

ПРОЦЕССЫ, АППАРАТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 664.734.2

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫХ ДРОБИЛОК УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РОТОРА

В. Г. Харкевич

Рассмотрены и критически проанализированы различные конструктивные решения дробилок ударного действия с вертикальным расположением вала, проведен их сравнительный анализ, выявлен наиболее предпочтительный тип измельчителей для переработки хрупких пищевых материалов средней твердости и мягких, имеющих небольшую влажность и вязкость. Показано, что одной из самых простых и наиболее удачных конструкций многозвенных дробилок ударного действия с вертикальным расположением ротора на сегодняшнее время является двухпорная одноприводная молотковая дробилка.

Введение

Сегодня для измельчения хрупких и вязкопластичных материалов разработано и создано достаточное количество типов измельчителей различных конструкций, однако, как свидетельствуют многочисленные изобретения и авторские патенты, поиски более совершенных конструкций машин, область применения которых довольно широка, постоянно продолжают по причинам:

- громоздкости существующих измельчителей и низкого их коэффициента полезного действия;
- сложности конструкции и обеспечения удобства монтажа, безопасной эксплуатации, обслуживания и ремонта;
- соответствия санитарно-гигиеническим требованиям к процессу измельчения пищевых материалов;
- повышения требований к чистоте продуктов измельчения;
- стремления уменьшить расход энергии и металла на единицу измельченного материала.

Многообразие технологических задач, решаемых с помощью молотковых дробилок, породили различные конструктивные решения, связанные, например, с особенностями конструкции и крепления ротора, привода, ударных и отбойных элементов, загрузочных и разгрузочных устройств и т.п. Также конструктивная особенность современных дробильных установок зависит не только от измельчаемого материала, который может обладать разнообразными свойствами и характеристиками, но и от различных технологических требований, предъявляемых уже к готовому продукту. Поэтому подбор того или иного оборудования является одним из важных этапов и представляет собой

своеобразный компромисс между эффективностью дробления и эксплуатационными качествами машины. Но, как правило, принцип и механизм работы измельчителей схож.

Целью данной работы является анализ наиболее интересных с точки зрения конструкции решений и области предпочтительного применения дробилок ударного действия с вертикальным расположением ротора и экспериментальное подтверждение пригодности и экономической эффективности разработанной новой конструкции измельчителя.

Результаты исследований и их обсуждение

Вертикальная бесситовая дробилка для зерна [1] предназначена для измельчения сыпучих материалов и главным образом для измельчения зерна в комбикормовой промышленности. Данная конструкция позволяет повысить эффективность измельчения и надежность работы дробилки.

Измельчитель [2] используется для измельчения сыпучих материалов в сельском хозяйстве, в промышленности строительных материалов, химической, металлургической, горнорудной, пищевой и других отраслях народного хозяйства. В зависимости от свойств измельчаемого материала применение различных конструктивных решений позволяет повысить качество готового продукта, снизить количество пыли в продуктах дробления, а также уменьшить динамические нагрузки на конструкцию и повысить энергоемкость процесса измельчения. Аналогичную область применения и рассмотренное выше конструктивное решение имеют *дробилка* [3] и *измельчитель* [4]. Основным отличием от [2] у них является измененная конструкция ударных и отбойных элементов.

Центробежная многоступенчатая дробилка [5] предназначена для измельчения и дробления зернистых и сыпучих материалов. Новым в аппарате является установка разгонных лопаток по всей длине бил, наличие вогнутой поверхности у части отбойных пластин, дополнительные цилиндры различных диаметров, охватывающие первые сверху разгонные диски, наличие кольцевого газораспределительного коллектора и сопловых элементов.

Многоступенчатая дробилка [6] относится к устройствам для измельчения сыпучих материалов и может быть использована преимущественно для измельчения зерна. Конструкция данной дробилки позволяет получать качественный помол зерна с минимальными энергозатратами.

