

Оспанов А.А., Калиаскаров М.К., Тимурбекова А.К., Жалелов Д.Б., Бижанов А.Р.

*Казахский национальный аграрный университет,
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева*

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация

В современной комбикормовой промышленности непрерывно повышаются требования к качеству комбикормов, усовершенствованию технологии, расширяется номенклатура сырья, ассортимент продукции. Особые требования предъявляются к комбикормам молодняка животных, ценных пород молоди рыб, домашних животных и др. Поэтому особое внимание следует уделить созданию инновационных технологий производства функциональных комбикормов, адаптированных для различных животных и рыб.

Ключевые слова: процесс измельчения, комбикормовая промышленность, интенсификация процесса, зерновое сырье, минеральное сырье, зерновая смесь, трехроторная мельница, продолжительность процесса, энергопотребление процесса, влажность зерна.

Введение

Возможность существующих технологических приемов заготовки и переработки кормов ограничены, так как базируются на устаревших принципах. Высокие энерго- и металлоемкость оборудования, низкое качество готового продукта стали причинами, из-за которых почти в каждом хозяйстве простаивают цеха с агрегатами витаминной травяной муки и линии по производству гранул. Основными причинами кризисного состояния комбикормовой отрасли является, с одной стороны, неплатежеспособность основного потребителя – отрасли животноводства и с другой, низкое продуктивное действие комбикормов.

Вместе с тем, комбикормовая промышленность Республики Казахстан развивается по двум направлениям: во-первых, производство полнорационных кормов и белково-витаминных добавок (БВД) на крупных предприятиях и, во-вторых, производство комбикормов в хозяйственных и межхозяйственных цехах на основе БВД промышленного изготовления и фуражного зерна хозяйств.

Общее решение вопроса дальнейшего развития комбикормовой промышленности Республики Казахстан видится в поиске путей снижения себестоимости комбикормов за счет использования местных сортов зернового сырья кормового назначения, нетрадиционного вида минерального сырья и отходов зернообработки и зернопереработки при одновременном улучшении их качества. Дальнейшее совершенствование технологии невозможно без разработки и внедрения оборудования высокой технологической эффективности. От технического уровня оборудования в значительной мере зависит и качество конечной продукции [1-3].

Материалы и методы

Характеристика объекта измельчения. Исследовалось зерновое сырье: кукуруза, пшеница, рис, просо и соя, которые часто используются в комбикормовой промышленности. Эти культуры, особенно пшеницу, вводят в состав комбикормов, когда они по своим качественным показателям не отвечают требованиям стандарта на

производственное зерно, но вполне пригодны для скармливания сельскохозяйственных животных.

Основным регулируемым входным параметром при измельчении зерна является влажность (для готовой продукции W не более 14,5 %). Поэтому исходное зерно увлажняли до 16 % с интервалом в 1 % [4-5].

Зерно измельчали на экспериментальной дробилке с силоизмерительным устройством, изготовленной в соответствии с авторским свидетельством № 1490511 Оспанова А.А. и др. [6]. Процесс оценивали продолжительностью измельчения, расходом электроэнергии и модулем крупности. На измельчителе использовали сито диаметром от 2 до 6 мм.

Показатели качества исследуемых образцов зернового сырья приведены в табл. 1. Из данных табл. 1 следует, что показатели исследуемых образцов отличаются от требований, предъявляемых к сырью комбикормовой промышленности. Например, его влажность должна быть не более 15 %, но в нашем случае она колеблется от 10,6 до 13,1 %, то есть намного ниже нормы; содержание сорной примеси превышает 14,3 против 5 % по норме.

Таблица 1 – Показатели качества зернового сырья

Показатель	Кукуруза	Ячмень	Пшеница	Просо	Рис	Соя
Влажность, %	12,0	12,2	13,1	10,6	10,6	12,0
Содержание сорной примеси, %	14,3	5,8	6,4	3,5	2,5	1,0
Объемная масса, т/м ³	0,696	0,622	0,657	0,725	0,508	0,689
Зерно других культур, %	7,8	12,8	7,8	5,6	3,2	3,5

Результаты исследований и их обсуждение

Влияние влажности зерна на процесс измельчения. Процесс оценивается продолжительностью и расходом электроэнергии. Результаты измельчения отдельного вида зерна приведены на рис. 1. Откуда видно, что с изменением влажности зерна время, необходимое для измельчения, возрастает. Это более заметно для крупяных культур. Так, если на измельчение зерна ячменя при влажности 12,2 % требовалось 14,5 с (для анализа взяты результаты для сит диаметром 3 мм – обычно на производствах в дробилках устанавливают сита такого диаметра), 15,1 % – 19 с, для пшеницы – соответственно 12,8 и 16,5.

