

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

В.А.Дайнеко, канд. техн. наук, доцент, Е.М.Прищепова, аспирантка (УО БГАТУ)

Аннотация

Рассмотрены наиболее распространенные способы измельчения фуражного зерна. Предложено при оптимизации процесса измельчения зерна (независимо, как для дробилок, так и плющилок) исходить из минимизации энергоемкости процесса, повышения производительности и надежности установки, обеспечивая при этом заданное качество измельчения.

Введение

Одним из важных условий высокоэффективного производства животноводческой продукции является обеспечение животных полноценными кормами, сбалансированными по питательным веществам в соответствии с зоотехническими требованиями. Наилучшее использование питательных веществ, заключенных в кормах, достигается при скармливании животным кормов, соответствующих их физиологическим потребностям. Фуражное зерно является основным компонентом в комбикормах для животных. При скармливании его в обычном (не измельченном) виде усвояемость питательных компонентов пищеварительными системами животных составляет не более 40 – 60 %. Получение измельченных кормов определенной фракции является одной из важных технологических операций, так как от качества измельчения во многом зависит и его усвояемость. Качественный концентрированный корм имеет выровненный гранулометрический состав, в нем отсутствуют не измельченные частицы, а также снижена пылевидность фракций [1,2].

Измельчение зерновых материалов – один из самых энергоемких процессов в технологии приготовления комбикормов. Получение измельченной массы заданного фракционного состава требует использования специального оборудования (измельчителей) и оптимального выполнения технологических операций на всех стадиях измельчения.

Основная часть

Наиболее распространенными способами измельчения компонентов концентрированных кормов является свободный удар, раздавливание и истирание. Принцип свободного удара положен в основу работы молотковых дробилок, а раздавливания (плющения) зерна в рабочем зазоре между двумя вальцами – в основу работы вальцовых плющилок [3,4].

Как правило, перечисленные способы измельчения используются в сочетании, например, раздавливание и истирание, удар и истирание и другие. Необ-

ходимость использования различных способов измельчения, а также различных по принципу действия конструкций вызвана многообразием свойств и размеров измельчаемых исходных материалов и различными требованиями к размеру и гранулометрическому составу готового продукта. Однако при работе измельчителей в зависимости от их конструкции преобладает тот или иной способ измельчения.

В последние годы широкое распространение получила технология плющения влажного зерна с последующим внесением в него консерванта и закладкой в хранилище с предварительной герметизацией, препятствующей деятельности вредных микроорганизмов. Основное преимущество такой технологии заключается в том, что уборка начинается на 2-3 недели раньше сроков созревания в стадии восковой спелости зерна при влажности 30-40%. Данная технология имеет и ряд других положительных особенностей: не требуется сушка зерна; повышается питательная ценность заготавливаемого корма; снижается зависимость от негативного влияния погодных условий, что в итоге уменьшает материальные, трудовые и финансовые затраты. Такая технология применима для всех видов зерновых, зернобобовых культур и кукурузы [5,6,7].

До настоящего времени основной машиной, применяемой для измельчения зерновых, была молотковая дробилка, рабочие органы которой (дека, молотки, сито, трубопроводы) и технологические параметры (окружная скорость молотка, способ загрузки, зазор и др.) определяют энергетические и технико-экономические показатели ее работы, а также гранулометрический состав готового продукта. Широкая область их применения обуславливается конструктивными и эксплуатационными достоинствами, такими как простота, надежность в работе, удобство в обслуживании при эксплуатации, невысокая цена, а также технологическими:

– универсальность, то есть возможность дробить разные материалы с незначительной перенастройкой (заменой молотков, сит) или без нее;

– обеспечение широкого диапазона дробления исходного материала;

– незначительный нагрев измельченного продукта.

Несмотря на простоту конструкций, молотковым дробилкам свойственны и недостатки: высокая энергоёмкость процесса измельчения, неравномерность гранулометрического состава получаемого продукта (повышенное содержание переизмельченных частиц), интенсивный износ рабочих органов [3,8,9].