Дробилка для фуражного зерна [7] относится к области сельского хозяйства и может быть использована при производстве комбикормов. Данная конструкция позволяет реализовать наиболее эффективный процесс измельчения зерна ударом, обеспечить равномерный помол за счет отбора частиц по мере их образования и исключения воздушно-продуктового слоя на ситовой обечайке, что в свою очередь повышает надежность работы дробилки и снижает удельные затраты энергии.

Молотковая дробилка вертикальная [8] применяется для переработки зернового материала и может быть использована, например, в комбикормовой промышленности. Данная конструкция дробилки достаточно проста. Но в то же время качественное измельчение зернового материала гарантируется благодаря применению износостойких материалов при изготовлении рабочих органов дробилки и установлению дополнительного измельчителя (била), который осуществляет интенсивное просеивание через решето готового продукта вследствие рыхления билом его слоя над решетом.

Приведенный обзор и анализ устройств, используемых для дробления материалов средней твердости и мягких, имеющих небольшую влажность и вязкость, показал, что наиболее широкую область применения получили измельчители с вертикальным расположением вала. Как правило, в сельском хозяйстве они используются для измельчения фуражного зерна, кукурузных початков, жмыха, соломы при приготовлении комбикормов. На таких материалах дробильные установки ударного действия позволяют достигать большой степени измельчения, а простота конструкции, низкая металлоемкость,

возможность изготовления машин большой производительности и удобство обслуживания делают их применение эффективным.

В основу рассмотренных конструкций данных дробилок положен принцип многоярусной дробилки ударного действия с вертикальной осью вращения рабочего органа. Как показывает опыт их эксплуатации, одним из наиболее совершенных способов ударного дробления является применение дробилок с многозвенными ударными элементами (рисунок 1).

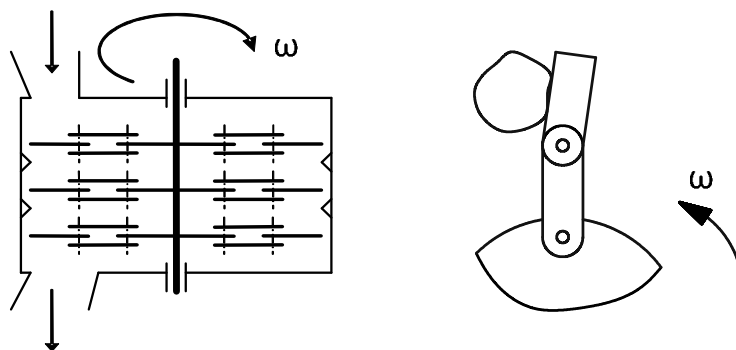


Рисунок 1 – Дробилка с многозвенными ударными элементами

Это объясняется тем, что при случайном попадании в корпус дробилки посторонних предметов (недробимых или трудно дробимых), шарнирная подвеска ударных элементов позволяет избежать заклинивания ротора, а также больших деформаций, что в свою очередь повышает надежность работы. В дробилках же с жестко закрепленными ударными элементами это, наоборот, часто приводит к значительным деформациям и, как следствие, происходит поломка измельчающего оборудования.

Опираясь на опыт и рекомендации других исследователей [9–11], в учреждении образования "Могилевский государственный университет продовольствия" был разработан и спроектирован измельчитель "ИХ-500" для переработки высушенных хлебобулочных изделий в панировочные сухари. Измельчитель имеет ряд оригинальных конструктивных особенностей, обеспечивающих длительную и надежную работу: удобство загрузки и разгрузки, отсутствие вибраций и минимальный уровень шума. Все элементы, находящиеся в контакте с пищевым продуктом, выполнены из нержавеющей стали и по сравнению с аналогами обладают большей долговечностью.