С увеличением диаметра сит продолжительность измельчения возрастает: при увлажнении оболочка зерна становится более пластичной и требуется больше времени на ее разрушение. С другой стороны, по мере увеличения диаметра сит уменьшается площадь их живого сечения для истирания частиц, то есть активная поверхность соударения последних с рабочими органами дробилки.

Влажность зерна влияет на расход электроэнергии. В большинстве случаев с увеличением влажности в пределах диапазона исследования расход электроэнергии несколько снижается. Это характерно для крупяного сырья и связано с прочностными характеристиками частиц каждой культуры. Например, для ячменя при влажности 12,2 % расход энергии составляет 1,325 кВт; 15,1 % – 0,875 кВт; для риса – соответственно 1,325 и 0,850. Наиболее приемлемые продолжительность измельчения и расход электроэнергии получены при влажности 13,8 % и диаметре сит 3...4 мм.

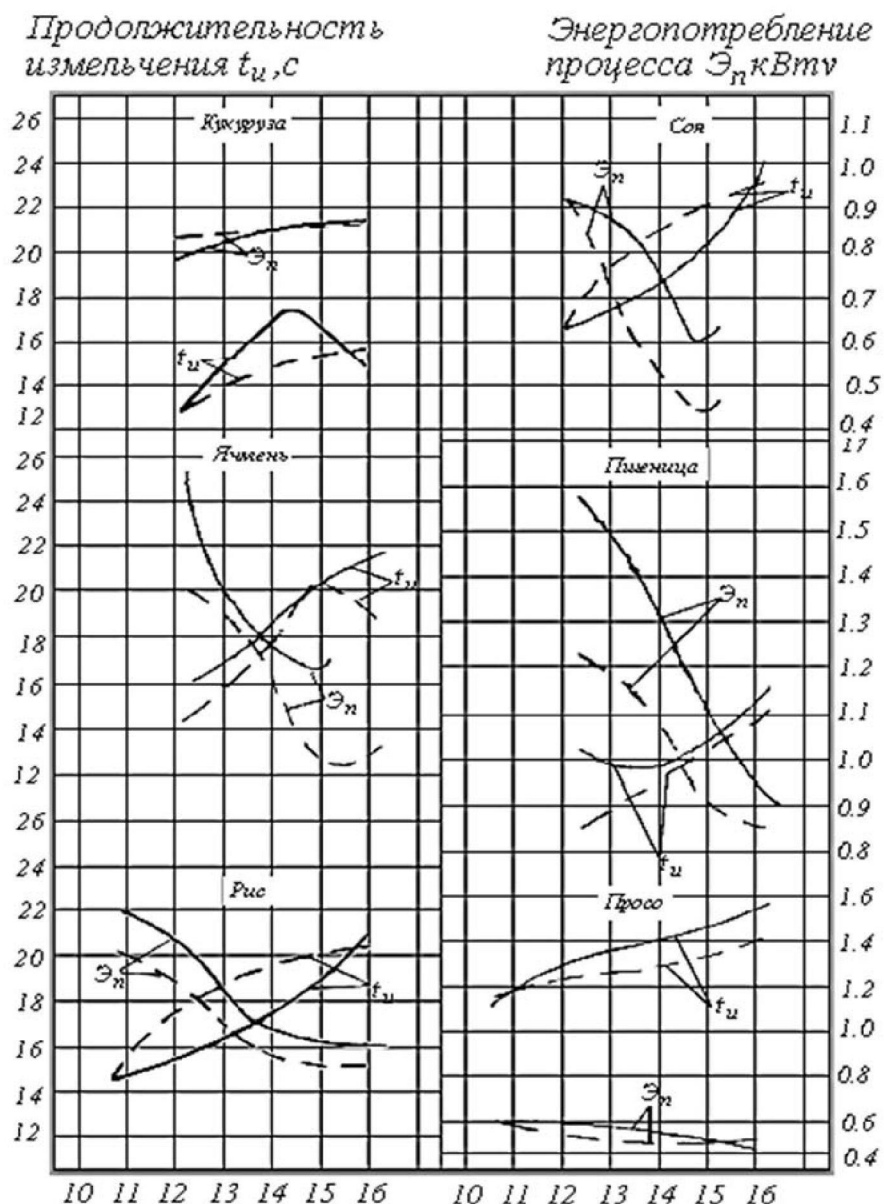


Рисунок 1 – Зависимости продолжительности измельчения t_u (слева) и энергопотребления $\mathcal{E}_n$ (справа) процесса от влажности зернового сырья. Сплошной линией показана влажность при диаметре сита – 2 мм, прерывистой – 3 мм

Изменение влажности зерна в процессе измельчения. Измельчение зерна и продуктов его переработки сопровождается выделением значительного количества теплоты. В результате происходит некоторое снижение влажности, так называемая "усушка" измельчаемого материала. Это приводит к большим потерям готовой продукции, что экономически невыгодно. В табл. 2 приведены результаты "усушки" зерна при измельчении на экспериментальной дробилке.

Из данных таблицы 2 видно, что чем больше влажность измельчаемого сырья, тем выше ее потери. Например, при измельчении зерна пшеницы влажностью 13,5 % процент потерь составил 0,1, а при 16,9 – 0,4 %. Аналогичные данные получены при измельчении зерна кукурузы и ячменя. С другой стороны, причиной усушки является сильное нагревание частиц зерна в процессе измельчения, потому что наличие сита способствует излишнему их перетиранию.

Таблица 2 – Изменение влажности при измельчении зерна разных культур

Влажность, %		Усушка, %
до измельчения	после измельчения	
пшеница		
16,9	16,5	0,4
15,6	15,2	0,4
14,4	14,1	0,3
13,5	13,4	0,1
кукуруза		
16,4	16,1	0,3
15,7	15,3	0,4
14,8	14,5	0,3
13,5	13,2	0,3
11,9	11,7	0,2
ячмень		
17,5	17,0	0,5
15,9	15,5	0,4
15,2	14,8	0,4
14,7	14,4	0,3
13,5	13,2	0,3