Если кратко коснуться конструктивных особенностей плющилок зерна, то по схемам расположения валцов плющилки могут быть с внешним и внутренним контактом рабочих поверхностей. Плющилки с внешним контактом поверхностей валцов обеспечивают рабочий процесс путем обработки зерна в зазоре между двумя вращающимися навстречу друг другу валцами. Валцы могут быть одинакового и разного диаметра, а линейные скорости их рабочих поверхностей также могут быть одинаковыми или отличающимися друг от друга. При одинаковых скоростях происходит плющение зерна в хлопья, а при разных скоростях – измельчение зерна на мелкие фракции истиранием. Конструктивная схема плющилки с внутренним контактом рабочих органов использует сплошной наружный барабан, внутри которого размещается валец малого диаметра, вращающийся в том же направлении, что и наружный [3,4].

Процесс измельчения зерна независимо от используемого способа сложен и зависит от ряда технологических факторов. Существенными факторами, влияющими на энергоёмкость процесса измельчения, являются заданная степень измельчения и технологические свойства кормов.

Степень измельчения зерна характеризуется размером частиц исходного материала, размером частиц измельченного корма, а также равномерностью гранулометрического состава.

Технологические свойства кормов – это совокупность физико-механических и химических свойств. Химические свойства сырья зависят от содержания в компонентах комбикорма протеина, клетчатки, жира и других веществ. К физико-механическим свойствам компонентов относятся объемная масса, влажность, гранулометрический состав, пленчатость и другие [4,8,10]. Нахождение условий и рабочих режимов машин, при которых разрушение частиц перерабатываемого корма будет возможно с наименьшими затратами энергии, и составляет в большинстве случаев основную цель исследований [4].

Работы многих исследователей посвящены изучению влияния отдельных параметров на основные показатели работы молотковых дробилок, такие как производительность, энергоёмкость и качество получаемого продукта. Наиболее полное обоснование эти вопросы получили в научных трудах С.В. Мельнико-

ва, Г.М. Кукта, А.А. Сундеева и их учеников [4,10,11].

В работе [11] наиболее полно в общем виде представлена функция затрат энергии на измельчение продукта в рабочей камере молотковой дробилки, которая является сложной функцией многих переменных величин: физико-механических свойств измельчаемого материала, загрузки, режима работы, конструкции рабочих органов и других величин:

$$A=f(Q\delta_p, K_T, K_s, V, t, K_a, K_u, M, Z, K_3, \eta, D, \delta, K_{ж}),$$

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 способ отгрузки измельченного продукта;

K_u - коэффициент степени износа;

M - модуль размола, мм;

Z - число молотков, шт;

K_3 - коэффициент питания;

η - коэффициент полезного действия процесса измельчения продукта;

D - диаметр ротора, м;

η - механический коэффициент полезного действия;

δ - толщина сита, мм;

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

Независимые переменные приведенной функции находятся в определенном соотношении между собой. Степень их влияния на процесс измельчения различна. Например, при повышении влажности разрушающее усилие сжатия снижается. Одновременно повышается абсолютная деформация зерна, которую она претерпевает до разрушения. В результате сопротивляемость зерна измельчению возрастает, т.е. увеличивается разрушающее напряжение δ_p .

В результате многочисленных исследований [1,4,8,9,10,11,12] установлено также, что при использовании молотковых дробилок степень измельчения зависит от многих факторов, в первую очередь, от физико-механических свойств измельчаемых материалов, а также конструктивных и технологических

параметров молотковой дробилки, таких как, окружная скорость молотков, их количество и конструктивные особенности, форма и размеры отверстий решет, их общая площадь и площадь живого сечения, наличие дек, радиальный зазор между концами молотков и решет, подача продукта в рабочую камеру и его отвод за пределы камеры.

Если рассматривать влияние указанных параметров с точки зрения возможности управления степенью измельчения или модуля размола готового продукта, то необходимо отметить, что наиболее целесообразно осуществлять это изменением технологических параметров (окружной скорости молотков, подачей размалываемого продукта), учитывая при этом физико-механические свойства (влажность) измельчаемых материалов, так как изменение при этом конструктивных параметров дробилки практически невозможно в процессе эксплуатации, либо требует ее остановки для переналадки.

Оптимизировать такое управление следует исходя из минимизации энергоемкости процесса измельчения, повышения производительности и надежности установки. Это подтверждается исследованиями многих авторов различных конструкций дробилок зерна [1,4,9,12]. На рисунках 1, 2, 3 представлены зависимости энергоемкости процесса дробления q и производительности Q дробилок от окружной скорости движения молотков V (рис. 1, 2) или частоты вращения валцов n валцового измельчителя (рис. 3) для различных культур или типа фуража.

