
Научная статья
УДК 631.363.2
EDN ANOVJE

Исследование процесса измельчения зерна

Олег Алексеевич Новгородов¹, аспирант

Научный руководитель – Якименко Андрей Владимирович², кандидат технических наук, доцент

^{1,2}Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Амурская область, Россия

¹oleg-noa@mail.ru, ²avsata@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются способы измельчения и рабочие органы устройств, участвующих в процессе измельчения зерна. Приводятся сравнительные характеристики машин в зависимости от типа корма, требуемого размера частиц и других параметров производства.

Ключевые слова: зерно, измельчение, корма, рабочие органы, станок, процесс, производство

Для цитирования: Новгородов О. А. Исследование процесса измельчения зерна // Актуальные исследования молодых ученых – результаты и перспективы : материалы науч.-практ. конф. (Благовещенск, 8 февраля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 179–186.

Original article

Investigation of grain milling process

Oleg A. Novgorodov¹, graduate student

Supervisor - Andrey Vladimirovich Yakimenko², Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

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

¹oleg-noa@mail.ru, ²avsata@mail.ru

Annotation. Methods of milling and working bodies of devices involved in the process of grain milling are considered. Comparative characteristics of machines depending on the type of feed, required particle size and other production parameters are given.

Key words: grain, grinding, feed, working bodies, machine, process, production

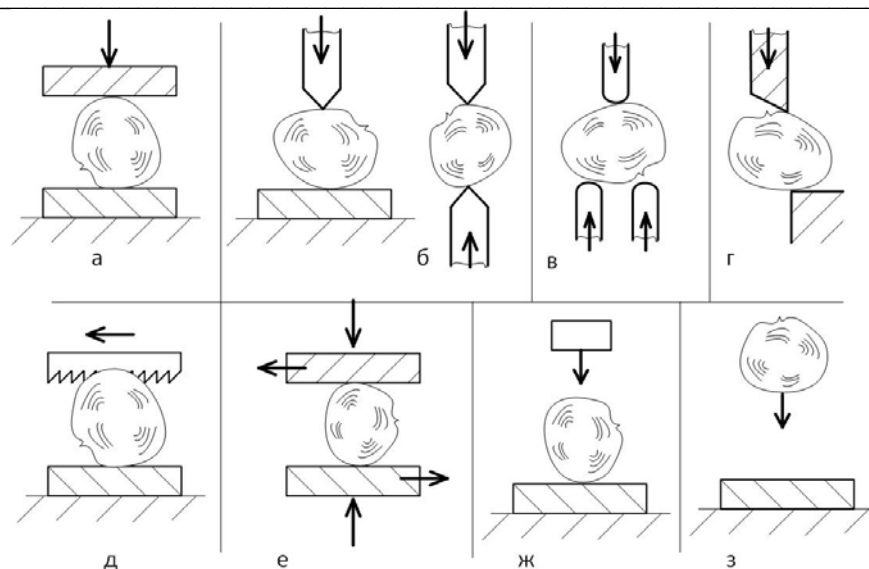
For Citation: Novgorodov O. A. Issledovanie protsessa izmel'chenie zerna [Investigation of grain milling process]. *Aktual'nye issledovaniya molodykh*

uchenykh – rezul'taty i perspektivy : materialy nauch.-prakt. konf. (Blagoveshchensk, 8 fevralya 2024 g.). Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy GAU, 2024, pp. 179–186. (in Russ.).

Измельчение зерна является одной из ключевых операций при подготовке кормов перед скармливанием. На этот процесс необходимо $\frac{3}{4}$ энергетических и $\frac{1}{2}$ трудовых затрат. Расходы зависят от масштаба производства и используемого оборудования, которое разнообразно и может включать в себя дробилки, плющилки и другие технические средства в зависимости от нужд производства.