Таким образом, в каждом случае наблюдается потеря влажности, и чем выше влажность, тем потеря более значительна (в данном случае от 0,1 до 0,5 %). Для предотвращения последней необходимо перед измельчением увлажнять зерно не более чем на 0,5 % и изыскать возможность внедрения в производства измельчителей безситовой конструкции.

Влияние состава смеси зернового сырья на процесс измельчения. В настоящее время на комбикормовые заводы поступают смеси зернового сырья в измельченном виде. Это экономически выгодно, потому что значительно облегчается технологический процесс на заводе, улучшается качества комбикормов и увеличивается их производительность.

Нами составлены в различных соотношениях смеси зернового сырья из ячменя, пшеницы, риса и кукурузы, имеющие влажность от 11,1 до 16,1 % с интервалом в 1 %. Влияние состава и влажности смеси из зернового сырья на показатели эффективности процесса измельчения (продолжительность измельчения t_u и расход электроэнергии $\mathcal{E}_n$) приведены на рис.2.

Из данных рисунка 2 видно, что размол зерновых смесей, состоящих из 3-х компонентов в разных соотношениях, более или менее стабилизирует процесс по продолжительности измельчения и расходу электроэнергии. Однако если анализировать полученные значения при измельчении одного образца разной влажности, можно заметить, что сухое зерно ($W = 11,1$ %) измельчается дольше, чем более влажное в пределах диапазона исследования. Например, для образца № 1 с влажностью 11,1 % продолжительность измельчения 29 с; 16,1 – 23; 14,2 % – 21 с. Аналогичные результаты получены при измельчении других образцов. Таким образом, наиболее приемлема продолжительность измельчения при влажности 14,1 %. В тех же условиях минимальны и затраты электроэнергии. Согласно рис. 2, при измельчении образцов с большим содержанием ячменя и риса наблюдается повышенный расход электроэнергии. Например,

для образца № 1, где оно составляет по 25 %. Расход электроэнергии – 0,675...0,570 кВт, а при содержании этих культур по 50 % (образцы № 2 и № 3) – 0,850...0,730. Следовательно, при измельчении зерновой смеси с преимущественным содержанием зерен ячменя и риса увеличивается не только продолжительность процесса, но и расход электроэнергии. Это связано с тем, что оболочка ячменя плотно срастается с эндоспермом, и для их разрушения требуется значительное усилие. Аналогичные данные получены при измельчении других образцов.

