

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИКОРМОВ

*В. А. Шаршунов, А. В. Червяков, С. В. Курзенков,
О. В. Понталев, С. И. Козлов, П. Ю. Крупенин*

Представлены перспективные направления и технические решения комбинированного воздействия на зерно и зерносмеси. Даны рекомендации по применению представленных технологических решений и по использованию продуктов обработки в рационах кормления животных и птицы.

Введение

Общеизвестно то, что в структуре себестоимости продукции животноводства и птицеводства затраты на корма составляют до 75 % [1]. Также общеизвестным фактом является, что цена комбикорма промышленного производства может до двух раз превышать стоимость исходного сырья.

Это вынуждает производителей животноводческой продукции самостоятельно производить комбикорма и концентрированные корма, используя собственное кормовое сырье. Однако производство таких кормов в хозяйствах не лишено недостатков. Анализ технологических схем комбикормовых «мини-заводов» показывает, что все они основаны на процессах механического измельчения зернового сырья, смешивания сухих компонентов и, в лучшем случае, гранулирования [2]. Эти технологические операции не позволяют в полной мере использовать потенциал производимого корма, что ограничивает его усвояемость и снижает продуктивность животных и птицы [3].

Необходимой и энергозатратной операцией подготовки зернофуража для дальнейшего его использования в кормах является сушка. На ее выполнение тратится до 22–28 кВт·ч электроэнергии и 12–26 м³ природного газа в расчете на тонну зерна [4]. Однако использование альтернативных видов термической или комбинированной обработки позволяет не только в полной мере использовать потенциал производимых комбикормов и концентрированных кормов, но и снизить энергозатраты на их производство.

С учетом вышесказанного для производства высококачественных кормов из зерна и снижения их себестоимости необходимо решать комплекс задач, среди которых основными являются [5]:

- увеличение доли традиционно выращиваемых культур – ржи, люпина, кукурузы в рецептуре комбикормов и концентрированных кормов;
- решение проблемы биобезопасности этих кормов;
- использование максимальной питательной ценности зерна в кормах за счет более полного раскрытия природного потенциала веществ, содержащихся в нем;
- использование вторичных сырьевых ресурсов, имеющих кормовую ценность.

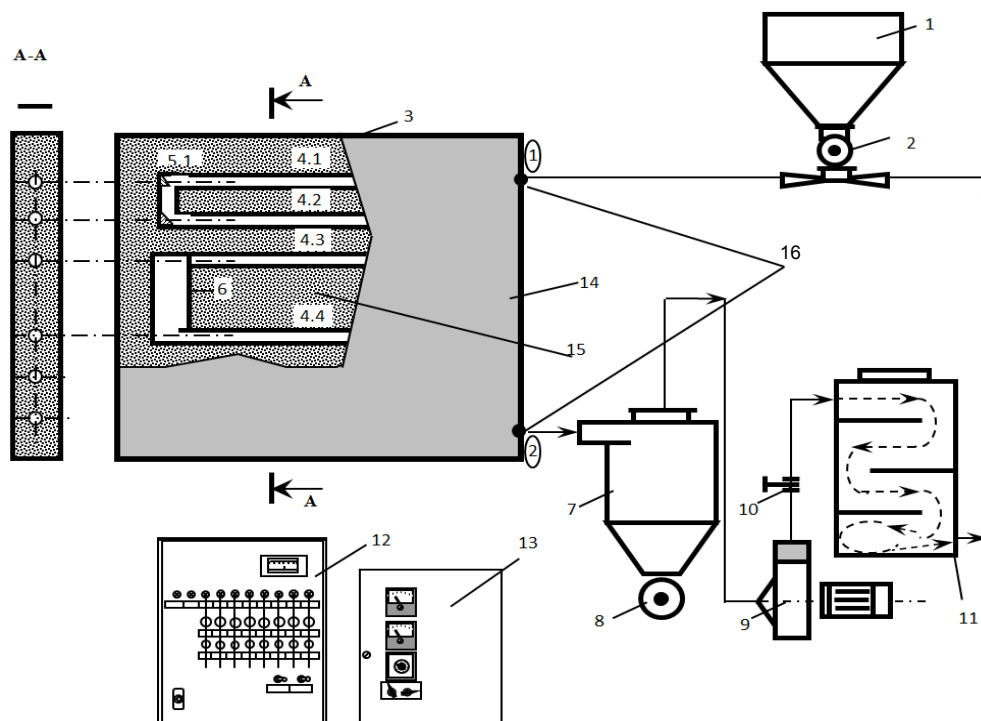
Целью работы является выбор наиболее рациональных направлений совершенствования конструкций оборудования для углубленной переработки зернового сырья злаковых и бобовых культур в комбикорм.

