

УДК 636.086.1.085.6

С. И. Козлов

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Горки

ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИКОРМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Повышение качества производства комбикормов в современных условиях должно основываться на разработке и внедрении новых технологий углублённой обработки фуражного зерна, что позволяет значительно повысить эффективность использования всего потенциала зерна, которое в нём заложила природа.

В УО «БГСХА» ведётся работа по совершенствованию технологий обработки зернового сырья в высокотемпературном потоке теплоносителя, скоростном кондиционере и шнековом экспандере, флокирования различных видов зерна и их смесей.

Предлагаются конструкции установок для термодекстринизации, скоростного кондиционирования, экспандирования зернового сырья и линии для производства хлопьев. Приведены основные преимущества предлагаемых установок и оптимальные режимы их работы.

Введение. Проблема повышения эффективности производства животноводческой продукции непосредственно связана с созданием прочной кормовой базы. Важная роль при этом отводится комбикормовой промышленности, которая обязана обеспечивать животноводство качественными, высокоэффективными комбикормами. К сожалению, производство комбикормов в Беларуси ограничивается отсутствием широкого выбора кормового сырья, основными компонентами которого являются зерно и продукты его переработки.

На протяжении последних двух лет обеспеченность республики собственным зерновым сырьём не превышала 55%. Недостающую часть зерна приходится импортировать из стран ближнего и дальнего зарубежья, расходуя валютные средства. Наряду с этим, доля зернового сырья в структуре комбикормов достаточно высока и достигает 75...80%, в то время как в странах Западной Европы в результате использования отходов производства этот показатель не превышает 65%.

В зерне злаковых и бобовых культур содержатся все питательные вещества, необходимые для животных и птицы. Эти корма являются источником углеводов, белка, аминокислот, жиров, клетчатки, макро- и микроэлементов, связанных природой в слож-

ный единый биохимический и биофизический комплекс со своими особенностями и защитными функциями от внешних воздействий любого типа. Известно, что, в зависимости от вида зерна, усвояемость всех его питательных веществ пищеварительными системами животных и птицы составляет не более 60% [1].

Поэтому в целях получения высококачественных комбикормов и снижения себестоимости продукции необходимо решить комплекс задач, среди которых основными являются следующие:

- увеличение доли традиционных для республики культур — ржи, ячменя, рапса, люпина — в рецептуре комбикормов;
- повышение питательной ценности зерна за счёт более полного использования его природного потенциала;
- использование вторичных сырьевых ресурсов, имеющих кормовую ценность.

Традиционные технологии производства комбикормов на большинстве предприятий основываются на процессах механического измельчения исходного растительного сырья, смешивания различных компонентов и, в лучшем случае, гранулирования кормосмеси, что не отвечает критериям максимальной эффективности производства комбикормов.

Поэтому для решения поставленных задач необходимы технологии, позволяющие изменять свойства кормового сырья в направлении повышения его качества.

Ведущие западные фирмы и предприятия комбикормовой промышленности стран СНГ ведут поиск способов эффективного разрушения барьеров, предусмотренных природой для защиты запасов питательных веществ, накопленных в семенах и зерне злаковых и зернобобовых культур. Выбор методов эффективного разрушения таких барьеров и использования кормового потенциала фуражного зерна был проанализирован в работах [1], [2], [3], [4], [5].

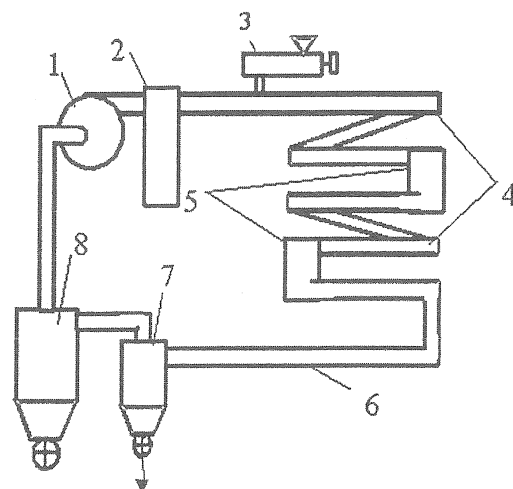
В результате исследований биохимических и биофизических особенностей отдельных видов исходного сырья для производства комбикормов выделены удовлетворяющие данным требованиям технологии: термодекстринизация зерна в скоростном потоке теплоносителя [1], [2], [4] и кондиционирование [1], [2], [4], экспандирование и экструзия [2], [5], [6], [7], флокирование и ввод жидких ферментных препаратов [1], [2], [4].

