

УДК 636:664.73

О.В. Нанка, канд. техн. наук, докторант*

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. Петра Василенка, м. Харків, Україна*

Напрямки підвищення ефективності процесу подрібнення зернових кормів

Наведені результати аналізу досліджень подрібнення рослинних матеріалів способом різання. Встановлено, що процес подрібнення різанням зернових кормів вивчений недостатньо. Немає єдиної думки про вплив таких параметрів як кут ковзання, вологість та ін. на енергоємність процесу подрібнення. Сформульована фізична постановка задачі фундаментальних теоретичних досліджень подрібнення зернових кормів способом різання.

подрібнення, зернові корми, процес різання, енергоємність

О.В. Нанка, канд. техн. наук, докторант

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенка,
г. Харьков, Украина*

Направления повышения эффективности процесса измельчения зерновых кормов

Приведены результаты анализа исследований измельчения растительных материалов способом резания. Установлено, что процесс измельчения резанием зерновых кормов изучен недостаточно. Нет единого мнения о влиянии таких параметров как угол скольжения, влажность и др. на энергоёмкость процесса измельчения. Сформулирована физическая постановка задачи фундаментальных теоретических исследований измельчения зерновых кормов способом резания.

измельчение, зерновые корма, процесс резания, энергоёмкость

Постановка проблеми. В основі раціону годівлі сільськогосподарських тварин і птиці використовуються зернові корми, процентний склад яких може досягати від 50 до 100% [1]. Так для великої рогатої худоби – 20...50% (у складі кормосуміші), для свиней – 60...90%, для птиці – 80...100% [2]. В сільськогосподарських підприємствах щорічно для годівлі тварин і птиці витрачається 14,4 млн. т. зернових кормів, із яких 2,9 млн. т. згодовується у вигляді комбікормів, а 11,5 млн. т. згодовується в природному вигляді, що веде до нераціонального їх використання [3].

Ефективність застосування зернових кормів залежить від якості їх приготування - подрібнення, дозування і змішування. Подрібнення при цьому є основною і найбільш енергоємною операцією на долю якої витрачається до 70% енергетичних витрат на загальний технологічний процес приготування кормів [4]. Ступінь подрібнення зернових кормів обумовлена фізіологією сільськогосподарських тварин, так як швидкість перетравлення частинок корму шлунковим соком прямо пропорційна загальній площі їх поверхні [5].

Окрім цього рядом вчених встановлено, що для різних видів тварин, а також їх статево вікових груп розміри частинок готового продукту повинні відповідати зоотехнічним вимогам і встановленим стандартам.

Таким чином, ефективність подрібнення зернових кормів необхідно оцінювати як по показникам енергоємності процесу, так і по показникам якості подрібнення, які

*Науковий консультант - д. т. н., академік НААН України Тіщенко Л.М.

оцінюють відсутність цілих зерен, а також відсутність пиловидної фракції з розміром частинок менше 0,25 мм. Тому проблема зниження енергоємності і підвищення якості подрібнення зернових кормів є актуальною і потребує її вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Подрібнення твердих тіл є процес їх розділення на більш менші частинки [5-7] і, не дивлячись на велику кількість способів подрібнення, в їх основі лежить одне і теж явище – виникнення в тілі при його навантаженні граничних напружень, які приводять до порушення цілісності тіла і розриванню зв'язків атомів і молекул між собою.

На тваринницьких фермах і комбикормових заводах для подрібнення зерна широко використовуються молоткові дробарки. Простота конструкцій, надійність в роботі, широкий спектр продуктивності і висока ступінь подрібнення робить їх незамінними. Однак, відмічаючи їх достоїнства не можна не виділити ряд суттєвих недоліків [8], першим із яких є високі питомі витрати енергії на процес подрібнення (15-18 кВт год/т). Другим важливим недоліком молоткових дробарок є неоднорідність гранулометричного складу кінцевого продукту (доля пиловидної фракції складає до 20%). Третім значущим недоліком є підвищене і нерівномірне зношування робочих органів (молотків і решіт). Крім того, молоткові дробарки мають значну металоємність (питома металоємність складає до 700 кг год/т).