Результаты исследований и их обсуждение

Одним из направлений совершенствования технологии производства комбикормов является использование высокотемпературной обработки зерна в пульсационном потоке теплоносителя с обеспечением комбинированного воздействия температуры, давления и влаги на него [6–9].

Анализ результатов исследований показывает [6], что кратковременное воздействие (10–15 с) высоких температур (260–450 °С) на зерно при пульсационном его движении в потоке

теплоносителя обеспечивает эффект получения «попкорна», т.е. взрывного испарения внутренней влаги. В результате чего зерно вспучивается (увеличивается в объеме), приобретая пористую структуру. При этом термическая обработка происходит как снаружи, так и внутри зерновки, обеспечивая тем самым стерильность и полную безопасность корма. Входящий в состав зерна крахмал превращается в легкоусвояемую форму – декстрины (до 80 %). Оборудование для реализации данного направления обработки показано на рисунок 1.



- 1 – бункер; 2 – шлюзовый питатель; 3 – реактор термодекстринизатора;
 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 – разгонные каналы; 5.1 – завихритель потока тупикового типа;
 6 – завихритель потока циклонного типа; 7 – циклон-разгрузитель;
 8 – шлюзовый разгрузитель; 9 – вентилятор высокого давления; 10 – шиберная заслонка;
 11 – электрокалорифер; 12 и 13 – шкафы контроля и управления за режимами обработки;
 14 – теплоизоляция (керамзитовая засыпка); 15 – защитный корпус реактора;
 16 – места установки термомпар

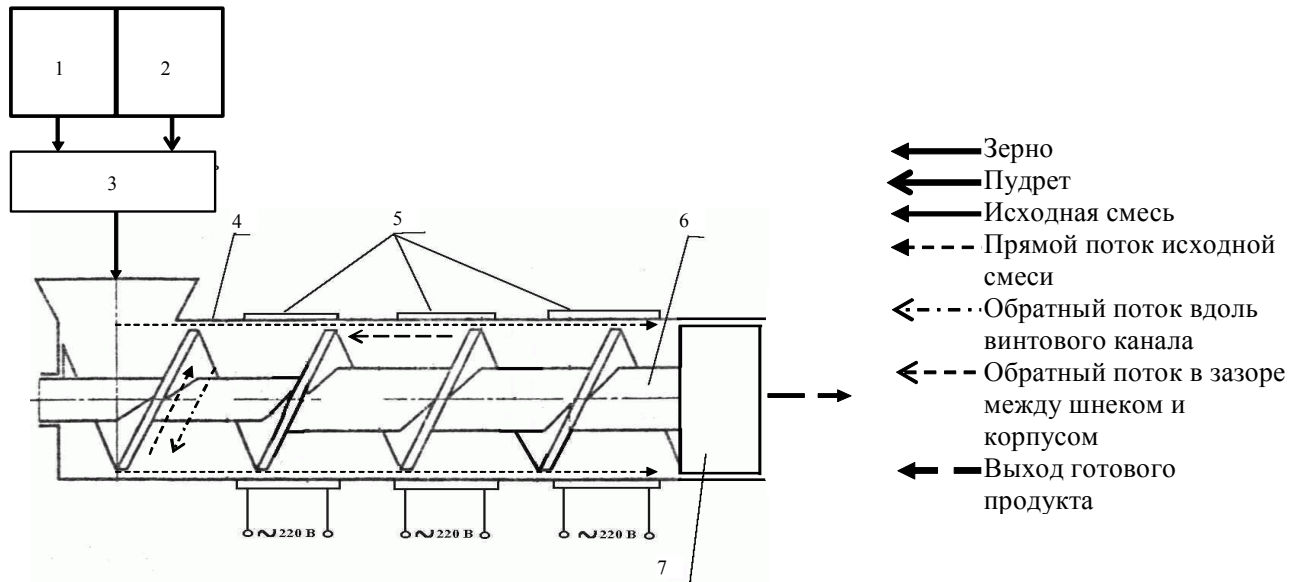
Рисунок 1 – Технологическая схема термовструдера зерна

