

Научная статья

УДК 631.636

EDN XFJOAA

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0480-0-341-346>

Теоретические исследования процессов измельчения зерна

Олег Алексеевич Новгородов¹, аспирант

Андрей Владимирович Якименко², кандидат технических наук, доцент

^{1,2} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ oleg-noa@mail.ru, ² avsata@mail.ru

Аннотация. Авторами рассмотрено использование метода консервирования плющеного зерна в заготовке кормов. Раскрыты технологии и технические средства, применяемые в стандартных методах и при консервировании зерна. Обосновано, что на измельчение и плющение зерна особое влияние оказывают конструктивные и технологические параметры вальцевых измельчителей, а также характерные свойства фуражного зерна (форма, размер, влажность, сыпучесть).

Ключевые слова: зерно, измельчение, консервирование, дробилка, вальцевый измельчитель, технологические параметры, свойства зерна

Для цитирования: Новгородов О. А., Якименко А. В. Теоретические исследования процессов измельчения зерна // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 16–17 апреля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 341–346.

Original article

Theoretical studies of grain grinding processes

Oleg A. Novgorodov¹, Postgraduate Student

Andrey V. Yakimenko², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

^{1,2} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ oleg-noa@mail.ru, ² avsata@mail.ru

Abstract. The authors considered the use of the method of canning flattened grain in the preparation of feed. The technologies and technical means used in standard methods and in grain preservation are disclosed. It is proved that the crushing and flattening of grain is particularly influenced by the design and technological parameters of roller grinders, as well as the characteristic properties of feed grain

(shape, size, moisture, flowability).

Keywords: grain, crushing, canning, crusher, roller shredder, technological parameters, grain properties

For citation: Novgorodov O. A., Yakimenko A. V. Theoretical studies of grain grinding processes. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 341–346), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

В течении предыдущих пяти лет Российская Федерация производит примерно 121–150 млн. тонн ключевых зерновых культур. Из общего сбора урожая только 40 млн. тонн используются для фуражных целей. Для того чтобы обеспечить их сохранность, необходимо проводить сушку зерна, а также перед вскармливанием измельчать зерно. Это требует значительных капитальных вложений с существенными трудовыми затратами для подготовки комбикормов (до 50 % от общих трудовых затрат в изготовлении корма). Указанное предопределяет поиск наиболее простых методов с невысокими затратами на сохранение фуражного зерна.

Наряду с традиционными способами подготовки зерна перед вскармливанием животным, используют метод консервирования плющеного зерна. Как показывает практика, силосование трав довольно схоже с процессом консервирования плющеного зерна. Хранение готового продукта с применением консерванта в условиях герметичности обеспечивает непроницаемость газа и влаги, блокирует активность микроорганизмов.

В стандартной технологии хранения и измельчения зерна используются измельчающие машины и устройства, а в операции по заготовки консервированного зерна – вальцевые мельницы. Опытным путем выявлено, что вальцевые мельницы в течении года работают не более одного месяца, а в остальное время не применяются в производственных процессах. Помимо физико-механических свойств зерна, на этапах плющения и измельчения большую роль играют технологические и конструктивные параметры вальцевых мельниц.

В работах [1, 2] изучены значимые показатели работы вальцевых плющилок-измельчителей, такие как производительность, энергоемкость, качество выходящего продукта, распорное усиление между вальцами. В работе [3] исследована эффективность влияния конструктивных характеристик вальцевых измельчителей на показатели частоты вращения и размера вальцов.

Также имеются исследования показателей момента столкновения зерновки о рабочие органы через ось вращения к горизонтальной плоскости к углу наклона плоскости [4]. Определение производительности зависит от движения зерна по поверхности вальцов, что в дальнейшем влияет на мощность вальцевого измельчителя [3–5]. В момент измельчения зерновка скользит по дуге поверхности обеих вальцов и подвергается деформации. Таким образом, участок движения зерновки вполне вероятно разбить на зоны двух дуг: участок дуги соприкосновения, содержащий ограниченный угол соприкосновения, и участок дуги контракции, зависимый углом изменения.

В промежутке измельчения зерна участок дуги соприкосновения включает сложную корреляцию связей в отношении с участком дуги контракции. Эта связь зависит от расстояния между вальцами, параметров и механических характеристик зерновки.