З метою зниження енергетичних витрат Сергєєвим Н.С. [9], Абрамовим А.А. [10] Нанкою О.В. [11] запропоновані нові конструкції подрібнювачів в яких подрібнення відбувається способом різання і сколювання. Такий спосіб подрібнення зернових кормів веде до значного зниження енергоємності процесу і покращенню якості продуктів подрібнення (відсутності пиловидної фракції і прогнозованого розміру створюваних частинок корму). Однак відсутність фундаментальних досліджень процесів подрібнення зернових кормів способами різання спонукає до аналізу факторів, від яких залежить енергоємність процесу.

Постановка завдання. Метою даної роботи є аналіз результатів досліджень подрібнення рослинних матеріалів способом різання і визначення направленості фундаментальних досліджень подрібнення зернових кормів вказаним способом.

Виклад основного матеріалу. Аналізуючи результати досліджень з даної проблеми, необхідно загострити увагу перш за все на роботах, що в тій чи іншій мірі піднімають питання ресурсозбереження: енерговитрати процесу переробки кормів, зниження втрат кормів і збільшення їх поживної цінності.

Основними параметрами, від яких залежать енерговитрати і якість процесу подрібнення зернових кормів, є: швидкість різання, вид ріжучого інструменту і його розташування, геометричні параметри ріжучого інструменту і фізико-механічні властивості подрібнюваного матеріалу.

Одним із основних факторів, що впливають на енергоємність процесу подрібнення різанням є величина лінійної швидкості ножа в точці взаємодії з матеріалом у напрямку різання.

Результати досліджень, приведені в різних літературних джерелах, показують, що із збільшенням швидкості різання витрати енергії на процес подрібнення зменшуються. Так, Н. Е. Резник [12], Н. Ахметов [13] і Г.І. Малінов [14] вважають і експериментально доводять, що із збільшенням швидкості різання питома робота різання знижується. Крім того, Н. Ахметовим теоретично доведено, що із збільшенням швидкості різання зменшується енергія, потрібна для подрібнення.

Відповідно до характерних особливостей взаємодії між ріжучим інструментом і матеріалом в теорії різання виділяють – різання пуансоном, різцем і лезом [12, 15]. Основною відмінністю між видами різання є те, що при різанні різцем розділення відбувається попереду кромки, утвореної гранями різця, тоді як при різанні лезом

випереджаюча тріщина може мати місце тільки в особливих випадках, а нова поверхня утворюється в зоні безпосереднього контакту ріжучої кромки з матеріалом. Утворення нової поверхні матеріалу у разі дії пуансона і різця відбувається унаслідок виникнення внутрішньої дотичної напруги, тоді як в процесі різання лезом вказана поверхня утворюється під безпосереднім тиском кромки леза. Кожен з перерахованих видів різання найбільш ефективний для певних груп матеріалів.

Так, Н.Е. Резник [12] за наслідками численних досліджень встановив, що подрібнення рослинних матеріалів, до яких можна віднести і зерно злакових, найефективніше проводити за допомогою різання лезом. При цьому спостерігаються найменші витрати енергії на процес подрібнення. При подрібненні ж твердих матеріалів, найбільш ефективним видом різання є різання різцем.

Значно впливають на енергоємність процесу різання такі геометричні параметри ріжучого інструменту, як: кут заточування, кут ковзання, товщина ріжучого інструменту, зазор між кромками лез ріжучої пари.

Під кутом заточування мається на увазі кут, утворений фасками леза у його ріжучої кромки, вимірюваний в площині, перпендикулярній кромці. Основою для вибору кута заточування ножів є експериментальні дані Н.Е. Резника [12], який при подрібненні шару стебел сільськогосподарських культур встановив, що із збільшенням кута заточування ножа питома робота різання зростає. Також інтерес представляють досліді І.Ф. Василенка [16], який встановив, що при різанні з інерційним підпором, як і при підпорному різанні, спостерігається тенденція зниження зусилля різання із зменшенням кута заточування.