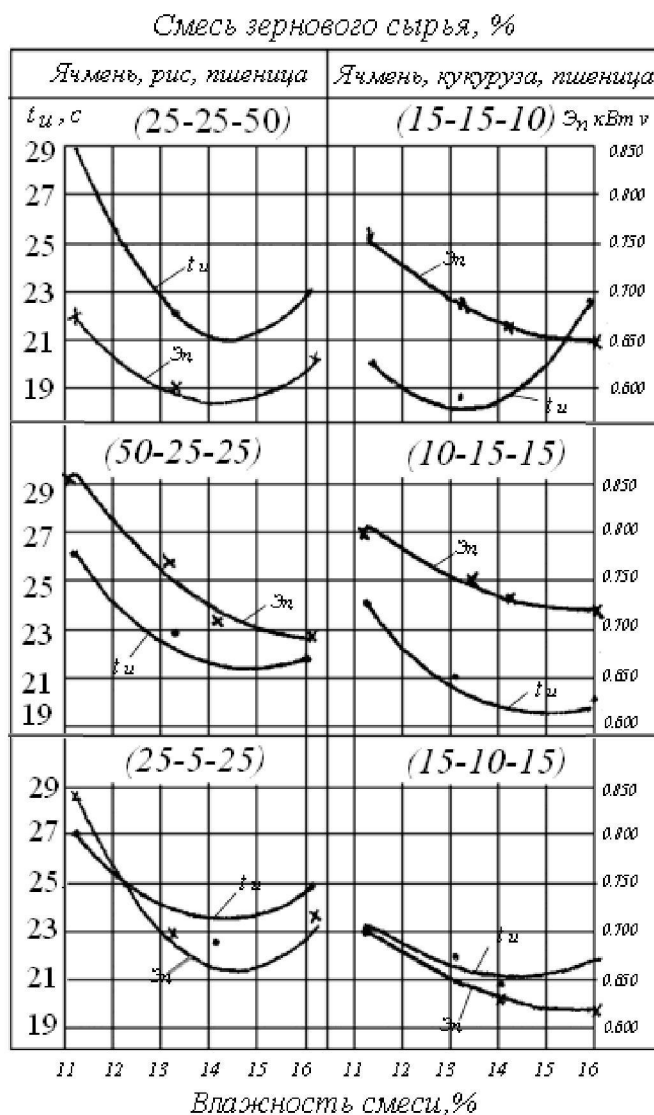


Рисунок 2 – Зависимости показателей эффективности t_u (слева) и $\mathcal{E}_n$ (справа) от состава смеси зернового сырья и ее влажности

Решение вышеупомянутых недостатков может быть найдено при использовании и внедрении конструкции бесситовой центробежной трехроторной мельницы, изготовленной в соответствии с патентом РК № 16609 Оспанова А.А и др. [7].

Обоснование технологической схемы трехроторной мельницы. Анализ теоретических и экспериментальных исследований вопроса измельчения зернового и минерального сырья резанием и ударно-отражательным действием, а также анализ конструкции существующих измельчающих машин [8-10] показал, что применяемое в комбикормовой промышленности оборудование имеет существенные недостатки.

В связи с этим, повышение эффективности процесса образования новых поверхностей представляет огромный практический интерес.

На основе проведенного анализа литературных данных по существующим видам измельчителей и их характеристикам, предлагаем следующую технологическую схему измельчения трех разных по структурно-механическим свойствам компонентов с последующим смешиванием измельчаемых частиц, предусматривающую выполнение нескольких основных технологических процессов, таких как сжатие, резание и удар, с максимальным исключением вспомогательных операций (рисунок 3).