Такая обработка зерна ржи, сои, вики и др., которые имеют в своем составе ингибиторы трипсина и уреазы, представляет особый интерес для комбикормовой промышленности. Высокотемпературная обработка зерна данных культур позволяет на 90 % снизить в нем активность ингибиторов и обеспечить тем самым неограниченный ввод их в рацион кормления животных и птицы.

Использование в термовструдерах (установках высокотемпературной обработки зерна) прямоточной рециркуляционной системы движения теплоносителя с тормозными устройствами значительно упрощает их конструкцию и позволяет добиться снижения удельных энергозатрат на 25 % на производство комбикормов.

Еще одним направлением проводимых в БГСХА исследований является разработка нового направления совершенствования экспандеров [7, 8]. Предложенные на уровне изобретений технические решения по совершенствованию технологии экспандирования позволили улучшить технические характеристики оборудования для баротермической обработки зерносмесей и получить новые кормовые компоненты на основе зерна с использованием вто-

ричных сырьевых добавок из отходов пищевой, свеклосахарной, крахмалопаточной, спиртовой промышленности и птицеводческих предприятий. В предложенном экспандере (рисунок 2) был реализован основной принцип данного вида обработки – создание в рабочей камере оборудования условий декомпрессионного воздействия на продукт за счет деформативных нагрузений и подвода к нему тепла.



1 – дозатор зерна; 2 – дозатор пудрета; 3 – транспортер; 4 – корпус шнека; 5 – нагревательные элементы; 6 – шнек экспандера; 7 – формирующий элемент активной матрицы

Рисунок 2 – Предлагаемая конструкция экспандера

В предлагаемой конструкции экспандера условия декомпрессионного воздействия на продукт были обеспечены в кольцевом зазоре между стенками камеры шнека и активной матрицы, которая была выполнена в виде устройства цилиндрической формы. При этом используемый в рабочей камере шнек имел постоянный шаг и увеличивающийся диаметр вала по ходу движения обрабатываемого материала из зоны его загрузки к кольцевому зазору между корпусом и активной матрицей.

