

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРМОВ

Комлик Иван Павлович, аспирант кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства» ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная, 8а.
Тел.: 8-927-656-16-01.

Ключевые слова: измельчитель, производительность, качество, энергоемкость.

В статье представлена конструктивно-технологическая схема измельчителя кормов, структурная схема функционирования, а так же структурная схема проведения исследований и последовательности проведения расчетов для выявления оптимальных режимных параметров.

Успешное развитие животноводства в России возможно лишь при наличии техники, способной производить продукцию высокого качества при минимальных затратах денежных средств. Современные технологии и технические средства, должны обеспечивать увеличение выхода продукции; снижение затрат труда, энергетических и материально-технических ресурсов. Актуальным вопросом в настоящее время является создание техники с высокой производительностью и минимальными энергозатратами для фермерских хозяйств [1, 2, 3, 6].

Эффективное производство продукции животноводства во многом зависит от правильного приготовления кормов.

Из всего многообразия существующих способов переработки кормов, наибольшее применение получила механическая технология приготовления кормов.

В механической технологии приготовления кормов самым распространенным и важным процессом является измельчение, обусловленное требованиями физиологии кормления животных. Дело в том, что питательные вещества, присутствующие в кормах, организмом животного усваивается только в растворенном виде, а скорость обработки частиц корма желудочным соком прямо пропорциональна площади их поверхности. В результате измельчения корма образуется множество частиц с высокоразвитой поверхностью, что способствует ускорению процессов пищеварения и повышению усвояемости питательных веществ [8].

Энергоемкость технологического процесса зависит от конструктивно-режимных параметров измельчения, способов измельчения, массообменных соотношений и других факторов. Поэтому поиск резервов снижения энергоемкости требует анализа закономерностей протекания процесса с учетом этих факторов.

Цель исследования – повышение качества измельчения и снижение энергоемкости процесса измельчения кормов, за счет разработки и обоснования конструктивно-технологической схемы измельчителя.

Задачи исследования – разработать и обосновать конструктивно-технологическую схему устройства, определить рациональные конструктивно-режимные параметры.

На основании анализа и классификации измельчителей кормов (рис. 1) [9], а так же согласно требованиям, предъявляемым ко всем измельчающим машинам [1], а именно: качественное измельчение, быстрое удаление измельченного продукта из рабочей зоны машины, возможность регулирования степени измельчения, легкая замена быстроизнашивающихся деталей машины, низкая энергоемкость и высокая производительность, на кафедре «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства» разработана конструктивно-технологическая схема измельчителя кормов (рис. 2) [7].

