

Научная статья
УДК 631.3
EDN KQCFWU

Зависимость производительности и энергоемкости при измельчении фуражного зерна

Олег Алексеевич Новгородов¹, аспирант
Научный руководитель – Андрей Владимирович Якименко²,
кандидат технических наук, доцент
^{1,2} Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия, oleg-noa@mail.ru

Аннотация. В статье исследованы производительность и энергоемкость дробилок зерна, их влияние на качество получаемого продукта. Рассмотрена функция затрат энергии на измельчение материала. При помощи графиков проведен анализ взаимосвязи окружной скорости движения молотков дробилки от энергоемкости процесса дробления, а также зависимости производительности дробилки от влажности зерна.

Ключевые слова: зерно, измельчение, корма, дробилка, энергоемкость, производительность, влажность, скорость

Для цитирования: Новгородов О. А. Зависимость производительности и энергоемкости при измельчении фуражного зерна // Актуальные исследования молодых ученых – результаты и перспективы : материалы 2-ой всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых (Благовещенск, 12 февраля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 243–247.

Original article

Dependence of productivity and energy intensity when grinding feed grain

Oleg A. Novgorodov¹, Postgraduate Student
Scientific advisor – Andrey V. Yakimenko²,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
^{1,2} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
oleg-noa@mail.ru

Abstract. The article examines the productivity and energy intensity of grain crushers, their impact on the quality of the resulting product. The function of energy consumption for grinding the material is considered. The graphs were used to analyze the relationship between the circumferential speed of the crusher's hammers and

the energy intensity of the crushing process, as well as the dependence of the crusher's productivity on grain moisture.

Keywords: grain, crushing, feed, crusher, energy intensity, productivity, humidity, speed

For citation: Novgorodov O. A. Dependence of productivity and energy intensity when grinding feed grain. Proceedings from Current research by young scientists – results and prospects: *2-aya Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh (12 fevralya 2025 g.)*. (PP. 243–247), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

Ключевым элементом высокопродуктивного процесса в животноводстве выступает гарантия качественного и сбалансированного питания всех видов скота. Содержание необходимых элементов питания кормов должно полностью отвечать зоотехническим требованиям.

По причине подачи кормового зерна животным в неизмельченном виде усвоение питательных веществ пищеварительными системами составляет не более 40–60 %. Учитывая, что степень качества измельчения зерна влияет на усвояемость корма, процесс измельчения кормов до нужной фракции представляет собой важный этап в подготовке кормов [1].

Существенная доля энергетических затрат в процессе производства комбикормов возникает при разрушении структуры зернового сырья, а в целях обеспечения измельченной массы определенным фракционным составом в технологических операциях при обработке важно задействовать измельчители, учитывающие требования на всех стадиях обработки.

Изученные способы измельчения, такие как свободный удар, раздавливание и истирание, широко применяются для получения концентрированных кормов. Известные молотковые дробилки работают на принципе свободного удара, а вальцевые плющилки – на принципе плющения зерна между расстоянием рабочих органов [2]. Широко практикуется совместное использование способов измельчения: раздавливание с истиранием, удар с истиранием и другие комбинации.

Функция затрат энергии на измельчение материала в рабочей камере молотковой дробилки определяется формулой, приведенной в работе [3].

Она представляет собой сложную зависимость от множества переменных: физико-механические характеристики материалов, уровень загрузки, рабочий режим, конструктивные особенности рабочих органов и др. (1):

$$A = f(Q, \delta_p, K_T, K_S, V, S, t, K_a, K_{и}, M, Z, K_з, \eta, D, \delta, K_{ж}) \quad (1)$$

где Q – производительность (подача) молотковой дробилки, т/ч;

δ_p – разрушающее напряжение, Па;

K_T – коэффициент, учитывающий способ разрушения;

K_S – коэффициент, учитывающий свойства перерабатываемого продукта;

V – скорость рабочих органов, м/с;

S – зазор между концами молотков и решетом, мм;

t – толщина молотков, мм;

K_a – коэффициент, учитывающий используемый способ отгрузки измельченного продукта;

$K_{и}$ – коэффициент степени износа;

M – модуль размола, мм;

Z – число молотков, шт;

$K_з$ – коэффициент питания;

η – коэффициент полезного действия процесса измельчения продукта;

D – диаметр ротора, м;

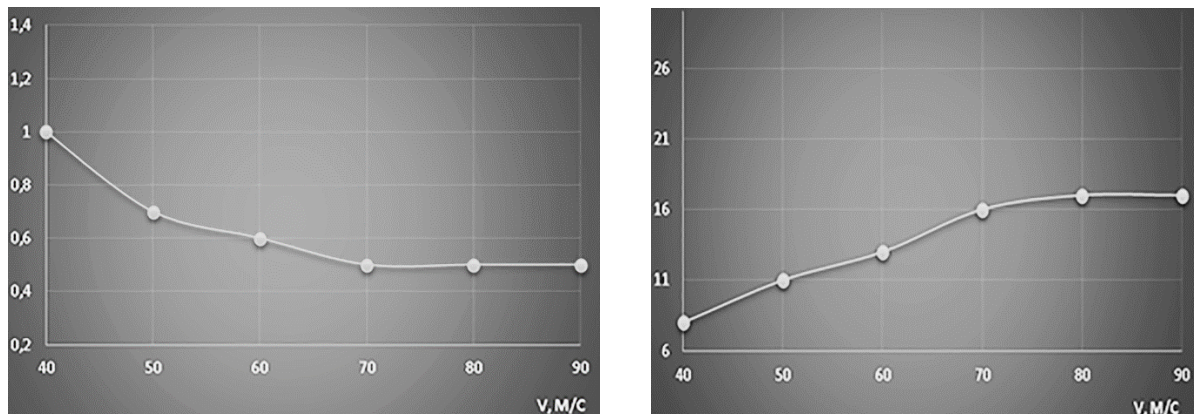
δ – толщина сита, мм;

$K_{ж}$ – коэффициент, учитывающий живое сечение сита.