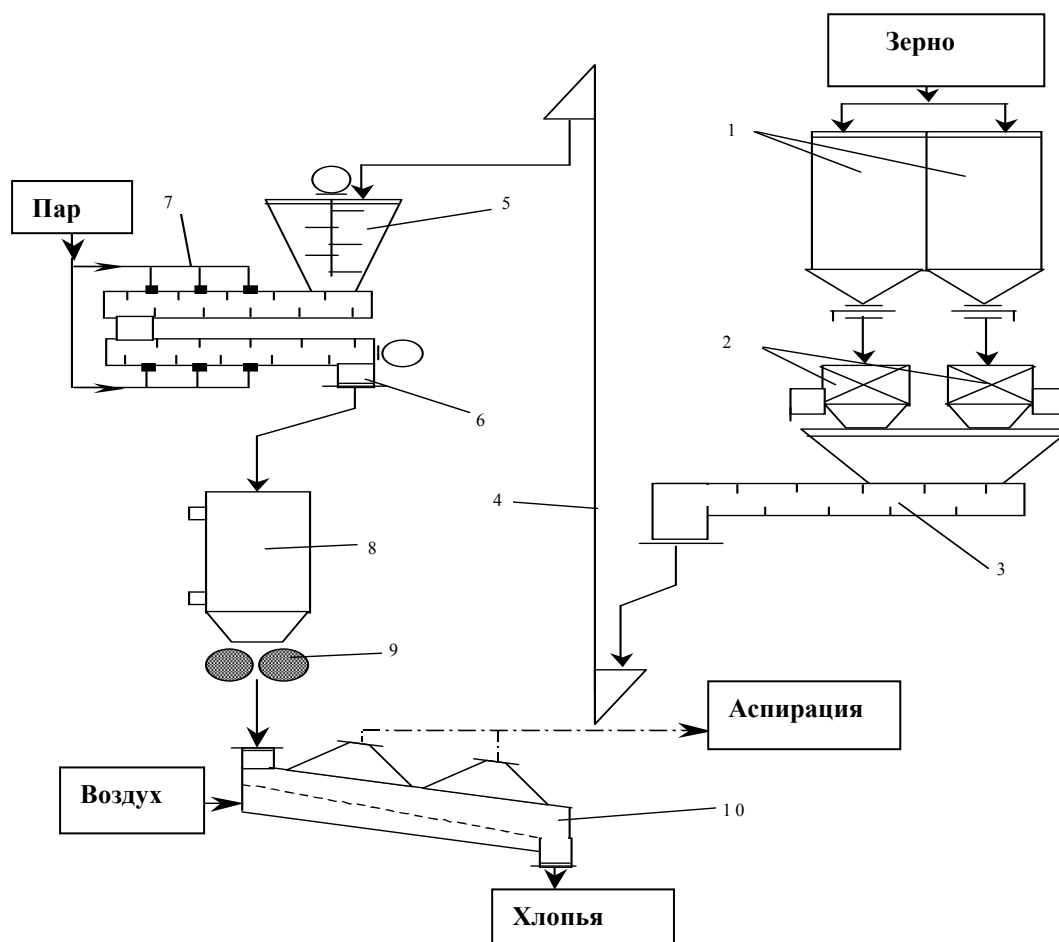
В результате быстрого переноса зерносмеси с влажностью 20 % из зоны высокого давления в 1,6...2,0 МПа в зоны с атмосферным давлением при температуре нагрева корпуса 200°C и частоте вращения шнека 25 с⁻¹ образовывалась однородная вязкопластическая кормовая масса вспученной, пористой структуры с коэффициентом вспученности $K_B=1,7$.

Полученная в ходе производственных испытаний экспандера кормовая добавка, в состав которой входило 70 % зерна ячменя и 30 % пудрета, была скормлена крупному рогатому скоту в сельскохозяйственной экспериментальной базе «Устье» Оршанского района Витебской области. За время кормления снижения привесов и надоя молока не наблюдалось. Экономия комбикормов в процессе кормления КРС составила 16 %. Анализ качественных показателей произведенного продукта до и после обработки показал увеличение степени декстринизации крахмала на 25 %, содержания углеводов на 23,4 %, перевариваемости белка на 15 %, снижение сырой клетчатки на 22 % и отсутствие в нем патогенной микрофлоры [8].

Одним из перспективных направлений глубокой переработки фуражного зерна считается его скоростное кондиционирование с последующим плющением [9]. Включение в рацион питания животных плющеного зерна по этой технологии, способствует улучшению качества и поедаемости корма, повышает питательную ценность углеводных и протеиновых его составляющих, снижает затраты энергии организма животных на его переработку, обеззараживает корм [9]. Эксперименты, проведенные в ОАО «Экомол» (г. Орша) показали, что обрабо-

танное зерно методом плющения имеет степень желатинизации 35–50 % в зависимости от качества исходного продукта и режимов его обработки.

Анализ работы существующей технологической линии производства плющенных хлопьев выявил ряд ее недостатков. Среди них основными являлись: длительность процесса отволаживания зерна, залегание влажного зерна в бункерах и затруднение процесса его выгрузки. Это нередко приводило к нарушению непрерывности технологического процесса. В БГСХА была предложена реконструкция линии плющения ОАО «Экомол» (рисунок 3).