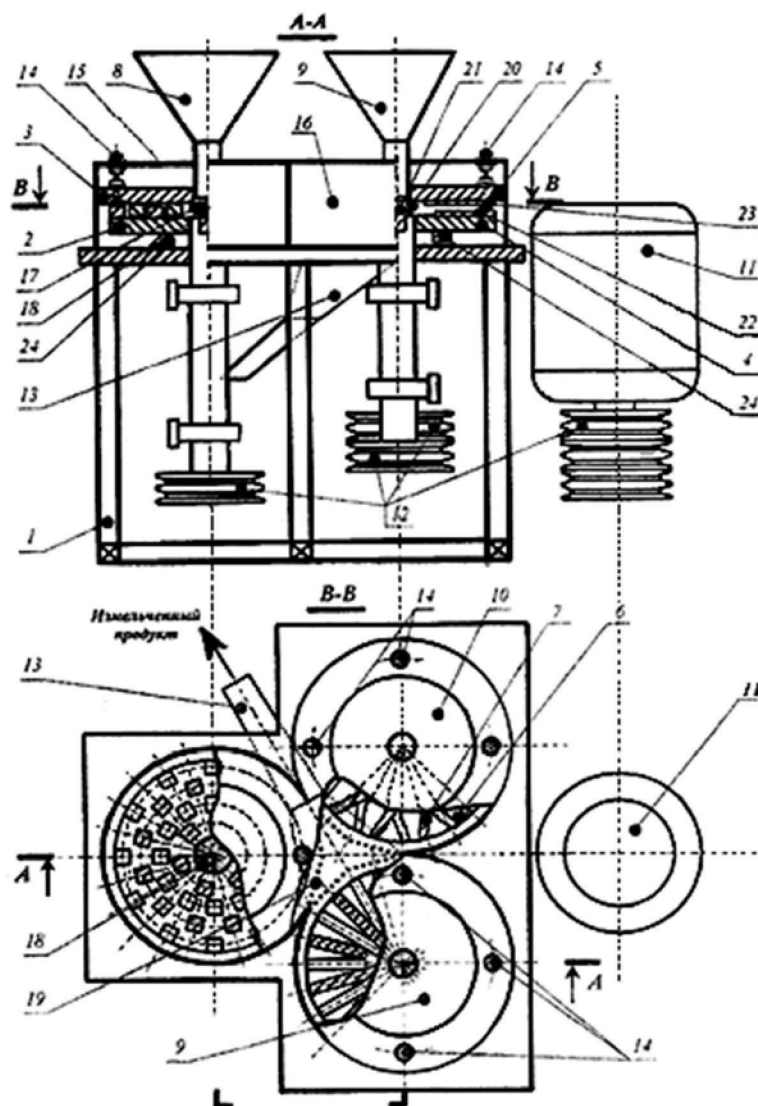


Рисунок 3 – Технологическая схема трехроторной мельницы

Предлагаемая конструкция трехроторной мельницы содержит следующие основные узлы: станина 1, механизм измельчения (2, 3, 4, 5, 6, 7), приемные патрубки 8, 9, 10, электродвигатель 11, механизм привода ротора 12 и выпускной патрубков 13 для смешивания и вывода измельченного продукта. Станина 1 предназначена для размещения и крепления на ней основных узлов измельчителя. В процессе эксплуатации она закрепляется к фундаменту производственного помещения.

Основной частью трехроторной мельницы является механизм измельчения, состоящий из трех неподвижных дисков 3, 5, 7, жестко соединенных регулировочными болтами 14 с крышкой 15 корпуса 16, на первом из которых размещены в два ряда штифты, а на втором и третьем – противорежущие пластины, и нижних вращающихся дисков 2, 4, 6 – также на первом из которых размещены в два ряда штифты, а на втором и третьем – пластины. Механизм измельчения размещен в корпусе 16, который в свою очередь установлен на станине 1. При техническом осмотре или ремонте механизма измельчения корпус 16 должен сниматься после снятия общей крышки 15 и приемных патрубков 8, 9, 10. На рисунке 4 приведены рабочие органы трехроторной мельницы.