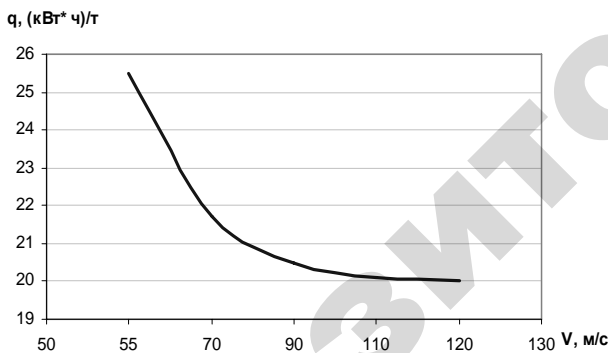


Рисунок 1. Зависимость энергоемкости q от окружной скорости молотков V при размоле сухой сечки на дробилке АВМ - 0,4 [4].

Зависимость энергоемкости q и производительности Q от степени загрузки β молотковой дробилки при размоле различных культур представлены на рисунках 4 и 5.

В данной зависимости степень загрузки β характеризует подачу размалываемого продукта. Зависимость q и Q от влажности зерна W характеризуется графиком, приведенным на рисунке 6. Из графика очевидно, что чем выше влажность размалываемого зерна, тем выше энергоемкость процесса q и ниже производительность дробилки Q .

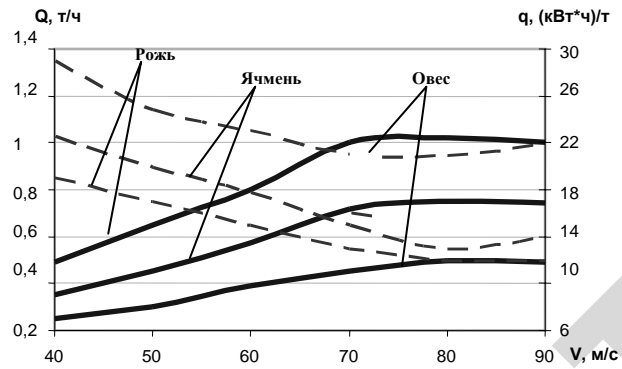


Рисунок 2. Зависимость производительности Q , энергоемкости q от окружной скорости молотков V при размоле различных культур на молотковой дробилке [1]:
— производительность Q ;
- - - энергоемкость q .

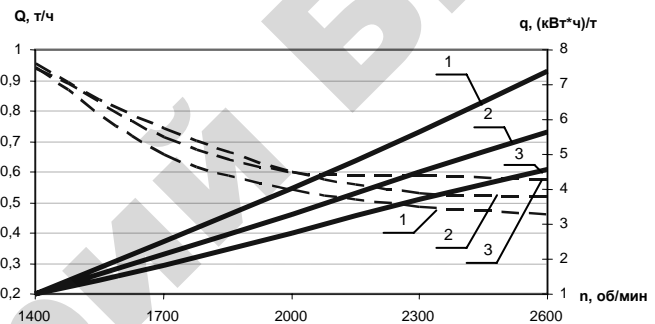


Рисунок 3. Зависимость изменения производительности Q и энергоемкости q от частоты вращения вальца n вальцового измельчителя для трех типов фуража [9]:
— производительность Q ;
- - - энергоемкость q .

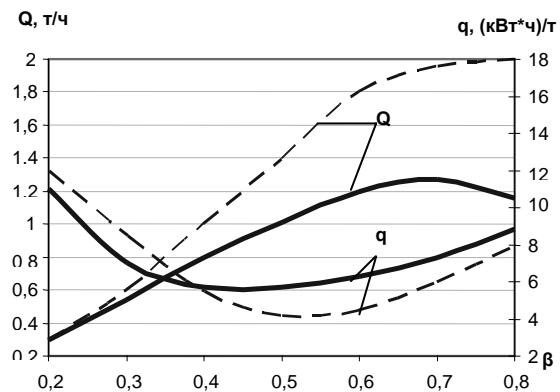


Рисунок 4. Зависимость производительности Q и энергоемкости q от степени загрузки β молотковой дробилки при размоле зерна пшеницы [12]:
— один противорезающий молоток,
- - - два противорезающих молотка.