Важливою класифікаційною ознакою процесу різання є кут ковзання ножа. Основоположник теорії різання академік В.П. Горячкин [17] виділив два різновиди різання лезом: за допомогою нормального переміщення ріжучого інструменту і за допомогою переміщення його по двох взаємно перпендикулярним напрямкам – нормальному і дотичному, які в літературі наголошуються як статичне або нормальне різання (рубка) і ковзаюче різання (різка). Про вплив кута ковзання на енерговитрати процесу подрібнення є різні точки зору. В.А. Желіговський [18] прийшов до висновку, що найменша питома робота подрібнення має місце при рубаючій дії леза. За його даними, у міру збільшення кута ковзання питома робота зростає спочатку поволі, а після досягнення 70° все інтенсивніше. В.П. Горячкин [17] встановив, що із збільшенням кута ковзання нормальна сила для збудження процесу зменшується, особливо при значеннях кута ковзання близько 30° . Експериментальні дослідження Н.Е. Резника [12] показали, що збільшення значення кута ковзання леза в певних межах вигідно в енергетичному відношенні. Питома робота різання із збільшенням кута до 25° зменшується, а при подальшому збільшенні цього кута – зростає. За даними Н.В. Саблікова [19], для різних матеріалів питома робота має найменшу величину в межах значення кута ковзання $30\dots 50^\circ$. Подальше збільшення значення кута ковзання приводить до збільшення питомої роботи різання з прискоренням. Аналіз приведених робіт показує, що результати досліджень впливу кута ковзання на енергоємність процесу подрібнення різанням досить суперечливі і потребують додаткового дослідження і уточнення.

Товщина ножа при тонкошаровому різанні, коли частини матеріалу, що розрізають, відділяються один від одного без значного заглиблення в нього фасок леза, не має значення, оскільки основна руйнуюча дія на матеріал здійснюється кромкою леза. При товстошаровому ж різанні, коли відділення матеріалу відбувається після повного заглиблення в нього хоч би фасок і, тим більше, частини граней ножа, товщина останнього набуває істотного значення для процесу різання і, зокрема, для його енергетики. Н.Е. Резник [12] відзначає, що при різанні кукурудзи і лободи ножами завтовшки 2...8 мм отримано помітне збільшення сумарної і питомої роботи різання в 1,5

рази. Робота різання із збільшенням товщини ножа до 5 мм росте інтенсивно, а при подальшому збільшенні товщини ножа вона росте менш інтенсивно. При цьому необхідно відзначити, що ножі завтовшки менше 5 мм для подрібнення в промислових подрібнювачах використовуються мало із-за їх недостатньої міцності. У дослідженнях І.В. Сисоєва [20] також було встановлено, що потужність на привід пастовиготовлювача ПЗГ-2 із збільшенням товщини ножа зростає в прямій залежності. Так, при збільшенні товщини ножа з 4 до 16 мм потужність на привід ріжучого механізму зросла в 1,75 разів.

У значній кількості робіт експериментально встановлено великий вплив зазору в ріжучій парі на енергетику процесу різання і його якість. J.B. Liljedahl [21] при різанні стебел люцерни виявив, що для дуже гострого ножа зміна зазору від 0 до 0,4 мм не впливає на величину енергії, що витрачається, а при тупіших лезах енергія різання із збільшенням зазору помітно росте. Н.Е. Резник [12] показує, що для всіх рослинних матеріалів при збільшенні зазору питома робота різання зростає. Він відзначає, що теоретичних обґрунтувань оптимальної величини зазору між лезом і протиріжучою пластиною немає. Проте відомі причини погіршення умов різання із збільшенням зазору. При великому зазорі матеріал, що перерізається по лінії дії леза не має опори, тому створюється консоль, що згинається під дією тиску. У зв'язку з цим при значному зазорі відбувається різання з вигином матеріалу, що приводить до збільшення площі перетину матеріалу, що перерізається. Крім того, відігнута частина стебел заклинюється в зазорі між лезом і протиріжучою пластиною, що приводить до додаткових зусиль на подолання сил тертя. Тому у кожному конкретному випадку потрібно уточнювати значення зазору.

В результаті недостатньо вивченого комплексу питань подрібнення зернового корму способом різання стримуються передумови для розробки нових, ефективніших способів подрібнення на різних етапах цього процесу. Тому виникає необхідність в фундаментальних дослідженнях технологічного процесу подрібнення зернових кормів способом різання.

З фізичної точки зору, як уже відмічалось, подрібнення твердих тіл є процес його розділення на більш менші частинки і, не дивлячись на велику кількість способів подрібнення, в його основі лежить одне і теж явище – виникнення в тілі при його навантаженні граничних напружень, які приводять до порушення цілісності тіла і розриванню зв'язків атомів і молекул між собою. Процес подрібнення складається з декількох стадій: стадії пружної деформації; стадії пластичної деформації; власне подрібнення.