Принцип работы данного измельчителя (рисунок 2) заключается в следующем: вращающий момент передают на вертикальный ротор 5 с закрепленными на нем ударными элементами 6 через привод, состоящий из электродвигателя 9 и ременной передачи 10. Через загрузочный лоток 1 подают обрабатываемый материал, который попадает на грубое предварительное измельчение в верхних рядах ударных элементов 6. Далее частично измельченный продукт под действием гравитационных сил попадает под воздействие ударных элементов 6 последующих рядов. Переработанный продукт, пройдя последовательно все уровни измельчения, продвигается к выгрузной воронке 3. Ударные элементы 6 представляют собой набор шарнирно соединенных пластин различной толщины, что предотвращает жесткое заклинивание измельчаемого материала между концами ударных элементов 6 и стенкой рабочей камеры 4. Для достижения более качественного результата измельчения размер и масса ударных элементов 6 согласовываются с массой и размером измельчаемого куска. Поэтому по мере измельчения исходного куска уменьшается масса ударного элемента 6, а так как количество измельчаемого продукта не изменяется, то по ходу его движения увеличивается количество ударных элементов 6. Установка на роторе 5 дисков 8 и на стенках рабочей камеры 4 отражателей 7 позволяет устранить нежелательный проскок недоизмельченного материала на нижние ряды ударных элементов 6.

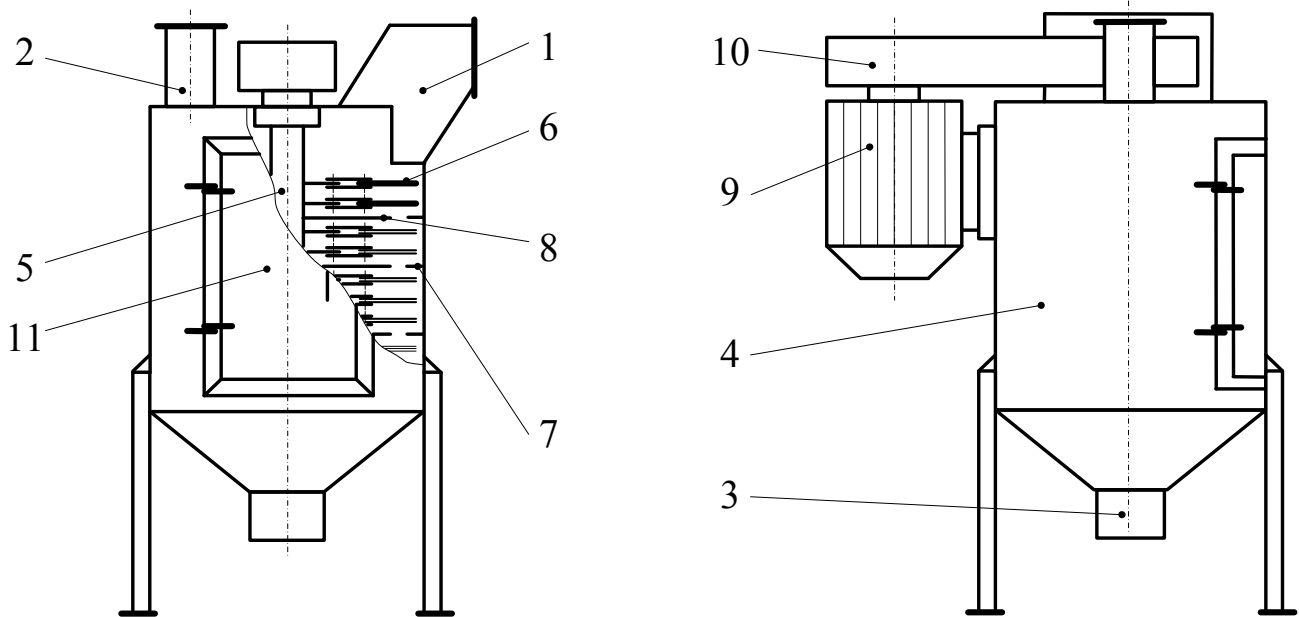


Рисунок 2 – Конструктивная схема измельчителя "ИХ-500"