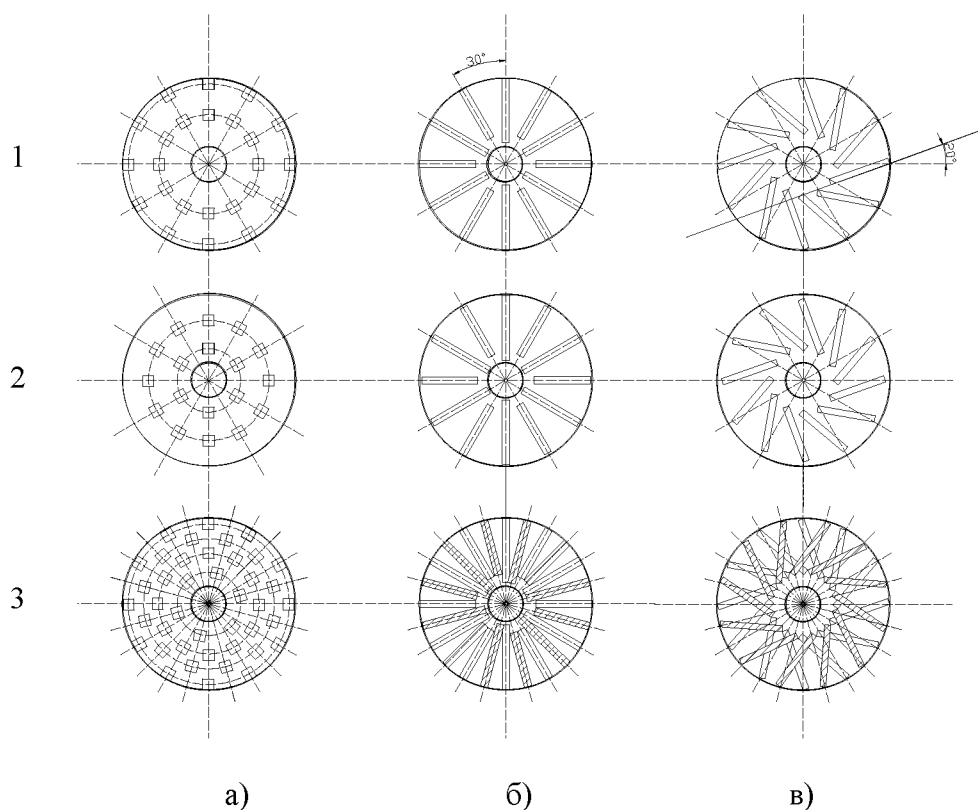


Рисунок 4 – Рабочие органы трехроторной мельницы:
а) рабочий орган первого ротора; б) рабочий орган второго ротора;
в) рабочий орган третьего ротора.

1 – вращающийся диск (вид на рабочую поверхность); 2 – неподвижный диск (вид на рабочую поверхность); 3 – взаимодействие дисков.

Трехроторная мельница работает следующим образом. Три разных по структурно-механическим свойствам материала (зерно, зерноотходы, минеральное сырье и т.п.) подаются через приемные патрубки 8, 9, 10 в центральные части трех междисковых пространств. Далее подаваемый в первое междисковое пространство 17 измельчаемый материал под действием распределительного конуса 18 и центробежных сил отбрасывается в первую зону измельчения между круговыми рядами штифтов. Вращающийся 2 и неподвижный 3 диски первого ротора (рисунок 4, а) имеют по два ряда четырехугольных штифтов. Таким образом, образуются три зоны измельчения между четырьмя круговыми рядами штифтов. Измельченные мелкие частицы материала проходят все три зоны измельчения быстрее, чем крупные частицы. Крупные частицы измельчаемого материала, прежде чем пройти через ряд штифтов, должны раздробиться. Это происходит благодаря

неоднократному столкновению частиц со штифтами в пределах каждой зоны измельчения, образованной двумя движущимися и двумя неподвижными рядами штифтов. Мелкие частицы имеют возможность пройти очередную зону, получив меньшее число ударов, чем крупные. Далее измельченный материал центробежной силой и воздушным потоком выводится через вертикально установленные прутки 19 в выпускной патрубок 13.

Подаваемый во второе междисковое пространство 20 измельчаемый материал также под действием распределительного конуса 21 и центробежных сил отбрасывается в зазоры между пластинами 22, 23, где под действием ножевого механизма происходит срез измельчаемого материала. Пластины второго ротора расположены радиально к оси (рисунок 4, б). Далее измельченный материал, приобретая определенную скорость, выбрасывается на прутки 19. Здесь путем удара и истирания об прутки материал дополнительно измельчается. Измельченный материал выводится также, как и в первом роторе – через выпускной патрубок 13.