В УО «БГСХА» ведётся работа по совершенствованию технологий обработки зернового сырья в высокотемпературном потоке теплоносителя, скоростном кондиционере и шнековом экспандере. Исследована технология флокирования различных видов зерна и их смесей, разработана и испытана технология внесения жидких минеральных добавок в смесители периодического и непрерывного действия.

Оборудование для термодекстринизации зерна. В состав технологической линии для высокотемпературной обработки зернового сырья в потоке теплоносителя (термодекстринизации) (рисунок 1) входит вентилятор 1, калорифер 2, питающее устройство сыпучего материала 3, кольцевые разгонные каналы 4 с включёнными в их разрывы тормозными устройствами 5. Кольцевые каналы заканчиваются выводной трубой 6, соединённой с циклоном-разгрузителем 7 и циклоном-осадителем 8. Оборудование

работает следующим образом. Поток газа теплоносителя с помощью вентилятора 1 через калорифер 2 направляется в воздухоподводящий канал питающего устройства 3. Туда же через шлюзовой питатель подаётся подлежащий термообработке зерновой материал. Далее, смешиваясь с потоком воздуха при температуре 260...450°C, проходит ряд участков разгона и торможения, где и происходит его обработка в течение 5...20 с. После завершения термообработки материал по выводной трубе направляется в циклон-разгрузитель 7, где осуществляется сепарация материала от теплоносителя, и далее в охладитель. Отработанный теплоноситель направляется в циклон-осадитель 8, очищается от пыли и затем вновь подаётся в установку.

В целях интенсификации процесса обработки материала в последнее время наметилась тенденция к созданию аппаратов, в которых обеспечивается пульсационное движение материала путём сочетания так называемых участков разгона и торможения.



В охладительную колонку

1 — вентилятор; 2 — калорифер; 3 — питающее устройство; 4 — кольцевые разгонные каналы; 5 — тормозные устройства; 6 — выводная труба; 7 — циклон-разгрузитель; 8 — циклон-осадитель

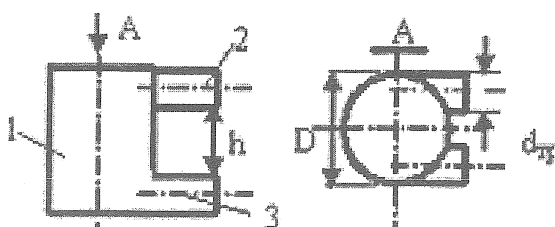
Рисунок 1 — Технологическая линия термодекстринизации зерна

В качестве участка торможения нами предлагается использовать конструкцию тормозного устройства в виде завихрителя потока (рисунок 2), состоящего из корпуса 1, входного 2 и выходного 3 патрубков.

Работа устройства осуществляется следующим образом. Материал предварительно разгоняется и через входной патрубок направляется потоком теплоносителя в тормозное устройство, где, двигаясь по образующей корпуса, интенсивно нагревается при соприкосновении со стенками корпуса и затормаживается, перемешиваясь с теплоносителем. Вынос материала осуществляется благодаря вытеснению его воздухом из устройства через выходной патрубок. Интенсивная тепловая обработка в аппаратах данного типа обеспечивает «взрывное» испарение внутренней влаги, в результате чего зерно вспучивается (увеличивается в объёме), приобретая пористую структуру. Термическая обработка происходит как снаружи, так и внутри зерновки.