- 1 – накопительный бункер; 2 – дозатор; 3 – смеситель; 4 – норя;
 5 – аппарат предварительной варки; 6 – варочная машина; 7 – трубопровод;
 8 – вертикальный кондиционер; 9 – плющилка; 10 – охладитель-сушилка

Рисунок 3 – Технологическая схема линии производства хлопьев

На основе проведенных производственных испытаний различных технологий было предложено исключить из данной технологической линии устройства для увлажнения и отволаживания зерна. В реконструированном оборудовании для придания необходимых кондиционных свойств зерну перед плющением увеличивалось его время нахождения в варочной машине.

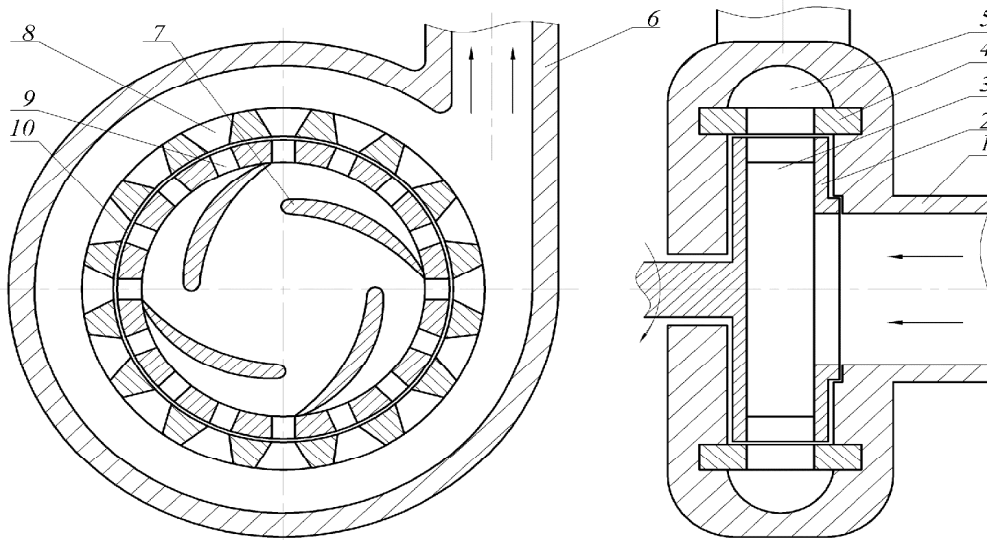
В порядке модернизации в данную технологическую линию были включены два объемных дозатора непрерывного действия с регулируемой частотой оборотов ротора и количеством подаваемого зерна. Это позволило обрабатывать зерносмеси различных видов зерна и изменять их процентное содержание.

Такая реконструкция и модернизация технологической линии позволила значительно сократить время влаготермической подготовки зерна перед его плющением, уменьшить пло-

щадя, занимаемые оборудованием, обеспечить стабильность работы линии. При этом появилась возможность быстрого перехода с одного вида обрабатываемого зерна на другой, стало возможным формирование зерновой смеси в определенном процентном соотношении различных культур.

Зоотехнические опыты, проводимые в племсовхозе «Заднепровский» (г. Орша), показали перспективность использования хлопьев из зерновых культур для выработки стартерных комбикормов для всех видов сельскохозяйственных животных и птицы, а также использование их в чистом виде с целью профилактики желудочно-кишечных заболеваний. В частности, хорошие результаты показала методика использования ячменных хлопьев для кормления поросят-отъемышей. Она предполагала использование в течение 7 дней в рационе поросят-отъемышей только хлопьев из шелушеного ячменя с плавным переходом в течение 3...4 дней на кормление комбикормом.

Перспективным способом подготовки концентрированных кормов к скармливанию является гидроимпульсная обработка, заключающаяся в многократно повторяющемся воздействии на кормовое сырье рабочих элементов кавитационного диспергатора роторного типа (рисунок 4).



1 – входной патрубок; 2 – ротор; 3 – полость ротора; 4 – статор;
5 – рабочая камера статора; 6 – выходной патрубок; 7 – лопасти; 8 – канал статора;
9 – канал ротора; 10 – радиальный зазор между ротором и статором

Рисунок 4 – Конструктивно-технологическая схема кавитационного диспергатора

Отличительной особенностью способа гидроимпульсной обработки является совмещение процессов измельчения зерна, смешивания продуктов размола с водой, гомогенизации кормовой суспензии и углубленной, направленной на повышение усвояемости конечного продукта, переработки корма в одной технологической операции, выполняемой при помощи одного технического средства – кавитационного диспергатора.

