

УДК 631.3:636

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРМОВ

Голубев Дмитрий Николаевич

старший преподаватель

Иркутский государственный университет

г. Иркутск, Россия

Шуханов Станислав Николаевич

доктор технических наук, доцент

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского

г. Иркутск, Россия

e-mail: Shuhanov56@mai.ru

Косарева Анна Викторовна

кандидат технических наук, доцент

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского

г. Иркутск, Россия

Аннотация. Создание инновационных технических средств и технологий подготовки кормов для поедания сельскохозяйственными животными является важной практической задачей, способствует повышению конкурентоспособности аграрного сектора страны. Особое место в рационе кормов отводится корнеклубнеплодам поскольку их использование позволяет значительно улучшить отдачу каждой кормовой единицы и как следствие не только качественные, но и количественные показатели животноводческой отрасли сельского хозяйства. Изучение состояния вопроса по данной теме выявило, что наряду с имеющимися положительными результатами имеется ряд аспектов для дальнейшего совершенствования аппаратов для измельчения корнеклубнеплодов. Требуются новые технические решения по созданию машин нового поколения на основе патентоспособности. Нужны технические средства, работающие с меньшим расходом энергии при выполнении технологических процессов резания. Необходимо неукоснительно соблюдать размерные характеристики измельчаемых видов корнеклубнеплодов в зависимости от их сорта, в том числе от их предназначения конкретному типу сельскохозяйственного животного. Крупнорогатому скоту, птице и другим требуются разные геометрические параметры измельченного корма. Ключевое значение имеют качественные показатели резания, которые исключают рубку, избыточное крошение, потерю сока корнеклубнеплодов и другое. Только комплексное решение этой проблемы позволит разработать машины и технологии, отвечающим современным требованиям.

Для разработки и обоснования технологий, машин, и оборудования нового поколения по измельчению корнеклубнеплодов до размеров, отвечающим зоотехническим требованиям выполнен обзор и анализ теоретических основ процесса резания кормов как ключевого аспекта исследований.

Ключевые слова: Животноводство, технические средства, измельчение кормов, теоретические аспекты

SOME ASPECTS OF THE THEORY OF THE FOOD GRINDING PROCESS

Dmitry N. Golubev

Senior Lecturer

Irkutsk State University

Irkutsk, Russia

Stanislav N. Shukhanov

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky

Irkutsk, Russia

e-mail: Shuhanov56@mai.ru

Anna V. Kosareva

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky

Irkutsk, Russia

Abstract. The creation of innovative technical means and technologies for preparing feed for consumption by farm animals is an important practical task, contributes to increasing the competitiveness of the country's agricultural sector. A special place in the feed diet is given to root and tuber crops, since their use can significantly improve the output of each feed unit and, as a result, not only qualitative, but also quantitative indicators of the livestock farming industry. A study of the state of the issue on this topic revealed that, along with the existing positive results, there are a number of aspects for further improvement of devices for grinding root tubers. New technical solutions are required to create a new generation of machines based on patentability. We need technical means that operate with less energy consumption when performing cutting processes. It is necessary to strictly observe the dimensional characteristics of the crushed types of root tuber crops, depending on their variety, including their intended use for a specific type of farm animal. Cattle, poultry and others require different geometric parameters of crushed feed. Of key importance are the quality indicators of cutting, which exclude chopping, excessive crumbling, loss of juice of root tubers, etc. Only a comprehensive solution to this problem will allow us to develop machines and technologies that meet modern requirements. To develop and justify technologies, machines, and equipment of a new generation for

grinding root tubers to sizes that meet zootechnical requirements, a review and analysis of the theoretical foundations of the feed cutting process as a key aspect of research was performed.

