

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО-МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ В ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ И ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Т.А. Толмачева, В.Н. Николаев

В статье указана необходимость разработки нового энергосберегающего оборудования, использующего механодинамический процесс, кратко представлена классификация оборудования для измельчения пищевого сырья и проведен анализ основных измельчителей. На основе проведенного анализа научных исследований эффективных конструкций измельчителей различных пищевых сыпучих материалов предложена новая функциональная схема роторно-молотковой дробилки для измельчения растительного сырья и получения требуемого равномерного гранулометрического состава сыпучих материалов. Особенностью данной конструкции роторно-молотковой дробилки является применение двухступенчатой схемы рабочих органов измельчения. Принцип действия первой ступени основан на способе резания и скалывания, а второй – на свободном ударе. Роторно-молотковая дробилка сыпучих материалов состоит из корпуса с горизонтально расположенной камерой измельчения, ротора и привода. Первая ступень измельчения образована концентрично установленными нижним и верхним кольцевыми выступами, имеющими сквозные радиальные пазы-каналы. Ротор состоит из приводного вала, на котором установлен нижний диск с кольцевыми выступами и разгонными лопастями. На конце каждой разгонной лопасти шарнирно закреплены молотки. На верхнем диске по периферии установлены выбросные лопатки. По окружности камеры измельчения к корпусу закреплены решета и рифленые деки, которые выполнены съемными, сборными, составными, в виде последовательно чередующихся секций. Решета и деки образуют кольцо камеры измельчения. Ротор может вращаться как в одну, так и в другую сторону, благодаря чему происходит равномерный износ органов измельчения и осуществляется отвод измельченного материала через разные патрубки. Изложены результаты исследований рабочих параметров, которые были определены экспериментально. Технико-экономический эффект достигается за счет получения требуемого однородного гранулометрического состава готового продукта, при низкой энергоемкости процесса, которая составляет 3,8...4,0 кВт*ч на 1 т готового продукта, что значительно ниже расхода электроэнергии других молотковых дробилок.

Ключевые слова: измельчение, сыпучий материал, измельчители, дробилка, мол, гранулометрический состав.

Постоянная модернизация и техническое перевооружение предприятий зерноперерабатывающей и хлебопекарной промышленности создают необходимые предпосылки для роста эффективности хозяйственной деятельности в отраслях агропромышленного комплекса. Новое оборудование на предприятиях – путь для внедрения прогрессивных технологий, создания условий для комплексной автоматизации производства, роста производительности труда, экономии сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов, повышения квалификации работников, более полного удовлетворения спроса населения в высококачественных продуктах питания из растительного сырья.

На пищевых и перерабатывающих предприятиях растёт востребованность в много-

функциональном и энергосберегающем оборудовании. В процессе измельчения исходного сырья для получения полуфабрикатов и в дальнейшем их использования в производстве готовой продукции надлежащего качества широко применяются в пищевой и зерноперерабатывающей промышленности различные конструкции дробилок [1–5]. Они используются для приготовления пищевых смесей, состоящих из дробленого зерна, бобов, кристаллического сахара и других компонентов.

В настоящее время при переработке сельскохозяйственного сырья широкое применение нашло оборудование, использующее механодинамический процесс, который подразумевает непосредственное механическое воздействие твердых тел на обрабатываемую среду и в ней содержащиеся частицы. Меха-

Технологические процессы и оборудование

нические воздействия на вещества могут считаться традиционным средством переработки растительного сырья и классификации оборудования, сконструированного на основе механо-динамического процесса, виды оборудования представлены на рис. 1 [1].

В классификации представлено оборудование, используемое при переработке сырья как растительного, так и животного происхождения:

- вальцовые станки применяются при помоле пшеницы в муку, величина зазора между вальцами от 0,15 мм и больше;
- дробилки различных видов предназначены для измельчения пищевого растительного сырья до малых размеров частиц, как правило, не более 12–20 мкм;
- мельницы служат для измельчения различных пищевых продуктов в порошок;
- плющильные машины предназначены для плющения круп и зернобобовых после варки и сушки, после чего толщина хлопьев составляет 0,3–1,5 мм;
- резательные машины используются для измельчения различных видов корнеплодов на куски и пищевых продуктов на столбики и кружки размером от 5 мм и больше;
- мясорубки используются при переработке сырья животного происхождения и предназначены для его тонкого измельчения с диаметрами отверстий на выходной решетке от 3 до 5 мм;

– гомогенизаторы предназначены для получения тонкоизмельченного однородного продукта, проходное рабочее отверстие которых имеет высоту от 0,05 до 2,5 мм в зависимости от конструкции гомогенизатора.