Измельчение зерна представляет собой процесс дробления зерновых материалов с целью получения более мелкой текстуры или частиц для улучшения усвояемости или использования в различных производственных процессах, такие как кормление скота или производство других кормовых продуктов. Ввиду того, что в организме животных в основном питательные компоненты усваиваются в растворенной форме, скорость переработки крупы корма желудочным соком прямо пропорциональна площади их поверхности [1, С. 39]. В процессе измельчения зерна происходит раздробление на более мелкие частицы или крупинки, что улучшает усвояемость и обеспечивает более эффективное пищеварение.

В соответствии с вышеуказанным, измельчение можно охарактеризовать размером получаемых частиц, степенью однородности, эффективностью процесса и влиянием на усвояемость пищи.



а – раздавливание; б – раскалывание; в – размалывание; г – резание; д – распиливание; е – истирание; ж – стесненный удар; з – свободный удар
Рисунок 1 – Способы измельчения зерна

Из существующих способов измельчения (рис. 1) наибольшее распространение получили раздавливание, размалывание, резание, истирание и удар. Часто существующие аналоги машин комбинируют способы измельчения для повышения эффективности [1, С. 46]. Такие подходы позволяют адаптировать процесс измельчения под конкретные требования и характеристики зерна.

Зерновые корма занимают важное место в животноводстве и птицеводстве. Они представляют ценный источник питательных веществ для скота и птиц. Зерновые корма энергетически ценные, они богаты углеводами, представляя животным энергию для роста и размножения. Сельскохозяйственная культура – соя, содержит значительное количество белка, необходимого для строения тканей и производства молока. Кормами поставляются важные витамины и минералы, такие как витамин Е, железо и магний. Разнообразное использование зерновых кормов в рационе животных позволяет эффективно удовлетворять их потребности в питательных веществах. Скармливание зерновыми кормами в не измельченном или

переизмельченном виде может быть малоэффективным или вызвать желудочные заболевания у животных.

Различные виды кормов имеют разные физические и химические свойства, требующие соответствующих методов измельчения, а потребности различных видов животных варьируются, и выбор способа измельчения зерна зависит от их физиологии. В зависимости от требований к рациону животных, выбирают способы, обеспечивающие нужный размер частиц корма.

Выбор способа измельчения зерна в зависимости от вида деформации подразумевает рассмотрение того, каким образом материал будет подвергнут механической обработке. При методе сжатия (компрессия) зерно подвергается давлению между двумя поверхностями. Этот метод может использоваться, например, в роликовых мельницах, где зерно сдавливается между вращающимися роликами. Метод изгиба (флексия) используется в молотковых мельницах и основан на принципе изгиба материала под действием ударов или вращения. Метод растяжения, применяется в прокатных мельницах, где зерно подвергается действию силы, направленной вдоль материала. Метод резания (срезание) использует принцип в ножевых мельницах, где зерно разрушается благодаря острым режущим элементам. Выбор конкретного метода зависит от физико-механических свойств зерна, его структуры и требований к размеру частиц в конечном продукте.

Таблица 1 – Применяемые рабочие органы для измельчения кормов

Наименование машин	Рабочие органы	Назначение
1	2	3
Мельницы	Молотковые, ножевые	Работают по принципу удара молотками или удара ножами разрушая материал на более мелкие частицы.
Дробилка	Вальцевые	Работают сжимающим и раздавливающим действием валков для измельчения материалов.

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Измельчитель	Ножевые, дисковые	Используются для резки кормов на более мелкие частицы с помощью вращающихся ножей и фрикционного воздействия дисков, измельчая материал.
Пресс-мельницы	Ролики, цилиндры	Применяются для измельчения кормов и формирования гранул с использованием высокого давления
Плющилки	Вальцевые	Работают с сжимающим валком для измельчения материалов.
Экструдеры	Шнеки	Используют винтовой механизм для смешивания и измельчения кормов, прессования и формирования гранул

Для измельчения кормов применяют различные машины с определёнными органами, которые способны эффективно обрабатывать сырьё (табл. 1). Выбор конкретной машины зависит от типа корма, требуемого размера частиц, производительности и других параметров производства.

