

УДК 631.363

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСТРУДЕРА

В.Г. Кушнир, доктор технических наук

Н.В. Гаврилов, кандидат технических наук

Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова

Т.В. Шкотова, кандидат технических наук

Санкт-Петербургский НИУ ИТМО

А.П. Борзенков, директор

ТОО «Агротехсервис-12»

E-mail: valkush@mail.ru

Аннотация. Приведены основные результаты обоснования конструкции экструдера для переработки зернового материала. Выявлен ряд достоинств и недостатков имеющегося оборудования на примере экструдера КМЗ-2У, включая: соответствие измельченного материала зоотехническим требованиям, устойчивый процесс экструдирования, сроки эксплуатации рабочих органов, надежность, ресурсоемкость, простота изготовления рабочих органов. Рабочим органом пресс-экструдера является прессующий узел, состоящий из нагнетательного шнека, сборного цилиндра и матрицы. Основанием составного нагнетающего шнека является шпилька с левой резьбой. Передача вращения от основного вала привода сборному шнеку происходит с помощью шпонок, сборный шнек закрыт корпусами, состоящими из двух половин каждый, и цельным корпусом. Своевременная замена деталей и узлов, подверженных износу при воздействии силы трения, обеспечивает стабильную работу пресс-экструдера и сохраняет качество получаемого продукта. Среди ряда недостатков экструдера КМЗ-2У отмечено то, что после длительной эксплуатации для осуществления демонтажа вала винта нужно высверливать штифт, т.к. происходит смятие штифта и вала. Это не позволяет надежно задействовать его в процессе кормоприготовления и отнимает много времени на переоборудование, ремонт. На основании исследовательских работ и анализа существующих технических средств для экструдирования зерновых материалов предложена конструкция экструдера с усовершенствованным рабочим органом, которая обеспечивает надежность его работы, соответственно, увеличивается ресурсоемкость, производительность.

Ключевые слова: экструдер, конструктивно-технологическая схема, рабочие органы, надежность, производительность.

Введение. Кормосмеси в рационах животных в необработанном виде имеют низкую переваримость. Чтобы повысить питательность кормосмеси, необходимо осуществить ее дополнительную обработку. Один из резервов роста эффективности кормоприготовления – это использование экструдированных кормосмесей в рационах животных.

Энергоемкими технологическими объектами кормовой промышленности являются одношнековые прессующие механизмы, которые в последнее время стали активно использоваться при экструдировании кормосмеси. Особенностью прессов-экструдеров является сложность и разнообразие процессов обработки кормосмеси. Повышение производительности пресса-экструдера и качества экструдата является актуальным вопро-

сом, зависящим от конструктивно-режимных параметров экструдера [1]. Зерно является основным компонентом при производстве кормосмеси для животных, птицы и рыбы. Однако при скармливании зерна в обычном виде усвояемость его питательных компонентов пищеварительными системами составляет не более 40-60%.

Зерно злаковых культур наряду с другими видами питательных веществ содержит много крахмала, усвоение которого при кормлении животных и птицы происходит медленно, при этом продуктивно используются только определенные формы, и то – в небольшом количестве. По данным ряда исследований, усвояемость питательного потенциала крахмала в созданной природной форме не превышает 20-25% в зависимости

от вида культур. Поэтому задача новых технологий переработки зерна состоит во внедрении таких способов обработки исходного сырья, которые позволили бы перевести крахмал в удобную для усвоения организмом животных форму. Это возможно при разрушении зернистой структуры крахмала на клеточном уровне, что способствует разрыву природных связей между отдельными составляющими частями и переводу его в более простые углеводы в виде декстринов и сахаров, то есть происходит желатинизация крахмала или декстринизация его на более простые составляющие [2].

Экспериментальная база, ход исследования. Экструзия – один из наиболее эффективных и применяемых в комбикормовой промышленности способов обработки зерна. При обработке зернофуража таким способом протекают два непрерывных процесса: механическое и химическое деформирование; взрыв продукта.

Процесс экструзии занимает короткий промежуток времени (около 30-60 секунд), однако за это время сырье успевает пройти несколько стадий обработки: тепловую, стерилизацию, обеззараживание (под воздействием температуры и давления болезнетворные микроорганизмы, грибки, плесени полностью уничтожаются), увеличение объема (является следствием разрыва стенок клеток, разрушения структуры гранул и разрыва молекулярной цепочки крахмала, что повышает энергетическую ценность продукта), измельчение, смешивание (несмотря на то, что сырье дробится и перемешивается перед подачей в экструдер, в стволе экструдера эти процессы продолжаются, и продукт становится полностью однородным), обезвоживание (за 20-30 секунд содержание влаги снижается на 70-75% от исходного), стабилизацию (высокая температура и давление нейтрализуют разрушительное действие ферментов, а это способствует значительному увеличению сроков хранения готовой продукции) [2].