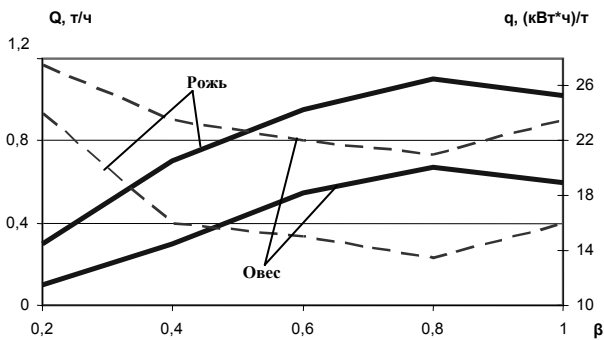


Рисунок 5. Зависимость производительности Q и энергоёмкости q от степени загрузки β молотковой дробилки при размоле различных культур [1]:
— производительность Q ;
- - - энергоёмкость q .

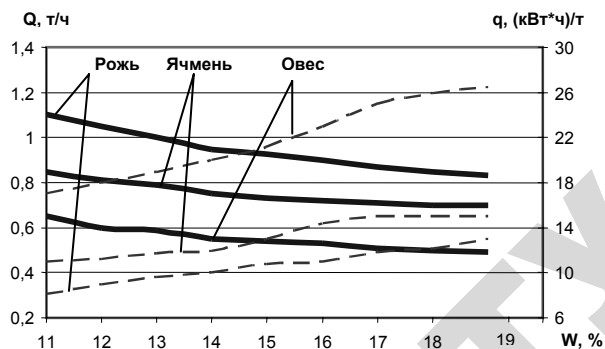


Рисунок 6. Зависимость производительности Q и энергоёмкости q от влажности зерна W при размоле различных культур на молотковой дробилке [1]:
— производительность Q ;
- - - энергоёмкость q .

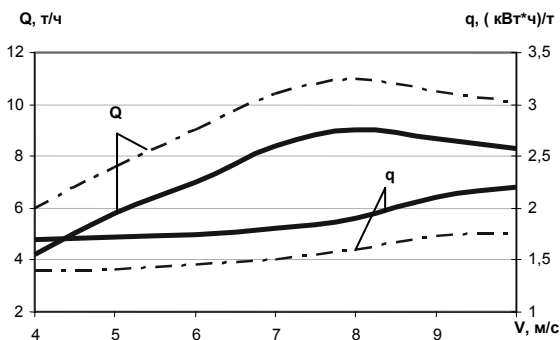


Рисунок 7. Зависимость производительности Q и энергоёмкости q от окружной скорости вальцов V плющилки для различных культур [7]:
— тритикале,
- - - ячмень.

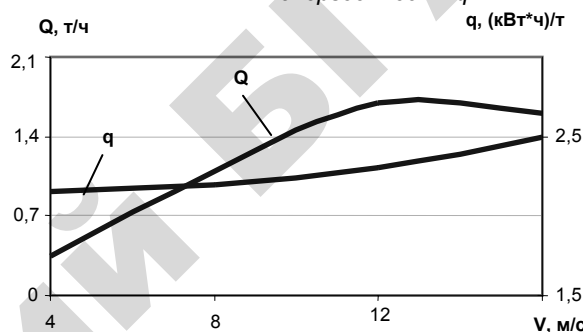


Рисунок 8. Зависимость производительности Q и энергоёмкости q от окружной скорости вальцов V плющилки [13].

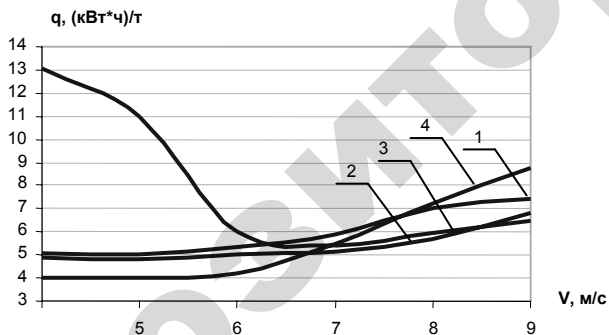


Рисунок 9. Зависимость энергоёмкости q процесса плющения от окружной скорости вальцов V при различной влажности зерна [14]: 1 - $W=12\%$; 2 - $W=24\%$; 3 - $W=30\%$; 4 - $W=36\%$.