На стадії пружної деформації тіло під впливом прикладеної сили піддається деформації стиснення (тобто зближення елементарних частинок по горизонталі і вертикалі), при цьому розміри тіла зменшуються. При зближенні елементарних частинок зростають сили пружності, які підкоряються закону Гука, згідно якому напруга деформованого тіла пропорційна відносній деформації. З цього закону виходить, що чим більше деформація, тим більше напруження тіла.

При значній величині напруження, що перевищує межу пружності, тіло втрачає пружні властивості і починає деформуватися. Початок процесу деформації тіла знаменує початок другої стадії подрібнення – стадії пластичної деформації. Стадія закінчується після досягнення напруження, рівного межі міцності тіла. При цьому якщо продовжувати дію сили на тіло, то воно починає руйнуватися і наступає остання стадія процесу – власне подрібнення, яке характеризується тим, що для даного тіла при підвищенні межі його міцності цілісність кристалічної решітки тіла порушується.

В процесі дії прикладеної сили поверхня контакту тіла і ріжучого робочого органу змінюється і є невідомою величиною, що приводить до складної математичної задачі визначення рішення в області, конфігурація якої невідома. Задачі такого типу відносяться до контактних задач теорії пружності. Для її вирішення пропонується

розглядати контактну задачу про дію ножа у вигляді клина на пружний напівпростір. Дана фізична постановка задачі дозволить виявити характерні особливості напружено деформованого стану тіла, що подрібнюється, яке очевидно буде мати місце і для тіл кінцевого розміру.

Висновки. В результаті аналізу результатів досліджень подрібнення рослинних матеріалів способом різання встановлено, що процес подрібнення різанням зернових кормів вивчений недостатньо. До теперішнього часу немає єдиної думки про вплив таких параметрів як кут ковзання, вологість та ін. на енергоємність процесу подрібнення. Недостатність вивчення комплексу питань подрібнення зернового корму способом різання стримує створення передумов для розробки нових, ефективніших способів подрібнення на різних етапах цього процесу. Сформульована фізична постановка задачі фундаментальних досліджень подрібнення зернових кормів способом різання.

Список літератури

1. Хохрин С.Н. Корма и кормление животных [Текст] / С.Н. Хохрин. – М.: Лань, 2002. – 512 с.
2. Денисов Н.И. Производство и использование комбикормов [Текст] / Н.И. Денисов, М.Т. Тараканов. – М.: Колос, 1970. – 236 с.
3. Піщелка В.А. Стан та перспективи розвитку комбикормової галузі в Україні [Текст] / В.А. Піщанка // Ефективні корми та годівля. – 2006. №3. – С. 5-8.
4. Боярський Л.Г. Технология кормления и полноценное кормление сельскохозяйственных животных [Текст] / Л.Г.Боярський. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 200 с.
5. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения [Текст] / Г.П. Черепанов. – М.: Наука, 1974. – 640 с.
6. Либовиц, Г.К. Разрушение [Текст] / Г.К. Либович. – М.: Мир, 1975. – 766 с.
7. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел [Текст] / А. Надаи. – М.: Мир, 1969. – 863 с.
8. Нанка А.В. Молотковые дробилки - достоинства и недостатки [Текст] / О.В. Нанка, И.Г. Бойко // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса АПК: Доклады республиканской научно-практической конференции «Белагро-2011». – Минск: ГИВЦ Минсельхозпрома, 2012. – С. 116-121.
9. Сергеев С.Н. Центробежно-роторные измельчители фуражного зерна : автореф. дис. на соискание науч. степени док. техн. наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / С.Н. Сергеев. - Челябинск, 2008. – 42 с.
10. Абрамов А.А. Обоснование параметров и режимов работы измельчителя зерна скальвующего типа : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / А.А. Абрамов. - Ростов -на-Дону, 2006. - 20 с.
11. Нанка О.В. Шляхи зниження енергоємності подрібнення зернових кормів та підвищення якості подрібнення [Текст] / О.В. Нанка, І.Г. Бойко // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Збірник наукових праць БНАУ. – Біла Церква: БНАУ, 2012. – Вип. 7. – С. 55-58.
12. Резник Н. Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н. Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – С. 29–32.
13. Ахметов Н. Исследование процесса резания рисовой соломы и изыскание оптимальных параметров рабочего органа измельчителя : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / Н. Ахметов. - Москва, 1971. – 20 с.
14. Малинов Г. И. Повышение энергоэффективности процесса измельчения упруговязких материалов [Текст] / Г. И. Малинов, В. Ф. Кондрашов, Т. А. Гаврилов // Новые технологии в промышленности и сельском хозяйстве: материалы I-ой всероссийской заочной научно-практической конференции. – Бийск: Международный центр технологий, 2012. – С. 232–238.
15. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм [Текст] / С. В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
16. Василенко И. Ф. Теория режущих аппаратов жатвенных машин [Текст] / И. Ф. Василенко // Труды ВИСХОМ. – 1937. – Сб. 5. – С. 7–114.
17. Горячкин В. П. Собрание сочинений. Т. 3. [Текст] / В. П. Горячкин. – М.: Колос, 1965. – 384 с.
18. Желиговский В. А. Экспериментальная теория резания лезвием [Текст] / В. А. Желиговский // Труды МИМЭСХ. – 1940. – Вып. 9. – С. 1–27.
19. Сабликов Н. В. Исследование процесса резания стеблей ножами соломосилосорезок [Текст] / Н. В. Сабликов // Труды Ташкентского института механизации сельского хозяйства. – 1957. – Вып. 6. – С. 106–149.