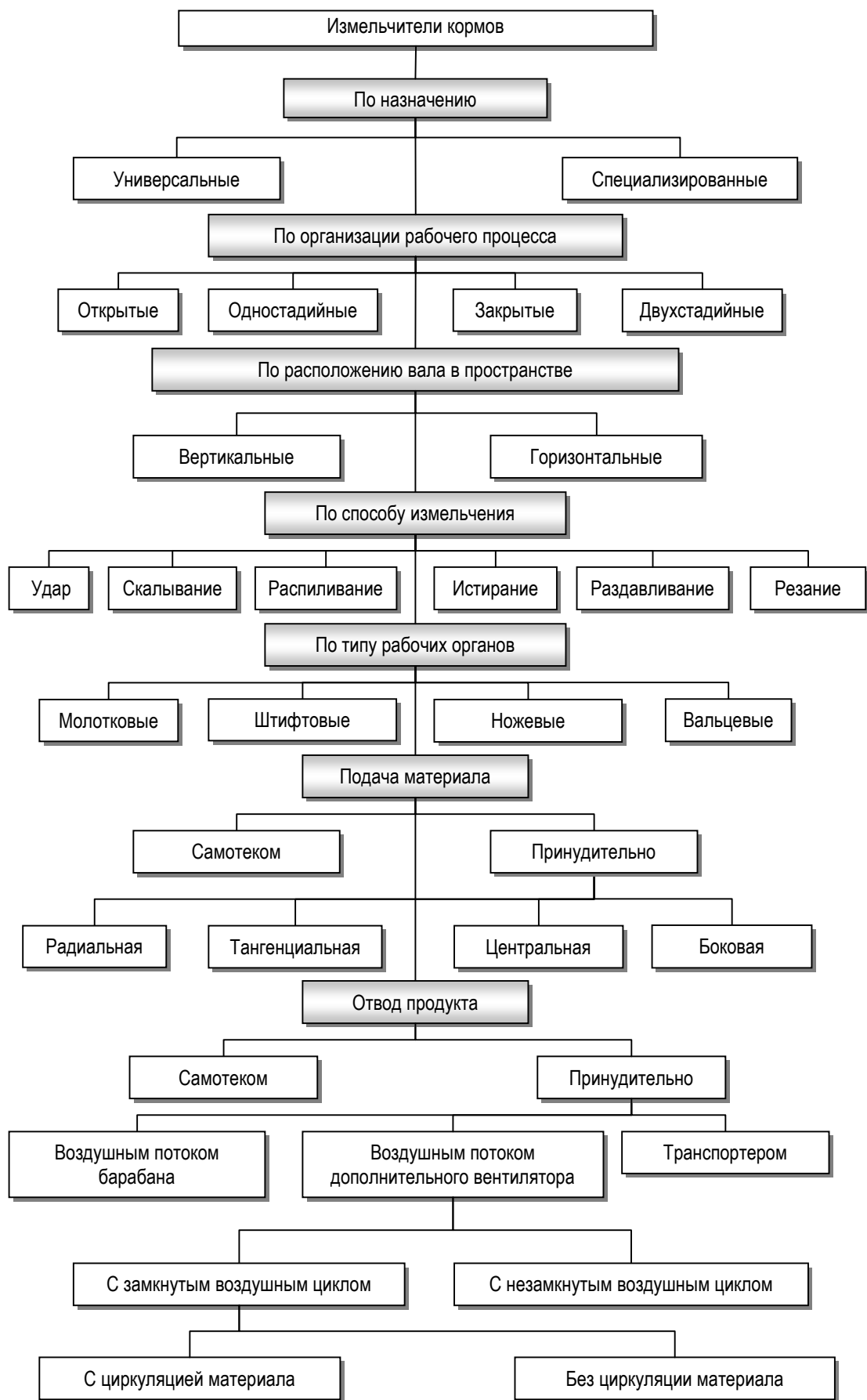


Рис. 1. Классификация измельчителей кормов

Измельчитель содержит полый корпус 1 с загрузочной воронкой 3, подающий шнек 2, установленный в полости корпуса, выгрузное окно 5, перекрываемое сепарирующей пластиной 6, со сквозными отверстиями 10, в зависимости от перерабатываемого продукта. Сменный измельчающий орган 7, выполнен в виде ножа, закреплённого на хвостовике вала 8, установленного соосно внутри подающего шнека 2, с возможностью совместного, за счет двухступенчатого вертикального редуктора 4, или независимого вращения относительно подающего шнека 2. На передней части геликоида подающего шнека 2, установлены в шахматном порядке лезвия 9.

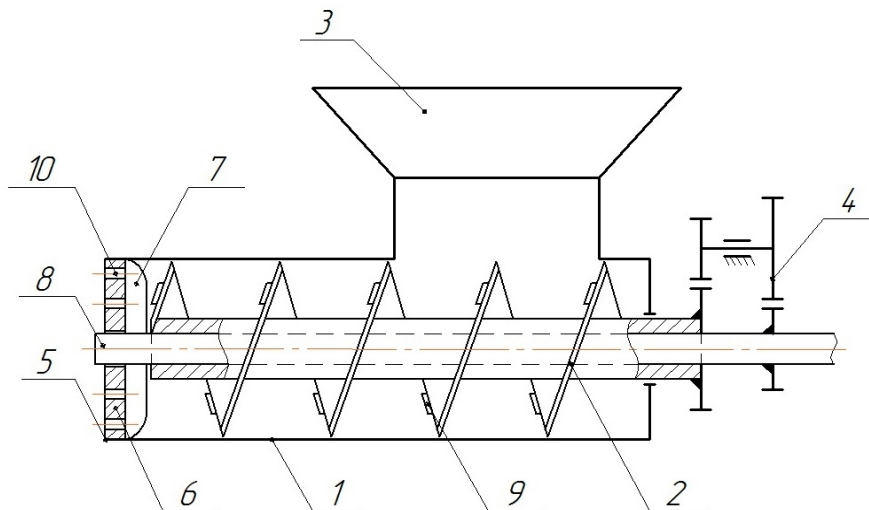


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема измельчителя кормов:

1 – корпус; 2 – шнек; 3 – загрузочная воронка; 4 – редуктор; 5 – выгрузное окно; 6 – сепарирующая пластина; 7 – нож; 8 – вал; 9 – лезвия; 10 – выгрузные отверстия

Продукт, загруженный в воронку 3, поступает в корпус измельчителя 1, далее подается шнеком 2 вперед, приближаясь к выгрузному окну 5, под действием вращающихся ножей 7 на конце вала 8, происходит измельчение материала и дальнейший выход его через сквозные отверстия 10 сепарирующей пластины 6 наружу.

Для аналитического описания процесса измельчения зерна А. П. Макаров использует рациональную формулу В. П. Горячкина, предназначенную для анализа работы плугов и резцов. Разница в сущности протекания процессов дробления и резания очевидна. Но А. П. Макаров [6] принимает к анализу сходную структуру энергозатрат и идентичный порядок определения слагаемых:

$$A = A_{\text{хх}} + A_{\text{пр}} + A_{\text{у}}, \quad (1)$$

где A – общая работа машины;

$A_{\text{хх}}$ – энергия, затрачиваемая на «холостой ход рабочих органов, то есть энергия, затрачиваемая на преодоление вредных сопротивлений»;

$A_{\text{пр}}$ – энергия, затрачиваемая на рабочий процесс измельчения материала;

$A_{\text{у}}$ – энергия, затрачиваемая на отбрасывание материала со скоростью u .

В. Р. Алешкин в своих исследованиях широко изучает кинетику процесса измельчения. При этом кратность циркуляции продуктово-воздушного слоя в дробильной камере рассматривается во взаимосвязи с процессами «размножения», «испытания на проход» и «гибели» частиц. То есть, оценивается степень измельчения продукта во времени:

$$G = G_0 \exp[\alpha \ln(t+1) - \mu t] \quad (2)$$

$$\alpha = \ln \lambda / \ln(t+1),$$

где G – текущее значение числа кусков во времени, шт.;

G_0 – число кусков в дробильной камере в начале процесса при $t = 0$, шт.;

α – параметр процесса измельчения;

μ – параметр процесса просеивания;

λ – степень измельчения;

t – время, с.

Если связывать снижение энергоемкости процесса с минимизацией циркулирующей массы и степенью воздействия рабочих органов на циркуляционный слой продукта, то при этом происходит снижение интенсивности дробления частиц. Снижение интенсивности дробления частиц должно быть компенсировано

снижением интенсивности их отвода из дробильной камеры, чтобы сохранить требуемый уровень степени измельчения продукта.

От конструктивно-режимных параметров измельчителя зависят величина циркулирующей массы, режимы циркуляции и интенсивность отвода измельченного продукта из дробильной камеры и определяют результативные показатели технологического процесса.

На основании анализа схемы измельчителя можно сказать, что основными оценочными критериями работы измельчителя являются (рис. 3): $y_1, y_2, y_3, y_4 \dots y_i$ – производительность устройства, потребляемая мощность привода и энергоёмкость измельчения, а также качество корма полученного в результате измельчения.

Основными внешними воздействиями (входными факторами), оказывающими влияние на работу измельчителя, являются обобщённые статистические показатели $f_1, f_2 \dots f_i$, характеризующие гранулометрический состав корма и их физико-механические свойства [2, 4, 5].