При измельчении кормов часть энергии расходуется на преодоление упругих и пластических деформаций материала, механические силы такие как сжатие, давление и сдвиг материала приводят к физическому разрушению зерен, в результате чего происходит разрушение исходных частиц и образование новых с большей суммарной поверхностью. Полезной энергией считается, энергия которая направляется на физическое разрушение и измельчение зерна, приводя к образованию новых поверхностей, тогда как остальная часть энергии расходуется главным образом на упругие деформации и рассеивается в виде тепла и звука, и других форм, что является неизбежным явлением [2, С. 49]. Согласно ГОСТ 23445-79 «Дробилки кормов молотковые. Общие технические условия», качество измельченного корма оценивается по остатку на сите 3мм: мелкий помол – 5 %, средний – 10 % и крупный помол – 30 % [3, С. 14]. В конечном продукте измельченного корма присутствует определённое количество пыли, которое может

считаться приемлемым если пылевидных фракций (менее 0,25 мм) содержится не более 5 % от общего объема готового продукта.

Скармливание животным переизмельченного корма может привести к негативным последствиям. При интенсивном измельчении корма происходит повреждение важных структурных элементов в зерновом составе, что способно привести к потере питательных веществ и оказать неблагоприятное воздействие на аппетит, здоровье животных. Оптимальный уровень измельчения корма определяется в соответствии с конкретными нуждами и требованиями животных, а также технологическими возможностями фермы или предприятия по производству кормов.

Материал растительного происхождения, такой как зерно состоит из двух основных элементов: оболочки (браны), имеющие упругие пластические свойства; эндосперм, вязкий наполнитель содержащий большую часть углеводов, белков и других питательных веществ. Разрушение такого материала с высокой производительностью возможно добиться при использовании измельчителей ударно-истирающего действия [4, С. 75]. К ним относятся молотковые дробилки и вальцевые станки, которые нашли широкое распространение благодаря простоте конструкции, надежности в работе и удобству обслуживания при эксплуатации.

Тем не менее рабочие органы молотковых дробилок имеют существенные недостатки: низкий уровень разрушения крахмальных зерен, выражающийся в неоднородности гранулометрического состава готового продукта; высокая энергоемкость; ограничения по влажности сырья; высокий расход электроэнергии [5, С. 39]. Используемые в производстве двухступенчатые вальцевые измельчители зерна, имеют следующие проблемы: плющение зерна проходит только в двух точках контакта; после первой ступени плющения зерно частично восстанавливает свои размеры, вызывая тем самым ударные нагрузки во второй ступени, что приводит к образованию доли мелких частиц [6, С. 32].

Отсутствие целых и не измельченных частиц, низкое содержание пылевидных фракций и выровненный гранулометрический состав измельченного зернового материала не только обеспечивают повышение продуктивности животных, но и являются критерием оценки эффективности работы измельчающих устройств [2, С. 21]. Если не измельченные фракции после просева можно вернуть на повторное измельчение, то переизмельченные частицы являются мерой несовершенства процесса, вызывают излишние энергозатраты и вредят животному.

Весьма актуальным является вопрос изыскания наиболее рациональных технологий, способов, режимов и параметров оборудования, обеспечивающих: измельчение зерна с низкой скоростью деформирования; уменьшения содержания пылевидных частиц; надежного заземления зерновки между рабочими органами. Это будет способствовать улучшению подачи материала в зону захвата и уменьшит энергетические затраты процесса измельчения зерна.