Использование прямоточной рециркуляционной системы движения теплоносителя с тормозными устройствами значительно упрощает конструкцию термоэкструдера, снижает энергозатраты (со 165 до 112 кВт · ч / т). Получаемый при обработке продукт является стерильным, обеспечивая тем самым полную безопасность корма, а входящий в состав зерна крахмал превращается в легкоусвояемые формы — декстрины (до 80%).

Особый интерес представляет обработка зерна ржи и бобовых культур (соя, рапс, вика и др.), которые имеют в своем составе анти-



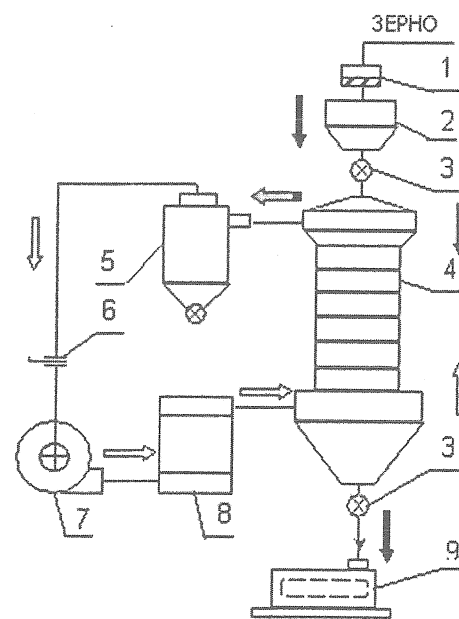
1 — корпус; 2 — патрубок входной; 3 — патрубок выходной

Рисунок 2 — Схема тормозного устройства

питательные вещества — ингибиторы трипсина и уреазы. Данная технология позволяет на 90% снизить активность ингибиторов и обеспечить тем самым неограниченный ввод их в рацион кормления.

Оборудование для кондиционирования зерна. В состав технологической линии противоточного вертикально-секционного кондиционера (рисунок 3) входит магнитный сепаратор 1, питающее устройство сыпучего материала, включающее бункер 2 и шлюзовой питатель 3, вертикально-секционный скоростной кондиционер 4, состоящий из секций с рабочими органами жалюзийного типа, циклон-осадитель 5, заслонку 6, вентилятор 7, калорифер 8 и охладитель 9.

Технологический процесс обработки зерна осуществляется следующим образом. Поток теплоносителя с помощью вентилятора 7 через калорифер 8 направляют восходящим потоком в кондиционер 4. Туда же нисходящим



1 — магнитный сепаратор; 2 — бункер; 3 — шлюзовой питатель; 4 — кондиционер; 5 — циклон-осадитель; 6 — заслонка; 7 — вентилятор; 8 — калорифер; 9 — охладитель

Рисунок 3 — Схема вертикально-секционного кондиционера

потоком через шлюзовую питатель 3 подаётся очищенный зерновой материал. Затем материал проходит ряд секций установки, где происходит его обработка в противотоке. После завершения обработки материал направляется в охладитель 9, а теплоноситель движется в циклон-осадитель 5, где очищается от пыли и затем вновь подаётся в установку.

Основными технологическими параметрами, влияющими на качество обработки материала, являются время обработки и температура теплоносителя. Обработка зернового материала производится при температуре 180...300°C в зависимости от вида обрабатываемого зерна.