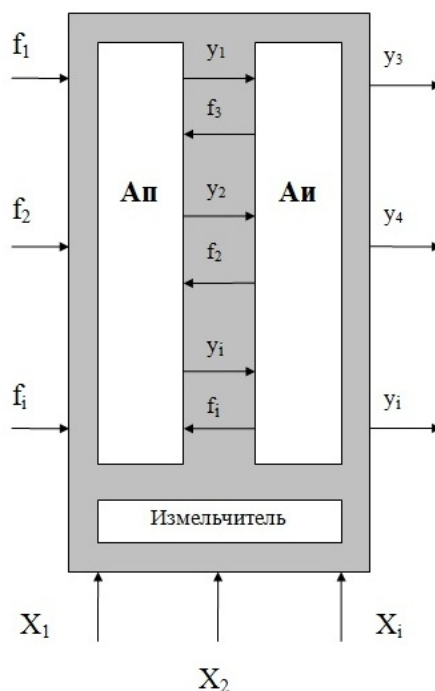


Рис. 3. Структурная схема функционирования измельчителя:

Ап – устройство для подачи продукта; *Аи* – устройство для измельчения продукта; $f_1, f_2, f_3 \dots f_i$ – обобщенные статистические показатели, характеризующие гранулометрический состав кормов, поступающих на измельчение, их физико-механические свойства, а так же параметры обратной связи с измельчающим органом; $X_1, X_2 \dots X_i$ – обобщенные значения внутренних факторов; $y_1, y_2, y_3, y_4 \dots y_i$ – обобщенные значения результирующих факторов: производительности устройств, качество измельчения, мощности привода, энергоёмкости процесса

Обобщённые показатели, характеризующие материалоемкость и надёжность Y_{MH} измельчителя, в структурную схему (рис. 3) условно не введены.

На значения оценочных критериев оказывают влияние внутренние факторы, обусловленные внутренней структурой и конструктивно-режимными параметрами измельчителя. При этом, основной задачей является определение оптимальных, либо рациональных значений обобщённых параметров устройства X_n, X_u с целью доведения показателя $y_3, y_4 \dots y_i$ до рационального (а при невозможности – до оптимального) уровня (для энергоёмкости – минимум, для производительности – максимум), при соблюдении зоотехнических требований, и соответствии уровня показателей $y_1, y_2 \dots y_i$ для обеспечения оптимума показателя $y_3, y_4 \dots y_i$ [1, 5].

В связи с этим, требуется определение рациональных значений технологических и конструктивных параметров измельчителя, обеспечивающих качество получаемой продукции, достаточно высокой производительности и по возможности минимальной энергоёмкости.

Таким образом, оценочными критериями работы измельчителя является ряд факторов: *количественные* – производительность устройства; *энергетические* – мощность привода и энергоёмкость измельчения; *качественные* – модуль помола и степень измельчения зерна. *Основными факторами оптимизации процесса* будут как количественные показатели, так и энергетические – энергоёмкость.

Разработанная структурная схема (рис. 4) позволяет определить последовательность проведения исследовательских работ и их необходимый объём.

Теоретический анализ показателей работы измельчителя позволяет получить на основе аналитических выражений и схемы последовательности выполнения расчётов (рис. 5) математическую модель, а экспериментально полученная техническая характеристика измельчителя – определить рациональные его параметры.

Аналитические исследования измельчителя предусматривают определение его производительности и потребной мощности привода, энергоёмкости измельчения в зависимости от физико-механических свойств корма, конструктивно-режимных параметров.

Экспериментальная проверка теоретических расчётных данных позволяет при наличии их сходимости с опытными значениями расширить применение получаемых расчётным путём данных для обоснования интервалов и их уровней варьирования при экспериментальном изучении процессов и отыскании рациональных значений, сократив количество проводимых опытов.

Для качественных показателей, которые не удалось определить на основе теоретического анализа, находились статистические зависимости, получаемые эмпирическим путём. Сочетание полученных аналитических и статистических выражений в компьютерных программах дает возможность теоретического описания технологических процессов, обоснования и создания их математических моделей [3].

В результате обзорного анализа литературных источников и априорного определения перечня показателей, влияющих на конкретный технологический процесс, был определен список, интервалы и уровни варьирования независимых факторов, а также перечень критериев оценки работы устройства. Проведение поисковых опытов позволяет сравнить сходимость теоретических и опытных данных и уточнить аналитическое описание процесса и полученные математические модели, определиться окончательно с зоной проведения экспериментальных исследований.