В работе [5] рассмотрена зависимость перемещения зернового потока при измельчении с одинаковыми вальцами в отношении соприкосновения зерна, которая определяется выражением (1):

$$v_3 = \frac{D}{\frac{D}{v} + \frac{D}{a_1 \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D + b_3}{D + d_H}\right)^2} + \frac{D + b_3}{D + d_H}\right)}} \quad (1)$$

где D – размер рабочих органов (вальцов), м;
 v – линейная скорость движения (вальцов), м/с;
 v_0 – начальная скорость зерновки, м/с;
 a_1 – угол скольжения, рад;

F – дополнительная внешняя сила, действующая на зерновку, Н;
 m – масса зерновки, кг;
 f – коэффициент соприкосновения зерновки с рабочими органами;
 b_3 – расстояние между рабочими органами, м;
 d_n – диаметр зерновки, м.

Тогда производительность плющилки можно определить по формуле (2):

$$Q = b_3 v_3 L \quad (2)$$

где L – длина рабочих органов, м.

Производительность измельчителя устанавливают произведением объемной массы зерна на объемную производительность:

$$Q = \frac{L b_3 D}{\frac{D}{v} + \frac{a_1 \left(g + \frac{F}{m}\right) \left(f \sqrt{1 - \left(\frac{D + b_3}{D + b_n}\right)^2} + \frac{D + b_3}{D + b_n}\right)}{v - v_0}} \quad (3)$$

Пропускной потенциал рабочих органов рассчитывается по формуле (4):

$$Q_{max} = b_3 v D \quad (4)$$

С учетом коэффициента ($0 < k_Q < 1$) пропускная способность рассчитывается с применением формулы (5):

$$k_Q = \frac{Q}{Q_{max}} = \frac{b_3 v_3 L}{b_3 v L} = \frac{v_3}{v} \quad (5)$$

Исследование выражений объясняет, что увеличение производительности и скорости потока зерна достижимо за счет: наращивания исходящей скорости зерновки (v_0) до поступательной скорости образующих вальцов (v); роста коэффициента соприкосновения зерновки о вальцы (f), а также увеличения размера вальцов (D), поскольку определенная величина $\frac{D+b_3}{D+d_n} = \cos \alpha_1$ устанавливается допустимым значением без исключения определенных значений расстояния между вальцами b_3 и средних размеров зерновки d_n .

Добавление силы в устройствах будет способствовать вспомогательному ускорению силы тяжести зерновки [6]:

$$a_1 = \frac{F}{m} \quad (6)$$

Результаты исследований демонстрируют, что на процессы измельчения и плющения зерна особое влияние оказывают конструктивные и технологические параметры вальцевой плющилки-измельчителя, а также характерные свойства фуражного зерна: форма, размер, влажность, сыпучесть.

Список источников

1. Сыроватка В. И., Сергеев Н. С. Изыскание энергосберегающих рабочих органов для измельчения семян рапса и фуражного зерна // Научные труды Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2008. № 3. С. 3–12.
2. Сысуев В. А., Казаков В. А. Новые технологии послеуборочной переработки зерна и получения высококачественных кормов для животноводства // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 5 (48). С. 73–79.
3. Воробьев Н. А. Теоретические исследования производительности вальцевой плющилки // Агропанорама. 2008. № 2. С. 45–48.
4. Дайнеко В. А., Прищепова Е. М. Теоретическое обоснование производительности вальцевой плющилки-измельчителя // Агропанорама. 2012. № 2. С. 14–28.
5. Шило И. Н., Воробьев Н. А., Прищепова Е. М. К обоснованию мощности привода вальцов плющилки // Агропанорама. 2008. № 3. С. 25–28.
6. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л. : Колос, 1978. 560 с.

References

1. Syrovatka V. I., Sergeev N. S. The search for energy-saving working bodies for grinding rapeseed and feed grain seeds. *Nauchnye trudy Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*, 2008;3:3–12 (in Russ.).
2. Sysuev V. A., Kazakov V. A. New technologies of post-harvest grain processing and production of high-quality animal feed. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2015;5(48):73–79 (in Russ.).

3. Vorobyov N. A. Theoretical studies of the performance of roller flatteners. *Agropanorama*, 2008;2:45–48 (in Russ.).

4. Daineko V. A., Prishchepova E. M. Theoretical justification of the performance of a roller crushing machine. *Agropanorama*, 2012;2:14–28 (in Russ.).

5. Shilo I. N., Vorobyov N. A., Prishchepova E. M. On the substantiation of the drive power of the flattening rollers. *Agropanorama*, 2008;3:25–28 (in Russ.).

6. Melnikov S. V. *Mechanization and automation of livestock farms*, Leningrad, Kolos, 1978, 560 p. (in Russ.).

© Новгородов О. А., Якименко А. В., 2025

Статья поступила в редакцию 03.04.2025; одобрена после рецензирования 04.05.2025; принята к публикации 22.07.2025.

The article was submitted 03.04.2025; approved after reviewing 04.05.2025; accepted for publication 22.07.2025.