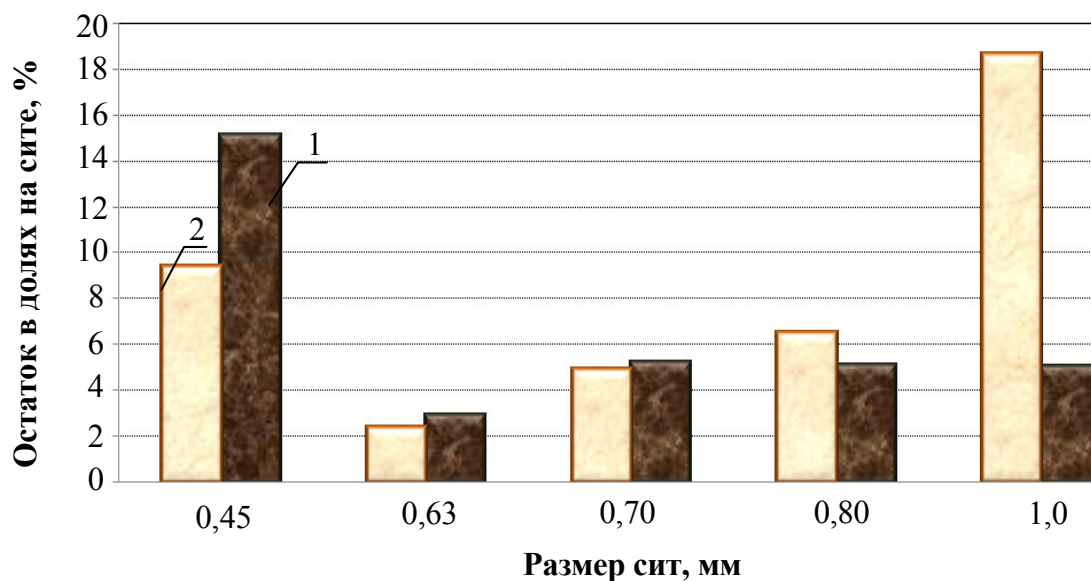
В ходе проведенных предварительных испытаний были приняты рекомендации по настройке, регулировке и эксплуатации измельчителя.

Для данной конструкции с точки зрения исключения пыления и выброса продукта из загрузочного лотка было определено направление вращения вала ротора с закрепленными на нем ударными элементами (билами), взаимное расположение ударных элементов и их количество на верхних трех рядах. Кроме этого была оценена потребляемая мощность, расходуемая на процесс измельчения, производительность и предварительно определен фракционный состав готового продукта.

В процессе испытаний в качестве измельчаемого продукта использовали частично высушенные хлебобулочные изделия из ржаной и пшеничной муки с влажностью 10,9 % и 17,3 % и размерами исходного продукта 300×150×80 мм и 250×110×65 мм соответственно. Результаты данного процесса измельчения представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1 – Характеристики процесса измельчения

Наименование показателя	Влажность измельчаемого продукта	
	хлебобулочные изделия из ржаной муки, 10,9 %	хлебобулочные изделия из пшеничной муки, 17,3 %
Производительность по готовому порошку, кг/ч	480	310
Потребляемая мощность в рабочем режиме, кВт	5,8...6,4	5,2...5,8
Сила тока в холостом режиме, А	7...7,5	7...7,5
Сила тока в рабочем режиме, А	10...11	9...10



- 1 - хлебобулочные изделия из ржаной муки с влажностью 10,9 %
 2 - хлебобулочные изделия из пшеничной муки с влажностью 17,3 %

Рисунок 3 – Диаграмма фракционного анализа продуктов помола

С целью установления влияния влажности окружающей среды на содержание влаги в готовом продукте на данном промышленном образце, установленном в помещении с повышенной влажностью, был проведен эксперимент по измельчению дополнительно подсушенных хлебобулочных изделий из пшеничной муки.

Эксперимент проводили при начальной влажности исходного продукта 5,9 %. Размер исходного продукта составлял 250×110×65 мм. Производительность определялась количеством сырья и составила 200 кг/ч. Потребляемая мощность в рабочем режиме – 5,2...5,5 кВт. В процессе проведения эксперимента был выявлен факт увеличения влажности готового продукта, которая составила после процесса измельчения 8,4 %. Это объясняется тем, что происходит сорбция паров влаги из воздуха, поступающего внутрь аппарата в процессе измельчения, что соответственно приводит к увлажнению готового продукта. Увеличение содержания влаги в готовом продукте свидетельствует о том, что измельчитель должен быть установлен в помещении с пониженным содержанием влаги в окружающем воздухе. Результаты фракционного анализа продуктов помола представлены на рисунке 4.