Процесс измельчения – это энергоемкая и трудоемкая операция, зависящая от множества факторов. Основными машинами, применяемыми в производстве для измельчения зерна, являются молотковые дробилки. Проведенный анализ дробилок такого типа показал, что некоторые из них, соответствуя предъявляемым требованиям по качеству помола, имеют большие габариты и потребляемую мощность, высокую стоимость, что сказывается в нецелесообразности применения их в производстве небольших предприятий, другие же совсем не удовлетворяют требуемому гранулометрическому составу измельченной массы.

На основании проведенного анализа научных исследований эффективных конструкций измельчителей различных пищевых, сыпучих материалов [6–9], нами предлагается функциональная схема двухступенчатой роторно-молотковой дробилки (рис. 2).

Первая ступень дробилки заимствована у измельчителей ИЛС (разработка Леонтьева П.И. и Сергеева Н.С., кафедра ТМЖ ЧГАА) [7], а вторая ступень – у измельчителя сыпучих материалов [10]. Принцип действия первой ступени основан на способе резания и скалывания, а второй – на свободном ударе.



Рис. 1. Классификация оборудования для измельчения пищевого сырья

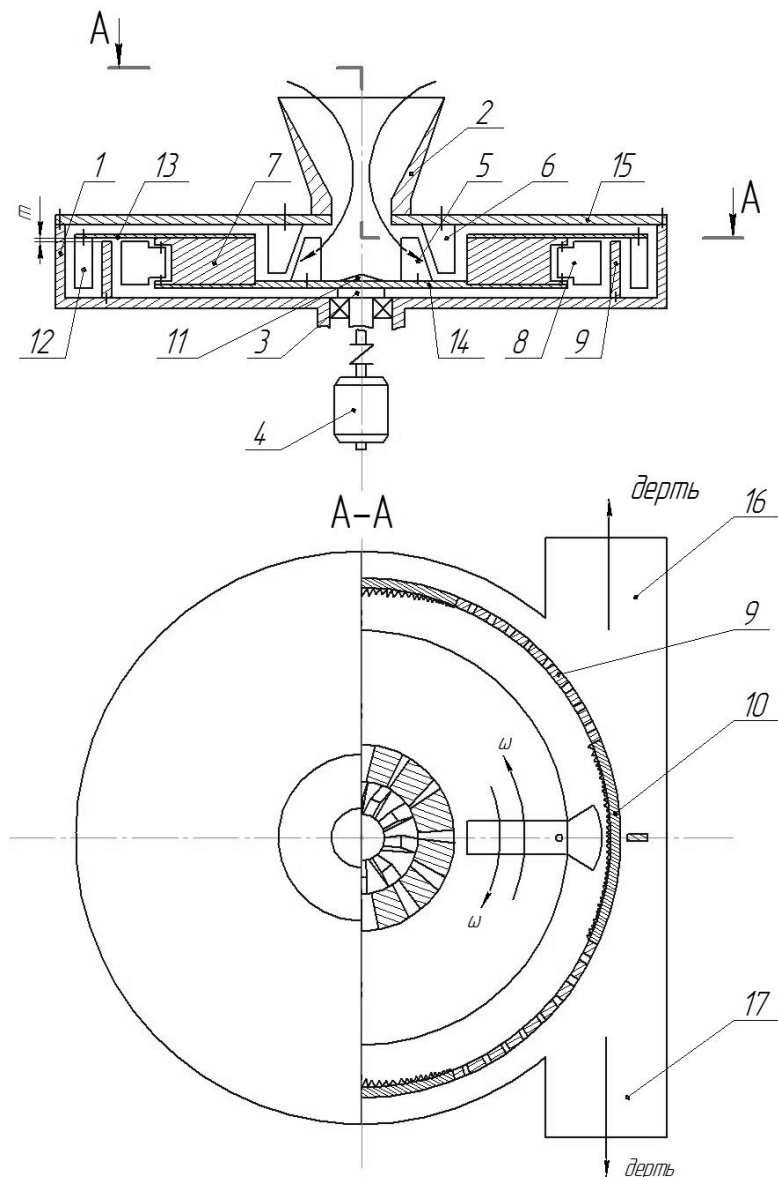


Рис. 2. Функциональная схема двухступенчатой роторно-молотковой дробилки: 1 – корпус; 2 – загрузочный бункер; 3 – ротор; 4 – привод; 5 – нижний кольцевой выступ; 6 – верхний кольцевой выступ; 7 – разгонные лопасти; 8 – молотки; 9 – решетка; 10 – рифленые деки; 11 – распределительный конус; 12 – выбросные лопасти; 13 – верхний диск; 14 – нижний диск; 15 – крышка, 16, 17 – выбросные патрубки

Роторно-молотковая дробилка сыпучих материалов состоит из корпуса 1 с горизонтально расположенной камерой измельчения, ротора 3 и привода 4. Первая ступень измельчения образована концентрично установленными нижним 5 и верхним 6 кольцевыми выступами, имеющими сквозные радиальные пазы-каналы. Внутри камеры измельчения на крышке 15 корпуса 1 установлен неподвижный рабочий орган – кольцевой выступ 6. Ротор 3 состоит из приводного вала, на котором установлен нижний диск 14. На нижнем диске

14 закреплены кольцевые выступы 5 и разгонные лопасти 7, к этим лопастям сверху закреплен верхний диск 13. На конце каждой разгонной лопасти 7 шарнирно закреплены молотки 8. На верхнем диске 13 по периферии установлены выбросные лопасти 12, находящиеся за кольцом камеры измельчения. По окружности камеры измельчения к корпусу закреплены решетка 9 и рифленые деки 10, которые выполнены съемными, сборными, составными, в виде последовательно чередующихся секций. Решетка 9 и деки 10 образуют