Самостоятельные переменные в указанной функции существуют в конкретном соотношении. Уровень их воздействия в процессе оказывает разное влияние. Если увеличить влажность, снижается разрушающее воздействие, и в данный момент сопротивляемость зерна возрастает, тем самым увеличивается разрушающее напряжение (δ_p).

Степень измельчения определяется набором особенностей, из которых ключевыми являются физико-механические свойства измельчаемого материала. Показателями дробилки являются вид и размеры отверстий решет, быстрота вращения молотков и их количество, а также способ внесения материала в измельчающую камеру и его вывод за границы камеры.

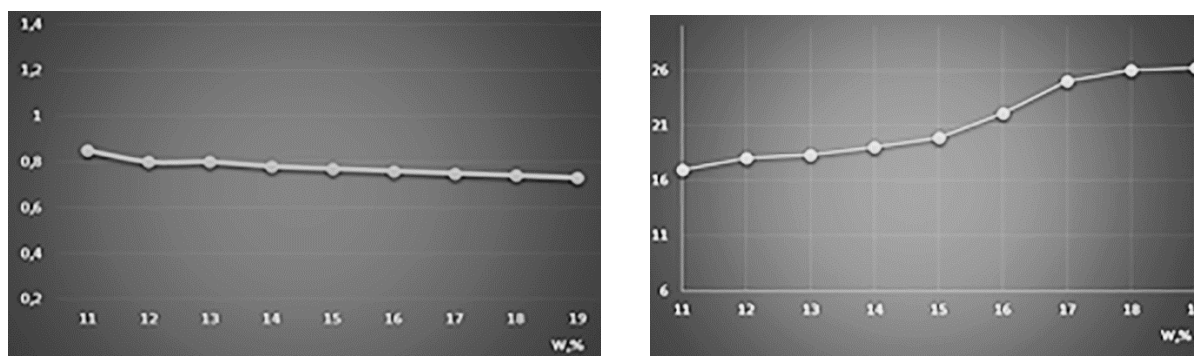
На рисунке 1 рассмотрен процесс размола ячменя, при котором изучена корреляция окружной скорости молотков (V) от энергоемкости измельчения (q) и производительности (Q). Из приведенных графиков видно, что *чем выше скорость движения или вращения, тем ниже становится производительность, а энергоемкость процесса увеличивается.*



слева – корреляция с производительностью (Q , т/час);
справа – корреляция с энергоемкостью (q , кВт·час/т)

Рисунок 1 – Зависимость производительности и энергоемкости от окружной скорости молотков при размоле ячменя

Отношение производительности (Q) и энергоемкости (q) от влажности зерна (W) описывается на графиках, представленных на рисунке 2.



слева – корреляция с производительностью (Q , т/час);
справа – корреляция с энергоемкостью (q , кВт·час/т)

Рисунок 1 – Зависимость производительности и энергоемкости от влажности зерна при размоле ячменя

В результате анализа установлена взаимосвязь, что *при высокой влажности размалываемого зерна увеличивается энергоемкость процесса и снижается производительность дробилки.*

Таким образом, для модернизации процесса измельчения зерна необходимо, как для дробилок, так и плющилок, основываться на минимизации энергоемкости процесса, повысить производительность и надежность установки, обеспечивая при этом заданное качество измельчения.

Список источников

1. Одегов В. А. Обоснование параметров и режимов работы плющилки влажного зерна : дис. ... канд. техн. наук. М., 2005. 187 с.
2. Попков Н. А., Самосюк В. Г., Привалов Ф. И. Уборка зерна повышенной влажности на кормовые цели и его плющение // Белорусское сельское хозяйство. 2007. № 2. С. 7–14.
3. Сундеев А. А. Процесс измельчения фуражного зерна // Механизация подготовки кормов в животноводстве : сб. науч. тр. Воронеж : Воронежский сельскохозяйственный институт, 1984. 128 с.

References

1. Odegov V. A. Substantiation of parameters and operating modes of a wet grain flattener. *Candidate's thesis*. Moscow, 2005, 187 p. (in Russ.).
2. Popkov N. A., Samosyuk V. G., Privalov F. I. Harvesting grain of high humidity for fodder purposes and its flattening. *Belorusskoe sel'skoe khozyaistvo*, 2007;2:7–14 (in Russ.).
3. Sundeev A. A. The process of grinding feed grain. Proceedings from *Mekhanizatsiya podgotovki kormov v zhivotnovodstve*. (PP. 128), Voronezh, Voronezhskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1984, 128 p. (in Russ.).

© Новгородов О. А., 2025

Статья поступила в редакцию 31.01.2025; одобрена после рецензирования 12.02.2025; принята к публикации 26.02.2025.

The article was submitted 31.01.2025; approved after reviewing 12.02.2025; accepted for publication 26.02.2025.