Способ предусматривает обработку корма в водной среде, что позволяет использовать сырье различной влажности, в т.ч. заготовленный по энергосберегающей технологии плющения консервированный зернофураж. Конечным продуктом гидроимпульсной обработки является жидкая кормовая добавка, содержащая до 30 % сухого вещества, которая может быть использована в рационах кормления свиней и крупного рогатого скота.

Принцип работы диспергатора заключается в следующем [10]. Обрабатываемая кормовая

суспензия подается во входной патрубок 1 и заполняет полость 3 ротора 2. Лопастями 7, расположенные в полости ротора, раскручивают суспензию, и центробежная сила создает избыточное давление на входе в каналы 9 ротора. Вращение ротора приводит к периодическому соединению и разъединению его каналов с каналами 8 статора 4, обеспечивая при этом прерывистое движение суспензии в них, сопровождаемое пульсациями скорости и расхода.

Режущее-истирающее действие рабочих элементов аппарата на твердые частицы корма и импульсное движение кормовой суспензии в каналах ротора и статора, в свою очередь приводящее к образованию кавитационных пузырьков, обеспечивает комплексную обработку корма, включающую факторы механического (измельчение частиц зерна), гидроимпульсного (получение однородной суспензии) и кавитационного (улучшение биохимического состава корма) воздействий.

Кавитация является важнейшим фактором эффективной обработки корма, а каналы статора, в которых она возникает, наиболее активной рабочей зоной диспергатора. В связи с этим, для интенсификации высокоэнергетического кавитационного воздействия на обрабатываемый корм, проведены теоретические и экспериментальные исследования рабочего процесса диспергатора с каналами переменного сечения статора. Выполнение указанных исследований позволило обосновать параметры проточной части рабочих элементов диспергатора и режима обработки корма, обеспечивающие максимальную интенсивность кавитационного воздействия.

Внедрение линий гидроимпульсного кавитационного диспергирования в технологический процесс приготовления и раздачи жидких кормовых смесей свиноводческого предприятия позволило использовать в рационе животных до 35 % консервированного плющеного зерна кукурузы в виде гомогенной кормовой суспензии, соответствующей зоотехническим требованиям по дисперсности (средневзвешенный размер частиц зерна 1,0...1,2 мм). Одновременно с этим, за счет кавитационного воздействия, наблюдалось улучшение углеводного состава диспергированного корма, заключающееся в снижении по сравнению с необработанным зерном содержания трудноусвояемых крахмала (с 560,0 до 493,1 г/кг сухого вещества) и клетчатки (с 56,2 до 53,2 г/кг сухого вещества) и увеличении содержания легкорастворимых углеводов (с 18,0 до 47,9 г/кг сухого вещества), что повысило усвояемость корма и обеспечило повышение среднесуточного прироста живой массы свиней на откорме с 570 до 650 г при одинаковом расходе кормовых единиц.

Разработанная на основании результатов исследований методика расчета параметров кавитационного диспергатора использована ООО «Научно-производственное предприятие «Белама плюс» при проектировании диспергатора кормов роторного ДКР-Ф-10 [11]. Диспергатор ДКР-Ф-10 входит в комплект оборудования для приготовления кормовой добавки на основе консервированного влажного зерна кукурузы КОДК-1,5, созданный в результате сотрудничества между ООО «НПП «Белама плюс» и РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в рамках программы Союзного государства «Комбикорм». Также ООО «Белагротроник» – официальный дистрибьютор компании «Schauer» в Республике Беларусь – по желанию заказчика осуществляет дооснащение систем приготовления и раздачи кормов «Liquidmix» диспергаторами ДКР-Ф-10, что позволяет использовать консервированное плющеное зерно в рационе свиней.