кольцо камеры измельчения. Между верхним диском 13, решетками 9 и деками 10 имеется зазор t для беспрепятственного вращения диска, который меньше или равен модулю помола зерна. Сверху ротора 3 установлен распределительный конус 11, причем диаметр основания конуса меньше диаметра внутреннего отверстия верхнего диска 13. Корпус 1 имеет крышку 15, загрузочный бункер 2 и два выпускных патрубка 16, 17. Ротор 3 может вращаться как в одну, так и в другую сторону, благодаря чему происходит равномерный износ органов измельчения и осуществляется отвод измельченного материала через разные патрубки.

Технологический процесс заключается в следующем. Сыпучий материал, например, зерно, поступающее в камеру измельчения через загрузочный бункер 2, подается в пространство между кольцевыми выступами 5 и 6, имеющими сквозные радиальные пазы-каналы. Проходя под действием центробежных сил по радиальным сквозным пазам смежных кольцевых выступов, зерно измельчается посредством среза и скалывания со скольжением кромками кольцевых выступов 5 и 6. Измельчаемое зерно, подвергшись воздействию на первой ступени, подхватывается разгонными лопастями 7, на которых закреплены билы 8, и за счет центробежных сил отбрасывается к рифленным декам 10 и решетку 9 в зону второй ступени измельчения. В зоне второй ступени измельчения под воздействием активных органов измельчения бил 8, и пассивных – дек 10 и решет 9, происходит разрушение и измельчение материала. Измельченный материал за счет создаваемого воздушного потока разгонными лопастями 7 и центробежных сил проходит через отверстия решета 9 и попадает к выбросным лопаткам 12. Затем под действием выбросных лопаток 12 измельченный материал перемещается к тангенциально установленным к корпусу 1 выбросным патрубкам 16, 17.

Модуль помола регулируют с помощью сменной секции решета 9, выполненной с отверстиями в соответствии с требуемым гранулометрическим составом. Благодаря наличию разгонных лопастей 7, вращающихся с большой скоростью, в камере измельчения создается разрежение, способствующее засасыванию материала в камеру измельчения. Это позволяет засасывать материал для измельчения через гибкий материалопровод из буртов или других емкостей.