Структура экспериментальных исследований соответствует общей функциональной схеме технологического процесса измельчения и представляет собой комбинацию и сочетание проведения факторного анализа и теории многофакторного планирования.

1	Обзорный анализ литературных источников и априорный отсев факторов
1.1	Обоснование перспективной структурной схемы измельчителя.
1.2	Априорное определение показателей, влияющих на технологический процесс, выявление вероятного расположения зоны работоспособности измельчителя с обоснованием интервала и уровней варьирования факторов
2	Теоретический анализ и обоснование параметров измельчителя
2.1	Составление структурной и функциональной схемы измельчителя, определение исходных параметров и оценочных критериев.
2.2	Теоретическое обоснование методических основ оценки работы измельчителя и качественных показателей процесса, определение влияния конструктивно-режимных параметров на его производительность и потребную мощность, энергоёмкость измельчения: – составление общего порядка расчёта параметров измельчителя; – получение аналитических выражений для теоретического обоснования элементов и показателей работы; – экспериментальная проверка полученных численных результатов по производительности
3	Экспериментальные исследования измельчителя
3.1	Разработка методики проведения экспериментальных исследований.
3.2	Проведение поисковых и лабораторных исследований по выявлению интервала и уровней варьирования независимых факторов, характера изменения оценочных критериев процесса измельчения.
3.3	Проведение поисковых опытов и интерполяционных исследований по определению интервала рациональной производительности.
3.4	Проведение поисковых опытов и интерполяционных исследований по определению ориентировочного расположения рациональных режимов и оптимальных параметров измельчения.
3.5	Получение регрессионных моделей и обоснование рациональных и оптимальных значений параметров измельчителя.
3.6	Проверка соответствия опытных и расчётных значений
4	Производственная проверка работоспособности измельчителя
5	Нахождение технико-экономической характеристики разработанного измельчителя кормов