Аналогичные зависимости получены также многими исследователями и для различных конструкций плющилок зерна [7,13,14,15]. На рисунках 7, 8, 9 приведены зависимости энергоёмкости процесса плющения различных культур зерна q и производительности Q плющилок от окружной скорости V их вальцов.

Зависимости энергоёмкости q и производительности Q процесса плющения от влажности исходного зерна W представлены на рисунках 10, 11, 12.

Практически все зависимости (рис. 7 – 12) имеют явно выраженные минимумы и максимумы, это также подтверждает, что при оптимизации процесса плющения необходимо аналогично исходить из минимума энергоёмкости процесса, повышения производительности и надёжности установки, обеспечивая при этом заданное качество плющеного зерна.

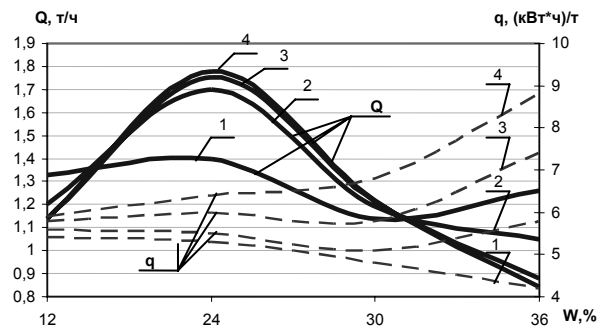


Рисунок 10. Зависимость производительности Q и энергоёмкости q процесса плющения от влажности зерна W при окружной скорости вальцов [14]:
1 - $V=6$ м/с; 2 - $V=7$ м/с; 3 - $V=8$ м/с; 4 - $V=9$ м/с.

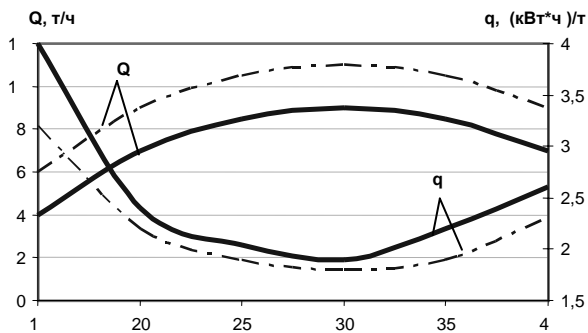


Рисунок 11. Зависимость производительности Q и энергоемкости q вальцовой плющилки от влажности зерна W для различных культур [7]:

— тритикале,
- - - ячмень.

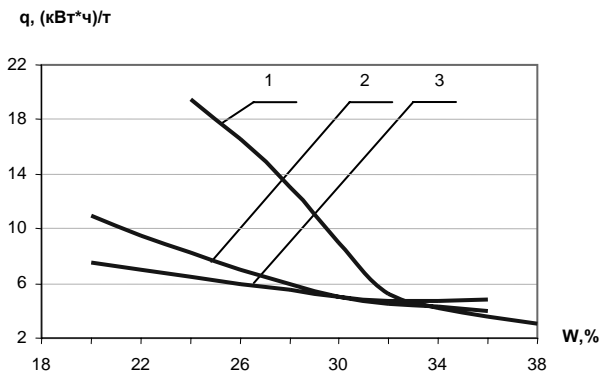


Рисунок 12. Зависимость энергоемкости q процесса плющения от влажности зерна W [2]: 1 — кукуруза; 2 — горох; 3 — пшеница.

Выводы

Анализ результатов исследований процессов дробления и плющения зерна, проведенных многими авторами показывает, что основными технологическими машинами для этих целей являются молотковые дробилки и плющилки различных конструкций.

В последние годы все большее распространение получает технология плющения влажного зерна в вальцовых плющилках, при этом процесс плющения и вопросы снижения его энергоемкости исследованы недостаточно.

На производительность дробилок и плющилок зерна, энергоемкость процесса измельчения и качество получаемого продукта (степень измельчения или плющения) кроме конструктивных и технологических параметров машин влияют физико-механические свойства зерна.

Оптимизация процесса измельчения зерна в дробилках и плющилках возможна только при учете влияния влажности исходного материала, для чего автоматический регулятор должен непрерывно получать информацию о текущей влажности и подаче зер-

на, производительности и степени загрузки измельчителя.

Разработка устройства непрерывного контроля влажности и подачи (расхода) зерна является актуальной задачей, без решения которой невозможно создать оптимальный регулятор процесса измельчения зерна.