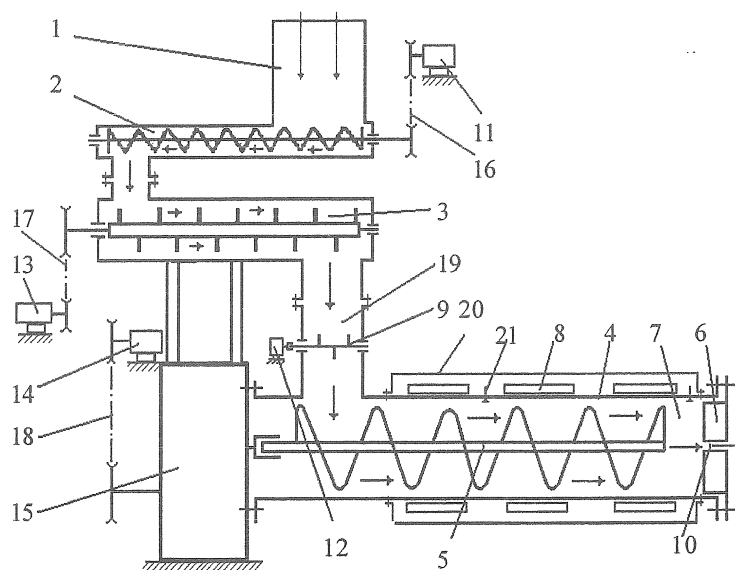
Преимущества данных технологий таковы: стерильность корма, улучшенная (пористая) структура продукта, уничтожение антипитательных веществ, высокая поглощаемость жира и масла без снижения сыпучести, значительная степень декстринизации крахмала.

Указанные технологии находят применение при производстве стартерных комбикормов

и жировых концентратов, при получении витаминизированного зерна для молодняка животных и птицы, а также полножировой сои с дальнейшим использованием её в производстве комбикормов.

Технология и оборудование для экспандирования. Для обработки готовых кормовых смесей и комбикормов в последнее время в развитых странах активно применяется технология экспандирования. Поэтому в целях изучения процессов, протекающих в экспандере, и их влияния на качественные показатели корма в УО «БГСХА» разработан экспандер с изменяемой длиной предматричной камеры (рисунок 4). Для нагрева обрабатываемого материала на корпусе шнековой камеры в рабочей зоне установлены кольцевые электронагревательные устройства элементного типа [1], [2], [3], [5].

Работа экспандера осуществляется следующим образом. Обрабатываемый материал



1 — загрузочный бункер; 2 — питатель; 3 — смеситель; 4 — корпус; 5 — шнек; 6 — матрица; 7 — предматричная камера; 8 — кольцевые электронагреватели; 9 — ворошитель; 10 — канал матрицы; 11 — привод питателя; 12 — привод ворошителя; 13 — привод смесителя; 14 — привод шнека; 15 — редуктор; 16, 17, 18 — клиноремённые передачи; 19 — бункер-накопитель; 20 — защитный кожух; 21 — температурные датчики

Рисунок 4 — Принципиальная схема экспандера

загружается в бункер 1 и с помощью питателя 2 попадает в смеситель-дозатор 3, откуда дозированно подается в накопительный бункер 19 и затем в виде неоднородной сыпучей массы поступает в рабочую зону нагнетающего шнека. Здесь материал проходит несколько зон, где под действием температуры и давления происходят его физико-механические и биохимические изменения.

При выходе из матрицы вязкопластичная масса имеет форму поперечного сечения отверстий матрицы. Объем массы получаемого продукта в связи с резким падением давления увеличивается за счёт упругих деформаций, возникающих внутри обрабатываемого материала. В результате продукт приобретает взорванную, пористую структуру (рисунок 5).

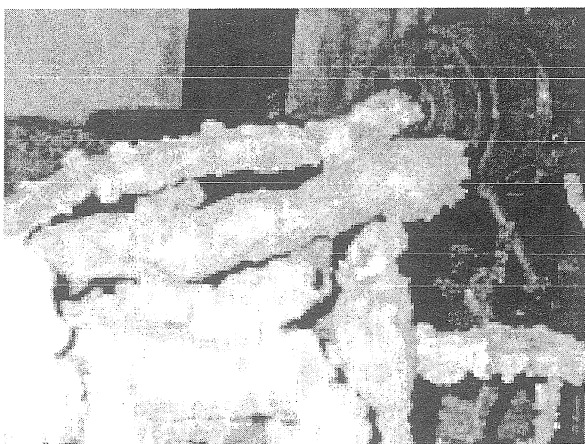


Рисунок 5 — Выход готового продукта из матрицы

Проведёнными исследованиями по оптимизации режимов работы установлено, что при обработке зерносмеси (50% ячменя и 50% ржи) наилучшие показатели качества продукта обеспечиваются при температуре 200°C, влажности зерносмеси 20%, диаметре формующего отверстия 25 мм и частоте вращения шнека 25 с⁻¹. При задании таких режимов работы можно получить продукт с высокопористой структурой (коэффициент взорванности 2,6) и энергоёмкостью процесса обработки материала до 70 кВт · ч / т.