Подлежащее экструзии сырье доводят до влажности 12-16%, измельчают и подают в экструдер, где под действием высокого давления (2,8-3,9 МПа) и трения зерновая масса

разогревается до температуры 120-150°C. Затем вследствие быстрого перемещения ее из зоны высокого давления в зону атмосферного происходит так называемый «взрыв», в результате чего гомогенная масса вспучивается и образует продукт микропористой структуры.

Вследствие желатинизации крахмала, деформации целлюлозно-лигнинных образований значительно улучшается его кормовая ценность. Количество крахмала при этом уменьшается на 12%, а декстринов (продуктов первичного гидролиза крахмала) – увеличивается более чем в 5 раз, количество сахара возрастает на 14%. Значительно улучшается санитарное состояние зерна. Под действием высокой температуры и давления почти полностью уничтожаются патогенная микрофлора и плесневые грибы [2, 3].

На качество конечного продукта (экструдата) будут влиять и конструктивно-режимные параметры экструдера (конструкция корпуса, шнека, фильеры, частота вращения шнека и другое). В корпусе экструдера могут быть установлены специальные шайбы. За счет трения о шнек и стенки корпуса продукт значительно нагревается, а разность давления на выходе из камеры и внутри нее приводит к вспучиванию продукта.

Экструдированный корм наиболее рационально использовать для кормления поросят младших возрастов, поскольку их пищеварительная система в этот период не способна расщеплять сложные питательные вещества. При использовании экструдированного зерна в составе рационов для молодняка свиней увеличивается перевариваемость сухого вещества на 2,1%, органического – на 1,9%, сырого протеина – на 4,5%, сырого жира – на 3,8%.

Экструдированным горохом в комбикормах для поросят-сосунов можно заменить до 50% массы кормов животного происхождения (сухой обрат, рыбная, мясокостная мука), а для поросят старше двухмесячного возраста этим кормом можно полностью заменить корма животного происхождения [4, 5]. Экструзионная обработка сельскохозяйственного сырья за последние годы получила

широкое распространение. Она позволяет иметь ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами: повысить степень использования сырья, получить готовые к применению кормовые продукты большого ассортимента, значительно снизить удельные затраты (труда и средств), обеспечить высокую усвояемость кормов, уменьшить загрязнение окружающей среды. За период развития экструзионной промышленности получено много новых конструкций экструдеров. Основные из них одношнековые, которые также применяются при переработке сельскохозяйственного сырья.

Обработка и приготовление кормов зависит от конкретных особенностей и условий предприятия, экономической целесообразности применения тех или иных способов обработки кормов. Независимо от вида, назначения и способов приготовления должны соблюдаться следующие основные требования: осуществление технологического процесса с наименьшими затратами, соответствие качества готовых кормов зоотехническим требованиям, возможность подготовки кормов для всех групп животных; при этом набор машин должен быть минимальным, но достаточным для того, чтобы процесс приготовления происходил технологически правильно и экономично.

Анализ производственных процессов на фермах крупного рогатого скота показал, что есть реальная возможность совместить операции, выполняемые несколькими агрегатами, при применении одного эффективного устройства – экструдера. Данное устройство способно обеспечивать получение качественного корма для разных групп животных, в т. ч. и для КРС [1]. Но и конструкции существующих экструдеров имеют ряд недостатков, которые проявляются в процессе длительной эксплуатации. Нами предложен вариант обеспечения устранения недостатков экструдера, связанный с его надежностью (эксперименты и испытания проведены в ТОО «Агротехсервис-12», г. Костанай, Казахстан). Изобретение относится к устройствам для переработки кормов, в т. ч. комбинированных кормов, может быть использовано в сельс-

ком хозяйстве, в частности, животноводстве. Известно устройство для экструдирования кормов КМЗ-2У методом сухой экструзии, содержащее основание, основной привод, бункер, питающий шнек-дозатор, приемную камеру, нагнетающий шнек, сборный корпус, матрицу, привод питающего шнека, термометр, электродвигатель, редуктор [6].

Рабочим органом пресс-экструдера является прессующий узел, состоящий из нагнетательного шнека, сборного цилиндра и матрицы. Основанием составного нагнетающего шнека является шпилька с левой резьбой. Передача вращения от основного вала привода сборному шнеку происходит с помощью шпонок, сборный шнек закрыт корпусами, состоящими из двух половин каждый, и цельным корпусом. Последний присоединяется болтами к несущему корпусу пресса-экструдера. Прямоугольное окно в корпусе служит для крепления лотка, через который смесь поступает из шнека-дозатора в сборный корпус нагнетающего шнека.