Согласно данным ГУ «Белорусская МИС» по эффективности комплекта оборудования КОДК-1,5, использование гидроимпульсной подготовки зернофуража на корм свиньям позволяет повысить продуктивность животных на 7...14 % и снизить удельные затраты на корма на 10...15 %. Диспергаторы кормов роторные ДКР-Ф-10 как в виде отдельных технологических единиц, так и в составе комплектов оборудования КОДК-1,5 и линий «Liquidmix» эксплуатируются в ОАО «Совхоз-комбинат «Союз», ЗАО «Агрокомбинат «Заря», КСУП «Агрокомбинат «Холмеч», ЧСУП «Свинокомплекс Чечерский», СУП «Свитино-ВМК» и др.

Заключение

Определены направления совершенствования оборудования и технические решения для углубленной обработки зернового и семенного сырья злаковых и бобовых культур на комбикорм:

- термовструдеров для высокотемпературной обработки зерна в пульсационном потоке теплоносителя и комбинированного теплового воздействия на него;
- экспандеров для баротермической обработки кормосмесей на основе обработки зерна с использованием вторичных сырьевых добавок из отходов пищевой, свеклосахарной, крахмалопаточной, спиртовой промышленности и птицеводческих предприятий;
- линии переработки зерна и семян с использованием их двухфазного скоростного кондиционирования с последующим плющением;
- кавитационного диспергатора для гидроимпульсной обработки зернового и бобового сырья в кормосмесь с многократно повторяющимся воздействием на кормовое сырье рабочих элементов.

Установлена эффективность использования комбикорма и кормовых смесей для кормления животных и птицы после применения вышеприведенных новых технических видов оборудования в производственных условиях.

Литература

- 1 Шаршунов, В.А. Корма и кормовые добавки. Справочное пособие. /В.А. Шаршунов, А.В. Червяков [и др.] – Минск, ЗАО «Экоперспектива», – 2001. – 487 с.
- 2 Шаршунов, В. А. Состояние и тенденции применения новых ресурсосберегающих технологий при производстве комбикормов / В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.В. Курзенков – М.: Девятка Принт. – 2004. – 136 с.
- 3 Лапотко, А.М. Использование фуражного зерна. С пользой для государства и себе не в убыток / А. М. Лапотко // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 9. – С. 16–22.
- 4 Демский, А. Б. Комплексные зерноперерабатывающие установки малой мощности / А. Б. Демский. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 264 с.
- 5 Шаршунов, В.А. Биохимические и биофизические предпосылки для внедрения технологий углубленной переработки сырья при производстве комбикормов / В. А. Шаршунов [и др.] // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 2001. – № 3. С. 75 – 79.
- 6 Курзенков, С.В. Повышение эффективности обработки зерна при производстве комбикормов прямоточным термодекстринизатором с завихрителями потока [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Спец. 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства по техническим наукам /С. В. Курзенков. //Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2003. – 219 с.
- 7 Козлов, С.И. Повышение эффективности обработки зерна ржи и сои при производстве комбикормов совершенствованием процесса экспандирования [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Спец. 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства по техническим наукам / С.И. Козлов. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2006. – 192 с.
- 8 Понталев, О.В. Обработка смеси фуражного зерна и пудрета экспандером с активной матрицей [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Спец. 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства по техническим наукам /О. В. Понталев // Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2007. – 172 с.
- 9 Шаршунов, В.А. Технология производства хлопьев из зерна для молодняка свиней. / В.А. Шаршунов, С.Н. Кандауров [и др.]//Свиноводство. – 2000. – № 2. С. 13 – 14.
- 10 Крупенин, П.Ю. Гидроимпульсная подготовка консервированного плющеного зерна кукурузы на корм свиньям кавитационным диспергатором [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Спец. 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства по техническим наукам / П. Ю. Крупенин // Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2017. – 207 с.
- 11 Гутман, В.Н. Результаты разработки комплекта оборудования для приготовления кормовой добавки на основе консервированного влажного зерна кукурузы / В. Н. Гутман [и др.] //Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 22–23 октября 2014 г.). / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.), С.Н. Поникарчик. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – Т. 3. – С. 53–64.

Поступила в редакцию 22.05.2018