Исследования полученного продукта, проведённые в Государственном научном учреждении «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси» (Минск), показали, что степень клейстринизации крахмала составила более 75%, содержание ингибиторов трипсина находится в допустимой норме.

Оборудование для экспандирования позволяет получать новые виды кормовых добавок с использованием вторичных сырьевых ресурсов, к которым относятся отходы птицеводческих предприятий, пищевой, свеклосахарной, крахмалопаточной, спиртовой промышленности и др.

В отличие от существующих способов, новый влаготепловой метод обработки имеет следующие преимущества:

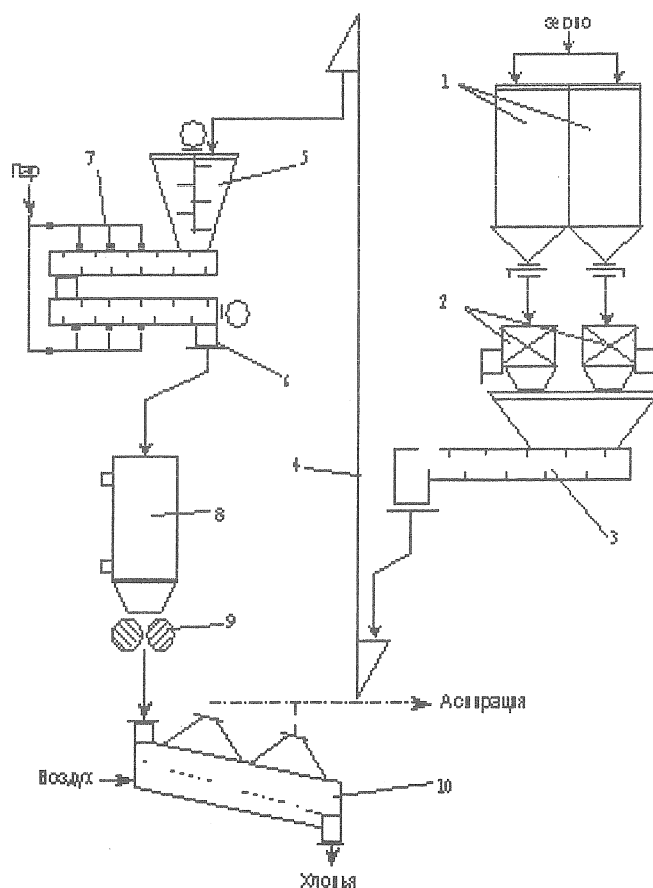
- обработка в экспандере уменьшает общую обсеменённость сырья;
- полностью уничтожаются колиобразные бактерии, кишечная палочка, плесневые грибки и сальмонеллы;
- гидролизуются крахмал и снижается активность антипитательных факторов (ингибиторов);
- при использовании экспандера отпадает необходимость постоянного исследования гигиенического стандарта сырьевых материалов, так как получаемая продукция является практически пастеризованной;
- экспандирование корма способствует лучшему состоянию животных благодаря соблюдению высоких стандартов гигиены, более полной усвояемости крахмала за счёт увеличения ввода жира и протеина, так как уменьшаются эндогенные потери азота в форме ферментов;
- разрушение жирорасщепляющих ферментов при экспандировании повышает срок хранения продукции и позволяет сохранить её вкусовые качества;
- в отличие от экструдера, условия протекания процессов в экспандере являются более бережными и не отражаются ни на содержании аминокислот, ни на их биологической активности;

– водорастворимые витамины при обработке не повреждаются, а разрушение жирорастворимых находится в пределах допустимых норм.

