}$, затрачиваемой на измельчение, и углом скольжения лезвия ножа τ существует сложная зависимость. Так, в диапазоне углов τ от 0 до 45° наблюдается значительное уменьшение $N_{\text{изм}}$, в 3,5 раза, начиная от 45° и выше – значительное увеличение $N_{\text{изм}}$ (так, при $\tau = 75^\circ$ $N_{\text{изм}}$ увеличивается в 4,5 раза и в абсолютных величинах пре-

вышает $N_{изм}$ при $\tau = 0^\circ$ на 29 %). Такой характер полученной зависимости можно объяснить следующим образом [1]: изменение угла τ приводит к возникновению ряда эффектов. Одни эффекты ведут к снижению энергозатрат операции измельчения (кинематическая трансформация угла заточки, кинематическая трансформация кромки лезвия), а другие – к повышению энергозатрат (прежде всего кинематическая трансформация толщины перерезаемого материала). Баланс тех и других эффектов характеризует суммарное влияние угла τ на энергозатраты. Повышение эффективности приготовления кормов для пушных зверей возможно при правильном подборе значений угла τ .

ВЫВОДЫ

1. При измельчении кормов для пушных зверей с увеличением угла τ от 0 до 45° наблюдается уменьшение энергозатрат в 3,5 раза, начиная с 45° и выше – увеличение энергозатрат в 4,5 раза.
2. Наименьшие энергозатраты при измельчении кормов для пушных зверей наблюдаются при $\tau = 40...41^\circ$. Применение данных значений угла τ позволяет повысить эффективность приготовления кормов для пушных зверей.
3. Выявленная зависимость энергозатрат (мощности) от угла τ изменяется согласно уравнению: $N_{изм} = 0,012 \cdot \tau^2 - 0,806 \cdot \tau + 22,500$.

* Работа выполнена в рамках реализации комплекса мероприятий Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016 гг. (подпроект: «Совершенствование строительных материалов на основе использования местных ресурсов и отходов переработки древесины»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилов Т. А. Исследование процесса измельчения мягких субпродуктов и разработка конструкции измельчителя для звероводства: Дисс. ... канд. техн. наук. Петрозаводск, 2014. 147 с.
2. Колесников Г. Н. Дискретные модели механических и биомеханических систем с односторонними связями. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2004. 202 с.
3. Курдюмов В. И., Аюгин П. Н., Аюгин Н. П. Снижение энергоемкости измельчения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 5. С. 50–53.
4. Лебедь Н. И. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы измельчителя яблок: Дисс. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2013. 136 с.
5. Kováč J., Krilek J. The possibilities for measurement of saw blades wearing // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 2011. Vol. 59. № 5. P. 137–144.
6. Kwon Y.-D., Park S.-J., Choi W.-G., Bang S.-I., Kwon H.-W. Shear cutting theory for the peripheral edges of brush blades, and tests of its effectiveness // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2014. Vol. 15. № 7. P. 1459–1465.
7. Spinellia R., Glushkov B. S., Markov I. Managing chipper knife wear to increase chip quality and reduce chipping cost // Biomass and Bioenergy. 2014. Vol. 62. P. 117–122.
8. Tong B.-H., Sun J., Xu Z.-H., Chen Z.-Y., Ji B., Song B. Experimental study and comprehensive evaluation on meat grinding // Modern Food Science and Technology. 2013. Vol. 29. № 12. P. 2953–2957.

Gavrilov T. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

EFFICIENCY INCREASE IN FODDER PREPARATION FOR FUR BEARING ANIMALS

This article deals with the problem of efficiency increase in the fodder preparation process for fur-bearing animals. Grinding as a part of the energy consuming technological process is the main operation of the fodder preparation process in focus. Therefore, the study of factors influencing the level of energy consumption during grinding becomes essential. The slip angle of the blade is one of these factors. In this article, the author substantiates his conclusions based on the data obtained from the experimental research. The studied material, meat and fish feed were alternately placed on the laboratory apparatus and cut by the blade under the slip angle from 0° to 75° , with a step of 15° . Based on the obtained results, the influence of the slip angle of the blade on grinding energy consumption was calculated. Analyzing these data, the author obtained new functional dependences between the grinding energy consumption and the slip angle of the blade. It is a scientific novelty of the article.

Key words: fur-bearing animals, grinding, meat-fish feed, energy consumption, slip angle of the blade

REFERENCES

1. Gavrilov T. A. *Issledovanie protsessa izmel'cheniya myagkikh subproduktov i razrabotka konstruktii izmel'chatelya dlya zverovodstva.*: Diss. ... kand. tekhn. nauk [Study of the grinding process of soft offals and the design of the grinder for fur farming. PhD. tech. sci. diss.]. Petrozavodsk, 2014. 147 p.
2. Kolesnikov G. N. *Diskretnye modeli mekhanicheskikh i biomekhanicheskikh sistem s odnostoronnimi svyazyami* [Discrete models of mechanical and biomechanical systems with unilateral constraints]. Petrozavodsk, PetrSU Publ., 2004. 202 p.
3. Kurdyumov V. I., Ayugin P. N., Ayugin N. P. Reduction of energy grinding [Snizhenie energoemkosti izmel'cheniya]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of the Altai State Agrarian University]. 2008. № 5. P. 50–53.
4. Lebed' N. I. *Obosnovanie konstruktivnykh parametrov i rezhimov raboty izmel'chatelya yablok.* Diss. ... kand. tekhn. nauk [Justification of design parameters and operating modes of the chopper apples. PhD. tech. sci. diss.]. Volgograd, 2013. 136 p.
5. Kováč J., Krilek J. The possibilities for measurement of saw blades wearing // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 2011. Vol. 59. № 5. P. 137–144.
6. Kwon Y.-D., Park S.-J., Choi W.-G., Bang S.-I., Kwon H.-W. Shear cutting theory for the peripheral edges of brush blades, and tests of its effectiveness // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2014. Vol. 15. № 7. P. 1459–1465.
7. Spinellia R., Glushkov B. S., Markov I. Managing chipper knife wear to increase chip quality and reduce chipping cost // Biomass and Bioenergy. 2014. Vol. 62. P. 117–122.
8. Tong B.-H., Sun J., Xu Z.-H., Chen Z.-Y., Ji B., Song B. Experimental study and comprehensive evaluation on meat grinding // Modern Food Science and Technology. 2013. Vol. 29. № 12. P. 2953–2957.

Поступила в редакцию 26.03.2015