Разъемные половины корпусов стянуты хомутами и зафиксированы шпонками от проворачивания. На внутренних поверхностях корпусов предусмотрены продольные пазы для перемещения смеси вдоль оси шнека. Для уменьшения износа корпусов в местах над греющими шайбами установлены сменные изнашиваемые кольца.

Выход экструдата осуществляется по совмещенным отверстиям в носовом корпусе и регулировочном диске. Поворот регулировочного диска изменяет проходное сечение, тем самым регулируя температуру и давление. Регулировочный диск фиксируется в заданном положении болтом и прижимается к носовому корпусу диском. Ротор обеспечивает удержание вала винта, шпильки и установленных на шпильку шнеков и греющих шайб. Своевременная замена деталей и узлов, подверженных износу при воздействии силы трения, обеспечивает стабильную работу пресс-экструдера и сохраняет качество получаемого продукта [7]. Недостатком экструдера КМЗ-2У является то, что после длительной эксплуатации для осуществления демонтажа вала винта нужно высверливать

штифт, т.к. происходит смятие штифта и вала. Площадь сечения штифтов очень мала.

Задачей настоящего изобретения является повышение надежности работы экструдера, его производительности, снижение энергозатрат процесса экструдирования путем совершенствования конструкции вала винта. Указанная задача решается тем, что в известном устройстве, содержащем бункер 1, станину 2, рабочую часть 3, шпиндель 4, хомут крепления 5, защиту привода 6, механизм подачи смеси 7, согласно предполагаемому изобретению, вал винта фиксируется вставкой, закрепленной на валу шпинделя двумя штифтами диаметром 12 мм (рис. 1). Вставка не снимается. На валу винтов выполняется фрезерованная площадка.

При перемещении-прессовании зерновых материалов возникают значительные местные сопротивления, отрицательно влияющие на различные участки работающего устройства, на его производительность и ресурсоёмкость. Эта гипотеза получила подтверждение при экспериментальных исследованиях процесса экструдирования комбикормов [1]. Поэтому при моделировании экструдеров следует учитывать возникающие сопротивления перемещению-прессованию зерновых материалов. Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство экструдирования зерновых кормов отличается простотой, надежностью, низкой себестоимостью. На рисунке 1 приведен общий вид устройства для экструдирования зернового корма, на рисунке 2 (вид А) – конструктивные отличия от прототипа. Вал винта и вал шпинделя соединяются при помощи штифтов.

Экструдер для экструдирования зерновых кормов работает следующим образом. Материал подается в бункер 1, захватывается питающим шнеком-дозатором, далее поступает в рабочую часть 3, собранную из трех составляющих, зафиксированных хомутами крепления 5, нагнетающим шнеком материал продавливается по сборному корпусу, который, вращаясь, перемещает зерновой корм к матрице, при перемещении корма за счет трения о стенку корпуса увеличивается дав-

ление на перерабатываемый корм, что приводит к его пластификации. Привод вала винта осуществляется через шпиндель 4. Подача материала регулируется через механизм подачи 7.

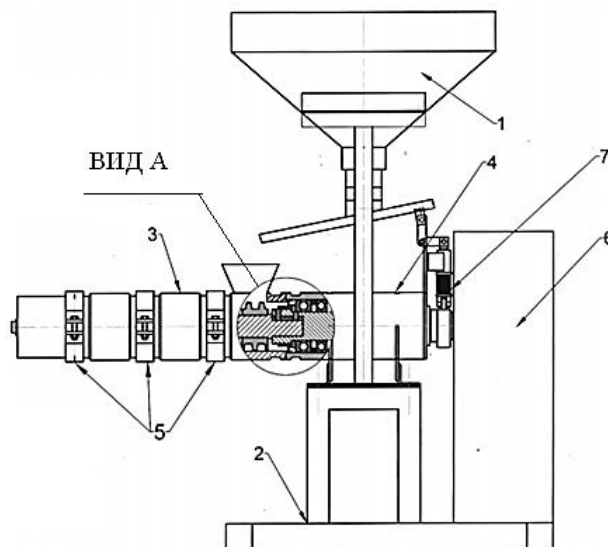


Рис. 1. Общий вид устройства для экструдирования зернового корма: 1 - бункер; 2 - станина; 3 - рабочая часть; 4 - шпиндель; 5 - хомут крепления; 6 - защита привода; 7 - механизм подачи смеси