Принцип измельчения материала в третьем роторе трехроторной мельницы аналогичен со вторым ротором. Различие в эксцентричном расположении пластин (рисунок 4, в). В рассматриваемом рабочем органе режущие элементы – пластины, выполнены с эксцентричным расположением лезвия и расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях дисков, вращающейся и неподвижной (рисунок 4, в). Такое положение дает возможность устанавливать определенный угол между касательной к лезвию пластин вращающегося диска в зоне резания и лезвием противорежущих пластин неподвижного диска.

В связи с этим можно производить многостадийное измельчение материала, позволяющее получать на каждом радиусе определенный гранулометрический состав со своевременным выводом готового продукта из рабочего пространства измельчающего устройства. Этим обеспечивается непрерывный процесс резания режущими элементами в течение полного оборота ротора и достигается равномерная нагрузка на вал ротора. Измельченный материал выводится также, как в первом и втором роторах – через выпускной патрубок 13. Лопатки 24 вращающихся дисков трех роторов в процессе работы создают воздушный поток, который способствует быстрому удалению измельчаемого материала из рабочей зоны через выпускной патрубок 7. В выпускном патрубке 13 измельченные материалы смешиваются в одну фракцию.

Важнейшей составной частью рабочего органа предлагаемой трехроторной мельницы являются ее рабочие органы, с помощью которых материал многократно измельчается. Особенностью является то, что предлагаемая конструкция измельчающей установки позволяет одновременно измельчать три разных по структурно-механическим свойствам материалов, посредством применения различных способов деформации с последующим смешиванием трех разных компонентов в одну фракцию. К преимуществам предлагаемой технологической схемы устройства можно отнести простоту конструкции установки, быстрое удаление измельчаемого продукта из рабочей зоны, вследствие чего более выравненный гранулометрический состав, повышенные эксплуатационные характеристики (легко снимаемые и заменяемые рабочие органы, возможность регулировки междискового зазора в зависимости от перерабатываемого материала).

Применение предложенной конструкции измельчающей установки может позволить добиться уменьшения расхода энергии поточной линии за счет совмещения процесса измельчения с процессом смешивания и сокращения путей вертикальных перемещений зернопродуктов; уменьшения материалоемкости поточной линии, потребной для нее производственной площади и габаритного объема за счет общего корпуса трех роторов.

По литературным данным [8, 10], угол заточки пластин (ножей) выбирается таким, при котором лезвие остается достаточно стойким к излому, длительное время сохраняет

свою остроту, а усилие остается равным минимуму. В нашем случае угол заточки пластин второго и третьего роторов устанавливается на уровне 85°.

Окончательный выбор оптимальной скорости резания рекомендуется выполнять на основе экспериментов [9], приводимых в конкретных условиях использования измельчающего аппарата. Предел варьирования окружной скорости берется от 50 до 90 м/с, с шагом 10 м/с. Зазор между плоскостью вращающихся и неподвижных дисков 5-45 мм будет устанавливаться с помощью осевого перемещения неподвижного диска посредством передачи гайки на болтах 14. Зазор между плоскостями пластин вращающихся дисков и противорежущей пластины неподвижных дисков второго и третьего ротора будет поддерживаться в пределах 1-5 мм. Электродвигатель 11 крепится на станине 1 и должен иметь возможность перемещаться по направляющим пазам в случае натяжения ремней или их замены.

Выводы

Изучено влияние основных параметров зерновой массы на процесс измельчения. Выявлены недостатки существующих конструкций измельчителей зерновой массы и предложена бесситовая конструкция трехроторной мельницы, позволяющая совместить процесс смешивания измельченных масс, увеличить производительность и улучшить степень измельчения.

Предложенная конструкция бесситовой трехроторной мельницы соответствует следующим основным требованиям:

Обеспечивается возможность быстрого монтажа и демонтажа основных узлов и деталей.

Обеспечивается возможность регулирования конструктивных и кинематических параметров.

Предусмотрена возможность стабилизации основных параметров, влияющих на процесс измельчения и достижения устойчивых режимов работы.

Предусмотрена возможность контроля рабочих параметров процесса измельчения при помощи простых и надежных устройств (щуп, угломер, тахометр, электронные весы и т.п.). Измельчение материалов сопровождается минимальным пылеобразованием.