Технология и оборудование для флокирования кормового сырья. Ещё одним способом влаготермической обработки является плющение зерна злаковых культур с предварительной его варкой и последующим кондиционированием (флокирование). Данный метод способствует улучшению качества корма и его поедаемости, повышает питательную ценность углеводов и протеиновых составляющих в зёрнах злаковых и бобовых культур, снижает затраты энергии

организма животных на переработку корма, позволяет частично инактивировать антипитательные вещества, уничтожает патогенную микрофлору.

Эксперименты, проведённые на линии производства хлопьев АО «Экомол» (Орша), показали, что обработанное методом плющения зерно имеет степень желатинизации 35...50% в зависимости от качества исходного продукта и режимов его обработки. Анализ работы существующей технологии производства хлопьев позволил выявить ряд недостатков. Это длительность процесса отволаживания зерна, залегание влажного зерна в бункерах и затруднение процесса его выгрузки, что



- 1 — накопительный бункер; 2 — дозатор; 3 — смеситель;
4 — нория; 5 — аппарат предварительной варки; 6 — варочная машина; 7 — трубопровод; 8 — вертикальный кондиционер;
9 — площилка; 10 — охладитель-сушиллка

Рисунок 6 — Технологическая схема линии производства хлопьев

приводит к нарушению непрерывности технологического процесса.

Для устранения имеющихся технологических недостатков в АО «Экомол» была произведена реконструкция этой линии (рисунок б). Установлены два объёмных дозатора непрерывного действия с регулируемой частотой вращения ротора и количеством подаваемого зерна в процентном соотношении (10% пшеницы и 90% ячменя шелушённого, 55% ячменя шелушённого и 45% овса шелушённого и т. д.). Процесс увлажнения и отволаживания исключён из технологической операции за счёт увеличения времени нахождения зерна в варочной машине.

Современное технологическое оборудование для предварительной подготовки зерна и скоростные кондиционеры позволили сократить продолжительность операции с 6...8 ч до 10...20 мин в зависимости от вида обрабатываемого зерна. В результате уменьшилась площадь, занимаемая оборудованием, повысилась стабильность работы линии. Проведённая реконструкция не повлияла на качественные характеристики хлопьев. Преимущество предложенной технологической схемы заключается в том, что не требуются бункера отволаживания и увлажняющая машина, значительно сократилось подготовительное время для влаготермической обработки зерна, появилась возможность быстрой переналадки оборудования при смене вида обрабатываемого сырья. Кроме того, стало возможным формирование зерновой смеси различных культур в определённом процентном соотношении.

Хлопья зерновых культур используются для выработки стартерных комбикормов для всех видов сельскохозяйственных животных и птицы, а также в чистом виде в целях профилактики желудочно-кишечных заболеваний. Зоотехнические исследования, проведённые в племсовхозе «Заднепровский» (Орша), показали целесообразность использования хлопьев из ячменя шелушённого. Разработанная в хозяйстве методика предусматривает кормление поросят-отъёмышей в течение 7 дней только такими хлопьями

с плавным переходом в течение 3...4 дней на кормление комбикормом. Гарантируются экономия лечебных препаратов, значительная сохранность поголовья в первые дни после отъёма, уменьшение стрессовых явлений при отъёме и изменении в кормлении, отсутствие голодной диеты в день отъёма.

Заключение. Проблема повышения эффективности производства животноводческой продукции в Республике Беларусь связана с созданием прочной кормовой базы. Основная роль при этом отводится комбикормовой промышленности, которая обязана обеспечивать животноводство качественными, высокоэффективными комбикормами. К сожалению, производство комбикормов в Беларуси ограничивается недостаточно широким выбором кормового сырья, основными компонентами которого являются зерно и продукты его переработки.

Традиционные технологии производства комбикормов на большинстве предприятий основываются на процессах механического измельчения исходного растительного сырья, смешивания различных компонентов и, в лучшем случае, гранулирования кормосмеси, что не отвечает критериям максимальной эффективности производства комбикорма. Поэтому для решения поставленных задач необходимы разработка и внедрение технологий, позволяющих изменять свойства кормового сырья в направлении повышения его качества.