20. Сысоев, И. В. Исследование рабочего процесса шнекового пастоприготовителя : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / И.В.Сысоев. - Волгоград, 1965. - 20 с.
21. Liljedahl, J. B. Measurement of shearing energy / J. B. Liljedahl, G. L. Jackson, R. P. De Graff, M. E. Schroeder // *Agricultural Engineering*. – 1961. – № 6. – PP. 298–301.

Nanka Oleksandr, PhD tech. sci.

Petro Vasilenko Kharkiv national technical university of agriculture, m. Kharkiv, Ukraine

Directions of increasing grinding down of corn forages efficiency process

The purpose of this work is results of grinding down of vegetable materials by the method of cutting researches analysis and way of fundamental grinding down of corn forages researches by the indicated method determination.

From the physical point of view for solids grinding down there is a process of it is dividing into more or less particles and in spite of plenty of grinding down methods, in it is basis one lies and also the phenomenon is an origin in a body at it is loading of maximum tensions which bring to integrity bodies violation of over and to the laceration of atoms connections and molecules between itself. The grinding down process consists of a few stages: stages of resilient deformation; stages of flowage; own grinding down. As an analysis results of grinding down of vegetable materials researches, in particular stem, it is set a cutting method, that the grinding down of corn forages cutting process is studied not enough. To the present tense there is not the unique idea about influence of such parameters as sliding corner, humidity but other on power-hungryness of grinding down process. Creation of pre-conditions restrains insufficiency of complex of questions of grinding down of corn forage a cutting method for development of new, more effective methods of grinding down on the different stages of this process study. The physical raising of task of fundamental corn forages grinding down is formulated by a cutting method researches.

grinding down, corn forages, cutting process, power-hungryness

Одержано 05.11.15

УДК 658.631.3

А.М. Тригуба, доц., канд. техн. наук, П.М. Луб, доц., канд. техн. наук,

А.О. Шарибура, доц., канд. техн. наук

Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни, Україна, pollylub@ukr.net

Результати дослідження агрометеорологічних причин ризику у проектах технологічних систем вирощування сільськогосподарських культур¹

Узагальнено результати досліджень впливу агрометеорологічних умов на темпи робіт у проектах технологічних систем вирощування сільськогосподарських культур.

Означено вплив агрометеорологічних умов на темпи виконання робіт у проектах технологічних систем із вирощування культурних рослин. Виконано дослідження та узагальнено їх результати щодо впливу агрометеорологічних умов на стан предмету праці. На цій підставі встановлено тривалість проміжків часу, за яких виконання робіт у проектах весняного обробітку ґрунту та сівби, хімічного захисту та збирання врожаю сільськогосподарських культур було можливим. Наведено статистичні характеристики тривалості погожих та непогожих проміжків часу, обґрунтовано їх теоретичний розподіл та представлено диференціальні функції розподілу.

© А.М. Тригуба, П.М. Луб, А.О. Шарибура, 2015

¹ Дослідження виконувались під керівництвом член-кор. НААН України, проф., д.т.н. О.В. Сидорчука, Національний науковий центр «ІМЕСГ», смт. Глеваха