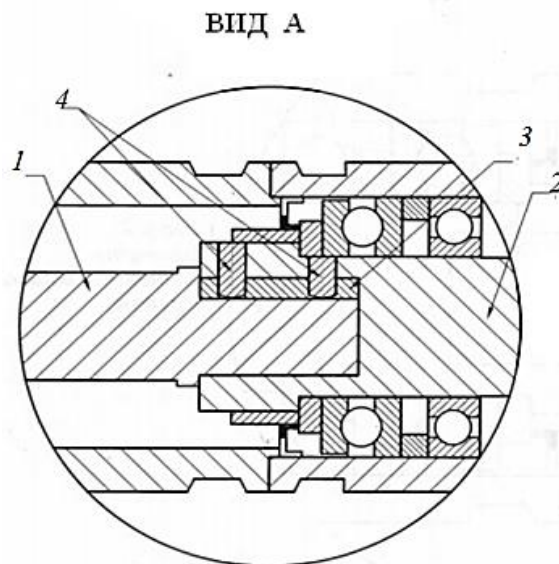


Рис. 2. Конструктивные отличия от прототипа: 1 - вал винта; 2 - вал шпинделя; 3 - сегментная вставка; 4 - штифты

Вывод. Использование предлагаемого вала винта экструдера позволяет снизить энергозатраты, увеличить ресурсоёмкость экструдера в сравнении с прототипом.

Литература:

1. Карташов Л.П. Материалы по моделированию и оптимизации одношнековых экструдеров. М., 2004.
2. Жушман А.И., Карпов В.Г., Иващенко П.А. Изменение свойств и структуры кукурузных крахмалов и муки при экструзионной обработке // Сахарная промышленность. 1999. № 3. С. 39-42.
3. Кадыров Д.А., Гарзанов А.А. Экструзионная переработка биологических отходов в корма // Птицеводство. 2008. № 7. С. 51-54.
4. Иванов Ю.А., Новиков Н.Н. Автоматизация процессов как фактор повышения эффективности производства животноводческой продукции // Сборник научных докладов ВИМ. 2006. Т. 1. С. 104-109.
5. Баканов В.Н., Менькин В.К. Кормление сельскохозяйственных животных. М., 1999. 511с.
6. Технологическая схема установки «Альтаир-74». Челябинск, 2003.
7. Теория шнековых устройств / Груздев И.Э. и др. Л., 1978.

Literatura:

1. Kartashov L.P. Materialy po modelirovaniyu i optimizacii odnoshnekovyh ekstrudеров. М., 2004.
2. Zhushman A.I., Karpov V.G., Ivashchenko P.A. Izmenenie svoystv i struktury kukuruznyh krahmalov i muki pri ekstruzionnoj obrabotke // Saharnaya promyshlennost'. 1999. № 3. S. 39-42.
3. Kadyrov D.A., Garzanov A.A. Ekstruzionnaya pererabotka biologicheskikh othodov v korma // Pticevodstvo. 2008. № 7. S. 51-54.
4. Ivanov YU.A., Novikov N.N. Avtomatizatsiya processov kak faktor povysheniya effektivnosti proizvodstva zhivotnovodcheskoj produktsii // Sbornik nauchnykh dokladov VIM. 2006. T. 1. S. 104-109.
5. Bakanov V.N., Men'kin V.K. Kormlenie sel'skhozaystvennykh zhivotnykh. М., 1999. 511s.
6. Tekhnologicheskaya skhema ustanovki «Al'tair-74». CHelyabinsk, 2003.
7. Teoriya shnekovykh ustrojstv / Gruzdev I.E. i dr. L., 1978.

THE EXTRUDER IMPROVEMENT

V.G. Kushnir, doctor of technical sciences

N.V. Gavrilov, candidate of technical sciences

Kostanay state university after A. Baitursynov

T.V. Shkotova, candidate of technical sciences

St.-Petersburg NIY ITMO

A.P. Borzenkov, director

TOO "Agrotechservis-12"

Abstract. The main results of the extruder for processing grain material design justification are presented. A number of existing equipment's advantages and disadvantages on the KMZ-2U extruder example, including: the crushed material compliance with zootechnical requirements, extrusion's stable process, working bodies' service life, reliability, resource consumption, working bodies' simplicity. The press- extruder working body is a pressing unit consisting of a pump screw, a collecting cylinder and a matrix. The base of the composite pump screw is a pin with a left threaded connection. The rotation transmission from the main roller of drive to the modular screw occurs by dowels, the modular screw by frame consisting of two halves of each, and a whole frame is closed. Timely parts and nodes replacement exposed of wearing by friction, the extruder stable operation ensuring and the product's quality saving. Among a number of KMZ-2U extruder's disadvantages was noted that after prolonged operation for the screw roller's dismantling it is necessary a pin to drill, because the pin and roller are crushed. It does not allow reliably to involve it in the forage preparation process and takes a lot of time for re-equipment, repair. On this research basis and existing technical means analysis for grain materials extrusion, the extruder's design with an improved working body is proposed, that its operation's reliability ensuring, respectively, the resource intensity, productivity is increased.

Keywords: extruder, design-and-technological scheme, working bodies, reliability, performance.