В процессе проведения испытаний налипания продукта внутри измельчителя и на его рабочих элементах не обнаружено. Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности применения измельчителя хлеба "ИХ-500" для вторичной переработки высушенных хлебобулочных изделий с целью получения панировочных сухарей.

Механизм разрушения, создаваемый в рабочей камере данного измельчения, основан на соударении частиц с твердой поверхностью (за счет удара по материалу бил и от вторичных ударов кусков частиц о стенки корпуса) или с летящей навстречу частицей, то есть – на свободном ударном разрушении.

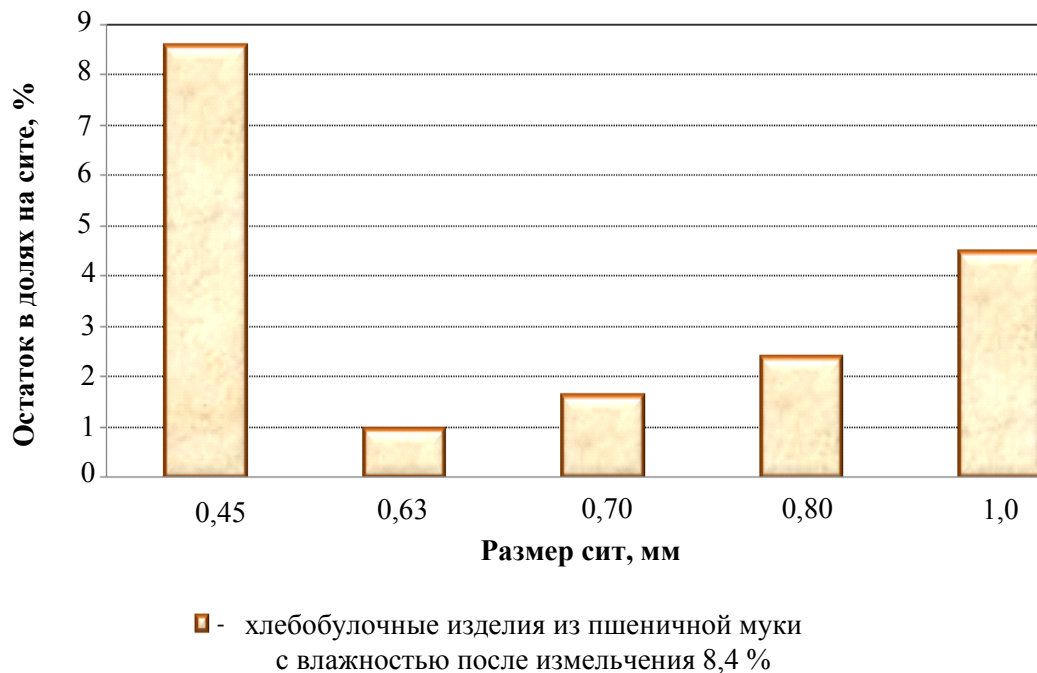


Рисунок 4 – Диаграмма фракционного анализа продуктов помола, полученные в помещении с повышенной влажностью

Несмотря на конструктивную простоту в камере дробилки ударного действия протекают довольно сложные процессы. Одновременно осуществляется дробление материала и движение его вниз до места выгрузки, скорость и направление движения частиц материала в которой зависят от многих факторов: формы и размера частиц; физико-механических свойств материала; положения частицы относительно ударного элемента в момент удара и др. На результаты дробления оказывают влияние также влажность, условия подачи исходного материала и его крупность. Кроме этого на характер движения частиц материала в камере дробилки оказывает существенное влияние износ рабочих ударных элементов. Таким образом, спектр случайных воздействий при измельчении материала в камере дробилки весьма обширен.