Обеспечивается быстрое удаление измельчаемого материала из рабочей зоны мельницы.

Все механизмы измельчителя (двигательные, передаточные и рабочие) выполнены таким образом, чтобы при обработке сырья максимально обеспечивались требуемая степень измельчения, сохранение пищевой и биологической ценности, качества продукта и минимальные потери сырья.

Литература

1. *Василенко В.Н., Остриков А.Н.* Техника и технология экструдированных комбикормов: монография / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2011. – 456 с.
2. *Оспанов А.А.* Технология измельчения пищевых материалов: учебник. – Алматы: "Нур-Принт", 2012. – 248 с.
3. *Оспанов А.А., Омаров К.К., Муслимов Н.Ж. и др.* Основы развития современных комбикормов: научное издание. – Астана: ЦНТИ, 2007. – 171 с.
4. *Оспанов А.А., Остапчук Н.В.* Основы теории и моделирования процессов измельчения пищевого сырья и кормов. – Алматы: "Гылым", 1992. – 244 с.
5. *Оспанов А.А., Глебов Л.А.* Измельчение зерна и продуктов его переработки. – Алматы: "Мектеп", 1998. – 177 с.
6. *Оспанов А.А.* Устройство для измерения составляющих усилия резания // АС СССР № 1490511 от 01.03.1989

7. *Оспанов А.А., Омаров К.К., Муслимов Н.Ж. и др.* Трехроторная мельница // Патент РК № 20115 от 13.03.2007

8. *Резник Н.Е.* Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. – М.: Машиностроение, 1975. – 312 с.

9. *Ялчачик Ф.Е., Ялчачик С.Г., Крыжаковский Н.Л., Кюрчев В.Н.* Кормодробилки: Кострукция, расчет. – Запорожье: Коммунар, 1992. – 290 с.

10. *Сергеев Н.С., Поляков А.А.* Исследование процесса динамического резания зерен злаковых культур при различных углах заточки и защемления режущих инструментов / Совершенствование механизации производственных процессов в животноводстве. Сб. научн. тр. – Челябинск: ЧИМЭСХ, 1990. – С. 20-26.

Оспанов А.А., Калиаскаров М.К., Тимурбекова А.К., Жалелов Д.Б., Бижанов А.Р.

ҚҰРАМА ЖЕМ ӨНЕРКӘСІБІНДЕГІ ШИКІЗАТТЫ МАЙДАЛАУ ҮРДІСІН ЖЕДЕЛДЕТУ

Аңдатпа

Заманауи құрама жем өндірісінде құрама жем сапасына, технологияны жетілдіруге, шикізат номенклатурасын кеңейтуге, өнім ассортиментіне талаптар үздіксіз көтерілуде. Сүт беретін жануарлаға арналған құрама жемге, бағалы құртшабақ балық тұқымдарына, үй жануарларына және басқаларға ерекше талап қойылады. Сондықтан функционалды құрама жем өндірудің әртүрлі жануарлар мен балықтар үшін сәйкестендірілген инновациялық технологиясын жасауға ерекше көңіл бөлінеді.

Кілт сөздер: майдалау үрдісі, құрама жем өнеркәсібі, үрдісті жеделдету, астықты шикізат, минералды шикізат, астықты қоспа, үшроторлы ұнтақтағыш, үрдіс ұзақтығы, үрдіс қуат тұтынуы, астық ылғалдылығы.

Ospanov A., Kaliaskarov M., Timurbekova A., Zhalelov D., Bizhanov A.

INTENSIFICATION OF PROCESS OF CRUSHING OF RAW MATERIALS OF THE COMPOUND FEED INDUSTRY

Annotation

In the modern compound feed industry requirements to quality of compound feeds, improvement of technology continuously raise, the nomenclature of raw materials, the product range extends. Special requirements are imposed to compound feeds of young growth of animal, valuable breeds thresh fishes, pets, etc. Therefore the special attention should be paid to creation of innovative production technologies of the functional compound feeds adapted for various animals and fishes.

Keywords: crushing process, compound feed industry, process intensification, grain raw materials, mineral raw materials, grain mix, three-rotor mill, process duration, process energy consumption, humidity of grain.