Особенность работы патрубков 16, 17 у данного устройства для измельчения фуражного зерна заключается в следующем: при вращении ротора 3 по часовой стрелке, зерно, попав в камеру измельчения, воздушным потоком и центробежными силами направляется в зону измельчения. Измельченный материал, прошедший через решето 9, увлекается во вращательное движение по часовой стрелке воздушным потоком, который создается выбросными лопатками 12, вращающимися в ту же сторону, что и ротор 3. При вращении ротора по часовой стрелке отвод материала осуществляется только через патрубок 17. При вращении ротора в противоположном направлении происходит отвод материала через патрубок 16.

Предлагаемая дробилка проста по устройству. Привод ротора 3 не нуждается в применении специального редуктора.

В экспериментальной установке дробилки измельчали ячмень, пшеницу и овес с влажностью, не превышающей 14 %. При частоте вращения ротора 2880 мин^{-1} производительность дробилки в зависимости от величины открытия заслонки загрузочного бункера составила $0,1 \dots 1 \text{ т/ч}$.

Технико-экономический эффект достигается за счет получения требуемого однородного гранулометрического состава готового продукта, при низкой энергоемкости процесса, которая составляет $3,8 \dots 4,0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на 1 т готового продукта, что значительно ниже расхода электроэнергии других молотковых дробилок.

Анализ научной технической литературы и выполненные патентные исследования показали, что использование двухступенчатой роторно-молотковой дробилки для переработки растительного сырья имеет большое будущее, и расширение научно-исследовательских работ в этом направлении позволит ускорить инновационное развитие пищевой отрасли.

На основании выполненной работы можно сделать следующие выводы:

- использование двухступенчатой роторно-молотковой дробилки позволяет производить переработку растительного сырья, получая сверхмелкодисперсную величину частиц продукта.

- метод переработки растительного сырья с использованием двухступенчатой роторно-молотковой дробилки при конструировании технологического оборудования имеет преимущество перед остальными, как наиболее перспективный для производства.

Литература

1. Мачихин, В.Б. Машины и оборудование пищевой и перерабатывающей промышленности: Т. IV-17 / С.А. Мачихин, В.Б. Акопян, С.Т. Антипов и др.; под ред. С.А. Мачихина. – 2003. – 736 с.
2. Кукта, Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.: ил.
3. Кулаковский, В.И. Машины и оборудование для приготовления кормов: справочник / В.И. Кулаковский, Ф.С. Киртчников, Н.Е. Резник. – М.: Россельхозиздат, 1987. – Ч. 2. – 285 с.
4. Жислин, Я.М. Оборудование для производства комбикормов, обогатительных смесей и премиксов / Я.М. Жислин. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1981. – 319 с., ил.
5. Демский, А.Б. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов. Справочник. / А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 769 с.
6. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – Л.: Колос. Ленинградское отделение, 1978. – 560 с.
7. Сергеев, Н.С. Центробежно-роторные измельчители фуражного зерна: дис. ... д-ра техн. наук / Н.С. Сергеев. – Челябинск, 2008. – 315 с.
8. Жуков, В.П. Обобщенное уравнение преобразования гранулометрического состава материалов в размольно-классифицирующих системах произвольной структуры / В.П. Жуков // Разработка теории конструктивного оформления процессов тонкого измельчения, классификации, сушки и смешения материалов. Межвузовский сборник научных трудов. – Иваново, 1988. – С. 22–25.
9. Клушанцев, Б.В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б.В. Клушанцев, А.И. Косарев, Ю.А. Муйземенек. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
10. Патент РФ № 2414303. Устройство для измельчения сыпучих материалов / В.Н. Николаев, Е.В. Зязев, Э.Н. Гайнуллин. – Оpubл. в Б.И. № 8, 2011.

Толмачева Татьяна Анатольевна. Кандидат биологических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии пищевых производств», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), tolmacheva-tat@mail.ru

Николаев Владислав Николаевич. Доцент кафедры «Оборудование и технологии пищевых производств», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск).