Keywords: Animal husbandry, technical means, food grinding, theoretical aspects

Введение

Создание инновационных технических средств и технологий подготовки кормов для поедания сельскохозяйственными животными является важной практической задачей, способствует повышению конкурентоспособности аграрного сектора страны. Особое место в рационе кормов отводится корнеклубнеплодам поскольку их использование позволяет значительно улучшить отдачу каждой кормовой единицы и как следствие не только качественные, но и количественные показатели животноводческой отрасли сельского хозяйства. Только комплексное решение этой важной проблемы позволит разработать машины и технологии, отвечающим высоким требованиям настоящего времени. Этим актуальным вопросам посвящены работы многих ученых [1,12,16]. Ряд интересных решений по разработке технических средств измельчения корнеплодов представлены в работах исследователей Волгоградского ГАУ [9,10,11]. Некоторые успехи в этом плане достигнуты в Иркутском ГАУ [13,14,15].

Материалы и методы

Выполнен краткий обзор литературных источников по вопросу теории процессов измельчения кормов как объекта исследований. Анализ рассмотренных работ позволяет создать основу для аналитических изысканий для разработки и обоснования новых технических средств измельчителей корнеклубнеплодов, отвечающих широкому спектру современных требований как по характеристикам качества их функционирования, так и по производительности, включая технико-экономические показатели.

Результаты и обсуждение

Изучение состояния вопроса по данной теме выявило, что наряду с имеющимися положительными результатами, полученными многими учеными, имеется ряд аспектов для дальнейшего совершенствования аппаратов для измельчения корнеклубнеплодов. Например, требуются новые технические решения по созданию машин нового поколения на уровне патентоспособности. А именно, технические средства, работающие с меньшим расходом энергии при выполнении технологических процессов резания. Также необходимо неукоснительно соблюдать размерные характеристики измельчаемых корнеклубнеплодов в зависимости от их сорта, в том числе от их предназначения конкретному виду сельскохозяйственного животного. То есть крупнорогатому скоту, птице и другим потребителям кормов требуются разные геометрические параметры измельченного сырья.

Кроме того, ключевое значение имеют качественные показатели резания, которые исключают рубку, избыточное крошение, потерю сока корнеклубнеплодов и т.д. Эти вопросы требуют комплексных изысканий с учетом результатов наиболее широкого спектра современных научных исследований, нахождения оптимальных решений.

Как отмечает Н.Е. Резник, несмотря на большое количество работ, посвященных анализу элементов конструкции измельчителей корнеклубнеплодов и их функционированию нет общепринятой классификации этих технических устройств. Это является причиной разных подходов к процессу исследований данных аппаратов.

Известно, что немецкие концерны на рубеже 19 и 20-го столетия пустили в промышленное производство измельчители, оборудованные цилиндрическими навесными барабанами.

В настоящее время имеется широкий спектр аппаратов для измельчения корнеклубнеплодов, отличающихся как устройством рабочих органов, так и их расстановкой. Наибольшее распространение получили такие типы машин: барабанные; дисковые; роторные; комбинированные; шнековые; фрезерные; с подвижной решеткой; транспортерно-ножевые [3].

При разработке и обосновании параметров новых машин и технологий наряду с экспериментальными исследованиями важное значение имеют теоретические изыскания. В их основе обычно лежат классические основы, интерпретация которых позволяет решать частные случаи.

Установлено, что наибольшая часть расхода энергии при осуществлении подготовки кормов относится к процессу их измельчения. Измельчение корма позволяет увеличить активную площадь поверхности сырья. Это в свою очередь способствует интенсификации выполняемого пищеварительной системой сельскохозяйственных животных переработки кормов, в том числе, что является не менее важным, усвояемости питательного сырья [3].

Определение разрушения включает в себя реализуемый процесс создания в объектах обработки новых поверхностей. Последние образуются в итоге оказания на них внешних сил или же внутренних напряжений. Варьирование подвода или отвода к телам различных видов энергии оказывает влияние на значение внутренних напряжений в них.

Процесс разрушения в веществах подразделяется на несколько отдельных этапов. Начальный - формирование трещин, имеющих субмикроскопический вид. В частности, с расхождения двух соседних атомных слоев на расстояние именно, при котором силы межатомного притяжения приобретают очень малое значение - незначительную величину.

В случае, когда размер трещины принимает размер на несколько порядков больше относительно величины наибольшего из структурных элементов вещества, то она структурируется как макротрещина [4].