Список источников

1. Кулаковский И. В., Кирпичников Ф. С., Резник Е. И. Машины и оборудование для приготовления кормов : справочник. Москва : Росагропромиздат, 1987. 285 с.
2. Искендер Р. Р. Повышение эффективности процесса измельчения зерновых материалов в горизонтальной роторной дробилке : дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.20.01. Зеленоград, 2017. 190 с. EDN [YWDZGD](#)
3. Пепеляева Е. В. Повышение эффективности процесса экструдирования зерна озимой ржи путем оптимизации технологических параметров и режимов работы экструдера: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.20.01. Пермь, 2017. 158 с. EDN [YCNCJA](#)
4. Коротков В. Г., Кобылкин Д. С. Оптимизация процесса измельчения в молотковой дробилке // Вызовы XXI века и образование : материалы всерос. науч.-практ. конф. Оренбург : ОГУ, 2006. С. 75–78. ISBN 5-7410-0650-7. URL: https://conference.osu.ru/assets/files/conf_info/conf2/15.pdf (дата обращения: 03.02.2024).
5. Бесполденов Р. В., Федоренко И. Я. Усовершенствование конструкции молотковой дробилки с вертикальным валом ротора // Комбикорма. 2022. № 1. С. 39–40. DOI: [10.25741/2413-287X-2022-01-2-159](https://doi.org/10.25741/2413-287X-2022-01-2-159). EDN [IMYXDN](#)

6. Патрин, П. А., Патрин В. А., Мезенов А. А., Рудаков Д. С., Герасименко А. Усовершенствование конструкции двухступенчатой вальцово-ленточной плющилки // Комбикорма. 2022. № 5. С. 32–33. DOI: [10.25741/2413-287X-2022-05-2-174](https://doi.org/10.25741/2413-287X-2022-05-2-174). EDN [PURACG](#)

References

1. Kulakovskiy I. V., Kirpichnikov F. S., Reznik E. I. Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov [Machinery and equipment for forage preparation]: spravochnik. Moscow : Rosagropromizdat, 1987, 285 p. (in Russ.).

2. Iskender R. R. Povyshenie effektivnosti protsessa izmel'cheniya zernovykh materialov v gorizontal'noy rotornoy drobilke [Improvement of efficiency of grain materials grinding process in horizontal rotary crusher]. *Candidate 's thesis*. Zernograd, 2017, 190 p. (in Russ.). EDN [YWDZGD](#)

3. Pepelyaeva E. V. Povyshenie effektivnosti protsessa ekstrudirovaniya zerna ozimoy rzhi putem optimizatsii tekhnologicheskikh parametrov i rezhimov raboty ekstruder [Increase of efficiency of winter rye grain extruding process by optimization of technological parameters and modes of extruder operation]. *Candidate 's thesis*. Perm', 2017, 158 p. (in Russ.). EDN [YCNCJA](#)

4. Korotkov V. G., Kobylkin D. S. Optimizatsiya protsessa izmel'cheniya v molotkovoy drobilke [Optimization of grinding process in hammer crusher]. *Vyzovy XXI veka i obrazovanie : materialy vseros. nauch.-prakt. konf.* Orenburg, OGU, 2006, pp. 75–78. ISBN 5-7410-0650-7. Retrieved from https://conference.osu.ru/assets/files/conf_info/conf2/15.pdf (Accessed 3. February 2024). (in Russ.).

5. Bepoldenov R. V., Fedorenko I. Ya. Usovershenstvovanie konstruktssii molotkovoy drobilki s vertikal'nym valom rotora [Improvement of design of hammer crusher with vertical rotor shaft]. *Kombikorma*. 2022;1:39–40. DOI: [10.25741/2413-287X-2022-01-2-159](https://doi.org/10.25741/2413-287X-2022-01-2-159). (in Russ.). EDN [IMYXDN](#)

6. Patrin, P. A., Patrin V. A., Mezenov A. A., Rudakov D. S., Gerasimenko A. Usovershenstvovanie konstruktssii dvukhstupenchatoy val'tsovo-lentochnoy plyushchilki [Improvement of design of two-stage roller-belt conditioner]. *Kombikorma*. 2022;5:32–33. DOI: [10.25741/2413-287X-2022-05-2-174](https://doi.org/10.25741/2413-287X-2022-05-2-174). (in Russ.). EDN [PURACG](#)

© Новгородов О. А., 2024

Статья поступила в редакцию 26.01.2024; одобрена после рецензирования 19.02.2024; принята к публикации 06.03.2024.

The article was submitted 26.01.2024; approved after reviewing 19.02.2024; accepted for publication 06.03.2024.