В результате исследований биохимических и биофизических особенностей отдельных видов исходного сырья для производства комбикормов выявлены технологии, удовлетворяющие данным требованиям: термодекстринизация зерна в скоростном потоке теплоносителя и кондиционирование, экспандирование и экструзия, флокирование и ввод жидких ферментных препаратов. Эти технологии позволяют получить высококачественные комбикорма и снизить их себестоимость, при этом решается целый комплекс задач, среди которых:

– увеличение в рецептуре комбикормов до 50...60% доли культур, традиционных для нашей страны, — ржи, ячменя, рапса, люпина;

– повышение питательной ценности зерна за счёт более полного использования его природного потенциала — увеличение степени клейстринизации крахмала до 75% и более, снижение активности ингибиторов трипсина и уреазы на 90%);

– использование до 25...30% имеющих кормовую ценность вторичных сырьевых ресурсов.

Список используемых источников

1. Направления совершенствования технологии обработки зерна при производстве комбикормов / В. А. Шаршунов [и др.] // Общее собр. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь : материалы. — Минск : [б. и.], 1999. — С. 51—60.

2. Проблемы переработки фуражного зерна при производстве комбикормов и пути их решения / В. А. Шаршунов [и др.] // Изв. Белорус. инженер. акад. — 1999. — № 2. — С. 6—9.

3. Скоробогатый, А. Н. Оборудование для экспандирования фуражного зерна ржи / А. Н. Скоробогатый, С. И. Козлов // Ресурсосбережение и экология в сельском хозяйстве : материалы VII Респ. научн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, посвящённой 165-летию академии, Горки, 19—21 апреля 2005 г. : в 2 ч. / ред. кол.: А. Р. Цыганов (отв. ред.) [и др.] ; Белорус. гос. с.-х. акад. — Горки : БГСХА, 2005. — Ч. 1. — С. 158—160.

4. Масайло, Е. В. Прогрессивные технологии и машины для обработки фуражного зерна / Е. В. Масайло, С. И. Козлов // Ресурсосбережение и экология в сельском хозяйстве : материалы VII Респ. науч. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, посвящённой 165-летию академии, Горки, 19—21 апреля 2005 г. : в 2 ч. / ред. кол.: А. Р. Цыганов (отв. ред.) [и др.] ; Белорус. гос. с.-х. акад. — Горки : БГСХА, 2005. — Ч. 1. — С. 176—179.

5. Козлов, С. И. Теоретические и экспериментальные исследования процесса экспандирования / С. И. Козлов // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 12—14 окт. 2000 г. : в 2 ч. / ред. кол. : А. Р. Цыганов (отв. ред.) [и др.] ; Белорус. гос. с.-х. акад. — Горки : БГСХА, 2001. — Ч. 2. — С. 206—214.

6. Анищенко, А. С. Экономическая эффективность внедрения экспандера концентрированных кормов с регулируемой предматричной камерой и электрическим нагревом корпуса шнека / А. С. Анищенко, С. И. Козлов // Научный поиск молодёжи XXI века : материалы VIII Междунар. науч. конф. студентов и магистрантов, Горки, 23—25 окт. 2006 г. : в 2 ч. / ред. кол.: А. Р. Цыганов (отв. ред.) [и др.] ; Белорус. гос. с.-х. акад. — Горки : БГСХА, 2001. — Ч. 1. — С. 204—206.

7. Анищенко, А. С. Определение параметров экспандера с электрическим нагревом корпуса шнека / А. С. Анищенко, С. И. Козлов // Наука. Образование. Технологии-2009 : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 10—11 сент. 2009 г., Респ. Беларусь : в 2 ч. / ред. кол. : В. И. Кочурко (гл. ред.) [и др.]. — Барановичи : РИО БарГУ, 2009. — Ч. 1. — С. 215—217.

Материал поступил в редакцию 16.11.2012 г.

The improvement of mixed fodders manufacture quality in modern conditions should be based on the development and introduction of new technologies into profound processing of fodder grain.