Разрушение может подразделяться на частичное или же на полное. При варианте, когда разрушение характеризуется как частичное, то в обрабатываемом веществе формируются трещины в количестве одна или более. В итоге, они влияют на механические характеристики тела. В варианте, когда имеет место полное разрушение, происходит разделение тела на отдельные части. Осуществляемое разделение тела на более мелкие части с помощью, подводимой к нему механической (или другой) энергии имеет определение как измельчение [2].

Собственно процесс измельчения любого твердого, в том числе твердообразного вещества реализуется посредством взаимодействия рабочего органа, а также измельчаемого материала. При осуществлении подготовки корма к скармливанию - измельчения реализуется ряд этапов. В начальном этапе измельчаемое тело в месте локального контакта подвергается деформации. Последующий этап характеризуется разрушением по ослабленным дефектами плоскостям или же по направлению наибольшей местной концентрации напряжений.

Таким образом, измельчение представляет процесс, в завершении которого происходит уменьшение размерных характеристик обрабатываемого материала, а также увеличиваются площади поверхности измельченных элементов.

Исходя из анализа вышеперечисленных этапов, измельчение это процесс образования (то есть, приращения) новых поверхностей частиц сырья.

Геометрические характеристики - размеры или крупность, частиц измельченного корма обосновываются зоотехническими требованиями, а также применяются при определении (оценке) качества объекта измельчения. Для того, чтобы вычислить энергоёмкость процесса измельчения дополнительно необходимо иметь информацию о глубине процесса диспергирования, а именно о степени измельчения λ (в общем случае):

$$\lambda = D/d, \quad (1)$$

где D – значение среднего размера кусков исходного материала, d – значение среднего размер частиц материала измельчения.

В корреляции с типом воздействия рабочего органа на обрабатываемый материал, а также вида вызываемой в нем процесса деформации структурируют такие способы измельчения кормов [7]: дробление с помощью удара, в том числе раскалывание, включая раздавливание (плющение), кроме того, истирание (размол), или резание – посредством лезвия, пуансона и резца.

В настоящее время наибольшее практическое использование при эксплуатации измельчителей получили технические устройства, функционирующие по принципу резания (т.е. моментальное приложение динамических нагрузок на локальной площади контакта).

Резание – это технологический процесс воздействия на обрабатываемый объект для разделения его на составляющие части (а именно, посредством нарушения целостности), выполняемый с помощью режущего инструмента, к тому же материалу придается определенная форма, размер, а также качество поверхности. Разрушение в месте локального контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом предваряет упругая, в том числе пластическая деформации, величина которых коррелирует со структурой материала, а также скоростью деформирования, включая физико-механические показатели, а также условия осуществляемого процесса. Разрушение имеет место быть по линии наибольших значений напряжений, а также наступает в тот момент, когда величина напряжения становится тождественным временному сопротивлению (а именно, пределу прочности) материала. Работа по осуществлению процесса резания расходуется на формирование упругой, в т.ч. пластической деформаций, а также на преодоление сил трения, в т.ч. инерционных сил сопротивления [5].

Академик П.А. Ребиндер представил версию, в соответствии с которой измельчение есть сумма работ, расходуемых на выполнение процесса деформации разрушаемых частей, а также на создание поверхностей, в дальнейшем названную основным законом измельчения (в общем случае):

$$A_{\text{изм}} = A_v + A_s = K \cdot \Delta V + \sigma \cdot \Delta F, \quad (2)$$

где A_v – работа, направленная на выполнение деформации в обрабатываемой части материала, A_s – работа, направленная на создание новых поверхностей, K , σ – значения коэффициентов пропорциональности, ΔV – деформированная объемная часть, ΔF – дополнительно образованная поверхность.

Для вычисления реального значения выполненной работы по измельчению мягких субпродуктов формулу (2) можно выразить так:

$$A_{\text{изм}} = A_v + A_s = A_{\text{сж}} + A_{\text{рез}}, \quad (3)$$

где $A_{\text{сж}}$ – значение работы для выполнения сжатия, $A_{\text{рез}}$ – значение работы для осуществления резания.