Рис. 4. Структурная схема проведения исследований

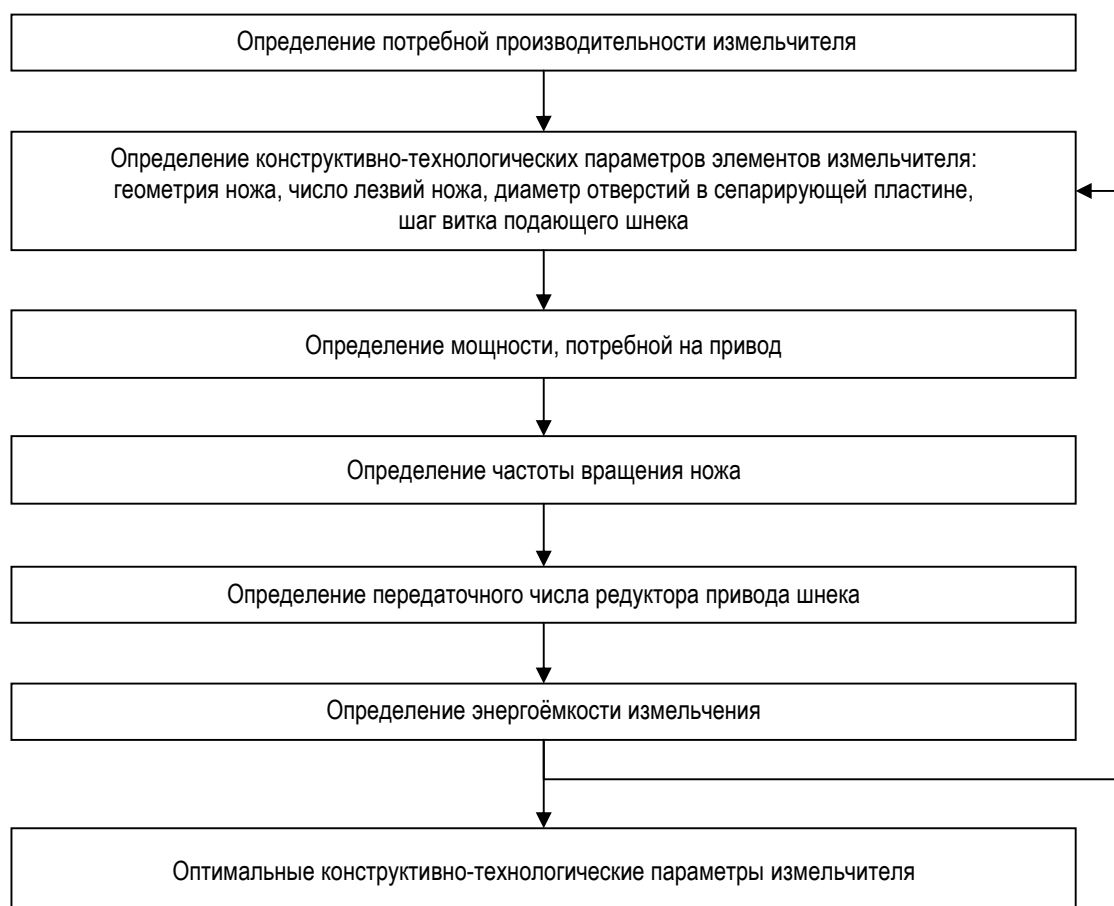


Рис. 5. Структурная схема последовательности расчетов

После подтверждения соблюдения технологических требований при измельчении определяется техническая характеристика измельчителя кормов, а также производственная проверка его работоспособности. Полученные показатели работы используемой машины применяются для выявления её технико-экономической характеристики.

Разработанная конструктивно-технологическая схема устройства и ее обоснование, порядок исследований, факторы, влияющие на процесс измельчения, а так же критерии оптимизации, зависящие от этих факторов, позволят определить рациональные значения технологических и конструктивных параметров измельчителя, обеспечивающих качество получаемой продукции, с высокой производительностью и по возможности минимальной энергоёмкостью.

Библиографический список

1. Буклагина, Г. В. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2010 года // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – М. : Государственное научное учреждение Центральная научная сельскохозяйственная библиотека, Российской академии сельскохозяйственных наук, 2005. – №2. – 49 с.
2. Зиганшин, Б. Г. Проблемы измельчения концентрированных кормов // Устойчивому развитию АПК – научное обеспечение : тр. Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск, 2004. – С. 374-377.
3. Резник, Е. И. Совершенствование технологических процессов и технических средств заготовки, приготовления и раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота : дис. д-ра техн. наук : 05.20.01 / Резник Евгений Иванович. – М., 2003. – 435 с.
4. Сабиев, У. К. Комбикормовый агрегат / У. К. Сабиев, А. Н. Яцунов, И. У. Сабиев // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2011 : сб. науч. тр. – Одесса : Черноморье, 2011. – Т. 2. – С. 63-65.
5. Стремнин, В. А. Региональное машиностроение и система машин для животноводства / В. А. Стремнин, В. К. Скоркин // Научно-технические проблемы механизации и автоматизации животноводства : сб. науч. тр. ВНИИМЖ. – Подольск, 1998. – Т. 7, ч. 2. – С. 9-25.
6. Якименко, А. В. Приготовление кормосмесей в условиях малых фермерских хозяйств / А. В. Якименко, А. В. Вараксин // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве : сб. науч. тр. ДальГАУ. – Благовещенск, 2005. – №11. – 305 с.

7. Пат. 118835 Российская федерация МПК⁷ A01F 29/00 (2006.01) B02C 18/26 (2006.01). Универсальный шнеково-ножевой измельчитель кормов / Новиков В. В., Зотеев В. С., Успенская И. В. [и др.] ; патентообладатель Самарская ГСХА. – №2012109184/15 ; заявл. 11.03.12 ; опубл. 10.08.12, Бюл. № 22. – 7 с.

8. Балданов, М. Б. Обоснование параметров малогабаритного молоткового измельчителя фуражного зерна : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Балданов Мунко Базарович. – Новосибирск, 2008. – 170 с.

9. Комлик, И. П. Классификация измельчителей кормов / И. П. Комлик, Ю. В. Абрамов, В. В. Новиков // Вклад молодых ученых в аграрную науку Самарской области : сб. науч. тр. – Самара : РИЦ СГСХА, 2012. – 369 с.