Поступила в печать 10 августа 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University
Series "Food and Biotechnology"
2014, vol. 2, no. 3, pp. 47–52**

FEATURES OF ROTOR HAMMER GRINDER APPLICATION IN CEREAL-PROCESSING AND BAKING INDUSTRY

T.A. Tolmacheva, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
V.N. Nikolaev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The article deals with the necessity to develop new energy consuming equipment with mechanical and dynamic process, the classification of equipment to grind food raw material is given, the analysis of basic choppers is performed. On the basis of analysis of scientific research of efficient grinders for different food granular materials new functional scheme for rotor hammer grinder to chop plant raw material and obtain sustainable granular content of granular materials is given. The peculiar feature of this equipment is the use of two-stage configuration of operating units of chopping. Operational principle of the first stage is

based on cutting and shearing method, the second one is connected with a free blow. It consists of the unit with horizontal grinding chamber, a rotor and a drive. The first stage of grinding is formed with concentric lower and upper collars with end-to-end radial channels. The rotor consists of a drive shaft with the lower disc with collar and starting blades. Starting blades have jointed hammers. Upper disc has peripheral outtake blades. Grinding chamber has peripheral screens and riffled deck plates which are made of dismountable components in the form of consequent alternate sections. Screens and deck plates form the ring of grinding chamber. Rotor can rotate to one or another side due to which there is regular wear of grinding components, removal of grinding material is performed through different branch pipes. The results of analysis of operation parameters which are determined experimentally are given. Technical and economic effect is reached by means of even textural content of the product at low energy consumption which is 3.8 ... 4.0 KW per hour per 1 ton of the product which is less in energy consumption in comparison with hammer grinders.

Keywords: grinding, granular material, choppers, grinder, grinding, granulometric composition.

References

1. Machikhin V.B., Akopyan V.B., Antipov S.T. et al. *Mashiny i oborudovanie pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti* [Mechanisms and Equipment of Food and Process Industry]. Vol. IV-17. 2003. 736 p.
2. Kukta G.M. *Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov* [Mechanisms and Equipment for Feed Production]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987. 303 p.
3. Kulakovskiy V.I., Kirpichnikov F.S., Reznik N.E. *Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov: Spravochnik* [Mechanisms and Equipment for Feed Production: Reference Book]. Pt. 2. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1987. 285 p.
4. Zhislin Ya.M. *Oborudovanie dlya proizvodstva kombikormov, obogatitel'nykh smesey i premiksov* [Equipment for Combined Feed, Enrichment Mixture and Admixtures Production]. 2nd ed. Moscow, Kolos Publ., 1981. 319 p.
5. Demskiy A.B., Veden'ev V.F. *Oborudovanie dlya proizvodstva muki, krupy i kombikormov: spravochnik* [Equipment for Powder, Crops and Combined Feed Production: Reference Book]. Moscow, DeLi print Publ., 2005. 769 p.
6. Mel'nikov S.V. *Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskikh ferm* [Mechanization and Automation of Livestock Farm]. Leningrad, Kolos. Leningradskoe otdelenie Publ., 1978. 560 p.
7. Sergeev N.S. *Tsentrobezhno-rotornyye izmel'chiteli furazhnogo zerna*: Diss. ...dokt. tekhn. nauk [Centrifugal Rotor Grinders for Feeder Grain]. Chelyabinsk, 2008. 315 p.
8. Zhukov V.P. [Extended Equation of Transformation of Granulometric Content of Materials into Grinding and Classifying Systems of a Free Structure]. *Razrabotka teorii konstruktivnogo oformleniya protsessov tonkogo izmel'cheniya, klassifikatsii, sushki i smesheniya materialov. Mezhdvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov* [Development of a Theory of Design of Processes of thin Grinding, Classification, Drying and Mixing of Substances. Educational Collected Works]. Ivanovo, 1988, pp. 22–25. (in Russ.)
9. Klushantsev B.V., Kosarev A.I., Muzyzemenek Yu.A. Drobilki. *Konstruktsiya, raschet, osobennosti ekspluatatsii* [Grinders. Mechanism, Calculation, Features of Application]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990. 320 p.
10. Nikolaev V.N., Zyazev E.V., Gaynullin E.N. Patent RF № 2414303. *Ustroystvo dlya izmel'cheniya sypuchikh materialov* [Patent of the Russian Federation 2414303. Mechanism for Granular Substances Grinding. Published], no. 8, 2011.

Tatiana Anatolievna Tolmacheva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department “Equipment and technology of food production”, South Ural State University (Chelyabinsk), tolmacheva-tat@mail.ru.

Vladislav Nikolaevich Nikolaev, Associate Professor of the Department “Equipment and technology of food production”, South Ural State University (Chelyabinsk).

Received 10 August 2014