На каждый отдельно рассматриваемый процесс расходуется определенная работа. С точки зрения необходимого эффекта измельчения в качестве полезной принимается только работа, на которую расходуется непосредственно на соб-

ственно процесс резания, и считается бесполезной, хотя и неотъемлемой, работа, направленная на процесс сжатия [6, 8].

Заключение

Выполненный обзор и анализ литературных источников расширил диапазон информации по рассматриваемой теме, уточнил направление предстоящих изысканий. Полученные данные позволяют осуществить дальнейшие теоретические исследования для обоснования процесса резания корнеклубнеплодов как важного источника кормов, обеспечивающих полноценное питание сельскохозяйственных животных. Результаты теоретического обоснования параметров нового технического устройства - на уровне патентоспособности - предваряют его экспериментальное и технико-экономическое обоснование с дальнейшей проверкой в производственных условиях сельскохозяйственных предприятий.

Список литературы

1. Брусенков А.В. Экспериментальное исследование усилий резания лезвием корнеклубнеплодов / А.В. Брусенков, С.М. Ведищев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2011. № 2 (33). С. 64-67. EDN: NUAJYX
2. Даурский А.Н. Резание пищевых материалов / А.Н. Даурский, Ю.А. Мачихин. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 240 с.
3. Зиганшин, Б.Г. Повышения эффективности технических средств приготовления кормов в животноводстве на основе расширения технологических возможностей измельчителей: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Зиганшин Булат Гусманович. – Казань, 2004. – 303 с.
4. Комиссаров С. С. Исследование процесса измельчения мясного сырья в волчках и разработка ножевых головок: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Комиссаров Сергей Сергеевич. – Воронеж, 2003. – 159 с.
5. Кузьмин, В. В. Совершенствование процесса резания мясного сырья на основе математического моделирования формы режущих инструментов: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Кузьмин Вячеслав Владимирович. – Санкт-Петербург, 2008. – 129 с.
6. Львов Д. Л. Совершенствование процесса скользящего резания пищевых полуфабрикатов пластинчатыми ножами: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Львов Дмитрий Львович. – Кемерово, 2009. – 163 с.
7. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С. В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
8. Резник Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н. Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 29–32.

9. Ряднов А.И. Выбор частных показателей комплексной оценки эффективности использования измельчителя корнеклубнеплодов / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.К. Мамахай // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. - 2021. - Т. 68. - № 4 (45). - С. 45-50.

10. Ряднов А.И. Результаты исследований усилия резания кормовой свёклы при измельчении / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.К. Мамахай // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2021. - № 3 (63). - С. 356-366.

11. Ряднов А.И. Совершенствование конструкции измельчителя корнеклубнеплодов / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.К. Мамахай // Вестник НГИЭИ. - 2021. - № 3 (118). - С. 40-51.

12. Савиных П. А. Обоснование угла установки наклонной стенки загрузочного бункера измельчителя корнеплодов / П.А. Савиных, А.В. Алешкин А. В., С.Ю. Булатов, Р.А. Смирнов // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 9. С. 7-10. EDN: WKDVAN

13. Шуханов С.Н. Анализ производительности измельчителя корнеклубнеплодов методом регрессивного моделирования / С.Н. Шуханов, А.С. Доржиев, А.В. Косарева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (81). С. 90-93. EDN: OBLMTL

14. Шуханов С.Н. Анализ факторов, влияющих на качество работы аппарата для измельчения корнеклубнеплодов методом активного эксперимента Шуханов С.Н., Доржиев А.С. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 356-363. EDN: GHZZND. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-35

15. Оптимальный угол наклона противореза режущего аппарата измельчителя корнеклубнеплодов при резании плодов цилиндрической формы Шуханов С.Н., Овчинникова Н.И., Косарева А.В., Доржиев А.С. Вестник НГИЭИ. 2022. № 6 (133). С. 19-31. EDN: ZSZIZC. DOI: 10.24412/2227-9407-2022-6-19-31

16. Boisly M. [et al.] Experimental characterisation and numerical modelling of cutting processes in viscoelastic solids // Journal of Food Engineering. 2016. Т. 191. P. 1-9.