Заключение

Показано, что дробилки ударного действия с вертикальным расположением вала являются перспективным видом технологического оборудования для переработки материалов средней твердости и мягких, имеющих небольшую влажность и вязкость. Выявлено, что конструкции ударных элементов с шарнирным креплением являются элементами самонастраивающейся системы, то есть обладают адаптивным действием, что означает их невосприимчивость к случайным негативным внешним воздействиям. Экспериментально была подтверждена пригодность и экономическая эффективность разработанной конструкции измельчителя для переработки высушенных хлебобулочных изделий из ржаной и пшеничной муки высшего сорта при производстве панировочных сухарей.

Литература

1 Вертикальная бесситовая дробилка для зерна: пат. 2021854 РФ, МПК7 В 02 С 13/16 / А.А. Хитов, Н.В. Хитова; заявитель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – № а 4939275/13; заявл. 24.05.91; опубл. 30.10.94.

- 2 Измельчитель: пат. 2052291 РФ, МПК7 В 02 С 13/16 / Л.А. Сиваченко, Н.Г. Селезнев, В.А. Шуляк, М.В. Лещева, В.Н. Башаримова; заявитель Научно-технический кооператив "Млын". – № а 5047857/33; заявл. 15.06.92; опубл. 20.01.96 // Бюл. изобретений – 1996. – № 6.
- 3 Дробилка: пат. 2057584 РФ, МПК7 В 02 С 13/02 / Н.Г. Селезнев, В.А. Шуляк, Л.А. Сиваченко, В.Н. Башаримова; заявитель Научно-технический кооператив "Млын". – № а 5014181/33; заявл. 02.12.91; опубл. 10.04.96.
- 4 Измельчитель: пат. 2072262 РФ, МПК7 В 02 С 13/14 / Л.А. Сиваченко, Н.Г. Селезнев, В.А. Шуляк, М.В. Лещева, В.Н. Башаримова; заявитель Научно-технический кооператив "Млын". – № а 92013763/33; заявл. 23.12.92; опубл. 27.01.97.
- 5 Центробежная многоступенчатая дробилка: пат. 2053021 РФ, МПК7 В 02 С 13/14 / О.Л. Черных, С.В. Суханов, В.В. Давыдов; заявитель Малая инновационная фирма "Реал-ВОИР". – № а 93041405/33; заявл. 18.08.93; опубл. 27.01.96.
- 6 Многоступенчатая дробилка: пат. 2166368 РФ, МПК7 В 02 С 13/14 / В.Р. Алешкин, Н.Ф. Баранов, М.С. Поярков, В.Н. Шулятьев; заявитель Вятская государственная сельскохозяйственная академия. – № а 99109165/13; заявл. 26.04.99; опубл. 20.03.01.
- 7 Дробилка для фуражного зерна: пат. 2209119 РФ, МПК7 В 02 С 13/14 / В.И. Сыроватка, А.С. Комарчук; заявитель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации животноводства. – № а 2001112717/13; заявл. 08.05.01; опубл. 27.07.03.
- 8 Молотковая дробилка вертикальная: пат. 53688 Украины, МПК7 В 02 С 13/16 / В.Я. Рубан; заявитель Рубан Владимир Яковлевич. – № а 99084689; заявл. 17.08.99; опубл. 15.02.03 // Официальный бюллетень "Промислова власність" / Книга 1 – 2003. – № 2.
- 9 Абушкевич, А.А. Энергосберегающий помольный комплекс для цементного клинкера на основе роторно-цепного предизмельчителя и трубной мельницы: дис. канд. техн. наук: 05.02.13 / А.А. Абушкевич. – Белгород, 2000. – 145 л.
- 10 Береснев, В.В. Обоснование основных параметров роторно-цепной дробилки: дис. канд. техн. наук: 05.05.04 / В.В. Береснев. – Могилев, 2000. – 141 л.
- 11 Михальков, Д.В. Обоснование параметров дробилки ударного действия для получения материалов узкофракционного гранулометрического состава: дис. канд. техн. наук: 05.05.04 / Д.В. Михальков. – Могилев, 2003. – 186 л.

Поступила в редакцию 10.11.2017