Оптимизируя процесс измельчения зерна (независимо, как для дробилок, так и плющилок) необходимо исходить из минимизации энергоемкости процесса, повышения производительности и надежности установки, обеспечивая при этом заданное качество измельчения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селезнев, А.Д. Исследование нового измельчителя фуражного зерна/ А.Д. Селезнев, В.И. Хруцкий, А.Е. Синило; под общ. ред. В.Н. Дашкова// Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб.: в 2-х т. — Минск: УП «БелНИИМСХ», 2003. — Вып. 37. — С. 36-48.
2. Одогов, В.А. Обоснование параметров и режимов работы плющилки влажного зерна: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ В.А. Одогов. — М.: РГБ, 2005. — 187 с.
3. Завражнов, А. И. Механизация приготовления и хранения кормов/ А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. — М.: Агропромиздат, 1990. — 336 с.
4. Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм/ С.В. Мельников. — Л.: Колос. Леингр. отд-ние, 1978. — 560 с.
5. Попков, Н.А. Уборка зерна повышенной влажности на кормовые цели и его плющение/ Н.А. Попков, В.Г. Самосюк, Ф.И. Привалов// Белорусское сельское хозяйство, №2, 2007. — С.7-14.
6. Организационно-технологические нормы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. — Мн.: Белорусская наука, 2005. — С. 151-157.
7. Селезнев, А.Д., Савиных, В.Н., Селезнева, Е.А., Гаврилович, С.В. Обоснование параметров рабочих органов плющилки зерна/ Под общ. ред. В.Н. Дашкова// Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. — Минск: РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси», 2005. — Вып. 39. — С. 116-123.
8. Хлынин, П.П. Совершенствование конструктивно-режимных параметров дробилки молоткового типа: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01, 05.20.03/ П.П. Хлынин. — М.: РГБ, 2003. — 151 с.
9. Передня, В.И. Малоэнергоемкий измельчитель зернофуража/ В.И. Передня, А.И. Пунько// Агропанорама, №1, 1999. — С. 25 -27.
10. Кукта, Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов/ Г.М. Кукта. — М.: Агропромиздат, 1987. — 303 с.

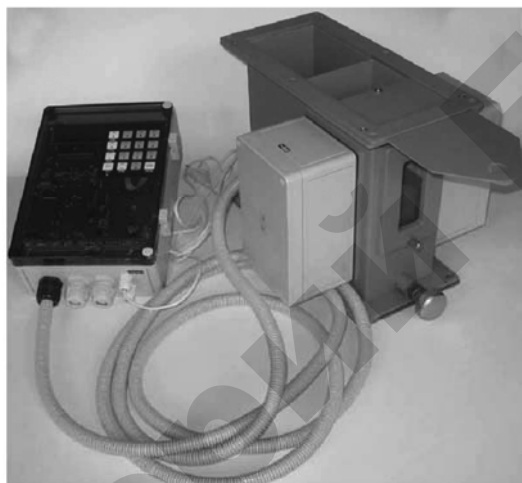
11. Сундеев, А.А. Процесс измельчения фуражного зерна и его развитие // Механизация подготовки кормов в животноводстве: сб. науч. трудов. – Воронеж: ВСХИ, 1984 – 128 с.

12. Ломов, В.И. Экспериментальное исследование молотковой дробилки для измельчения зернового корма/ В.И. Ломов// Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства, вып. 25: Кормопроизводство и кормоприготовление. – зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1976. – С.101-108.

13. Сыроватка, В.И. Обоснование рабочих органов плющилок/ В.И. Сыроватка, В.С. Ромалийский// Механизация и электрификация животноводства, № 10, 1977. – С.22-24.

14. Сысуев, В.А. Влияние окружной скорости вальцов и влажности материала на рабочий процесс двухступенчатой плющилки зерна/ В.А. Сысуев, П.А. Савиных, В.А. Одегов, И.Ю. Заболотских // Механизация и электрификация сельского хозяйства, №38, 2004. – С.120-127. .

Радиоволновой влагомер зерна



Прибор предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах путем измерения величины поглощения СВЧ энергии влажным материалом и преобразования этой величины в цифровой код, соответствующий влажности материала. Прибор обеспечивает измерение влажности от 9 до 25% при температуре контролируемого материала от 5 до 65°С абсолютной погрешностью не более 0,5%.

Автор: Дайнеко В.А., кандидат технических наук, доцент.