

Никита Андреевич Храмовских

Красноярский государственный аграрный университет, аспирант кафедры технологии, оборудования бродильных и пищевых производств, Красноярск, Россия

E-mail: xramowskix@yandex.ru

Виктор Николаевич Невзоров

Красноярский государственный аграрный университет, заведующий кафедрой технологии, оборудования бродильных и пищевых производств, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Красноярск, Россия

E-mail: nevzorov1945@mail.ru

Игорь Викторович Мацкевич

Красноярский государственный аграрный университет, доцент кафедры технологии, оборудования бродильных и пищевых производств, кандидат технических наук, доцент, Красноярск, Россия

E-mail: imatskevichv@mail.ru

Марина Анатольевна Янова

Красноярский государственный аграрный университет, доцент кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Красноярск, Россия

E-mail: yanova.m@mail.ru

Александр Иннокентьевич Машанов

Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры технологии консервирования и пищевой биотехнологии, доктор биологических наук, профессор, Красноярск, Россия

E-mail: fppp@kgau.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДРОБЛЕНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Приведены результаты исследования по модернизации технологии дробления зерна. Основным недостатком существующих молотковых дробилок является низкая эффективность, повышенная металлоемкость и энергопотребление. Проведенные исследования показали, что при измельчении зерна ударом молотков в дробилке получают фракции, неравномерные по размерам. Полученные результаты послужили основой разработки машины для дробления зерна (патент Российской Федерации № 2742055 «Устройство для дробления зерна»). Новизна данного изобретения заключается в качестве дробления и выхода продукта при многократном ударном воздействии на него сферических ударников с последующим воздействием измельчающих ножей. Представлены результаты испытания опытной лабораторной установки в сравнении с серийно выпускаемой дробилкой для зерна. Разработанная конструкция позволяет наносить точечные удары по зерновке пшеницы, в результате получают ровные частицы крупы. Применение нового оборудования позволило разработать усовершенствованную технологическую схему получения дробленой пшеничной крупы, исключающей ряд технологических операций. В процессе работы были исследованы процессы дробления зерна пшеницы по существующим технологиям и с применением разработанного устройства. По результатам научных исследований и инженерного поиска была разработана усовершенствованная технология дробления зерна, которая состоит из последовательных операций: сортирование перед шелушением, шелушение, сортирование продуктов шелушения, дробление, сортирование продуктов дробления, шлифование, полирование, контроль дробленой крупы. Применение разработанной технологии позволит повысить эффективность работы технологической линии и качество дробленого продукта.

Ключевые слова: модернизация технологии, дробление зерна пшеницы, молотковая дробилка, патент РФ.

Nikita A. Khramovskikh

Krasnoyarsk State Agrarian University, Postgraduate student at the Department of Technology, Equipment for Fermentation and Food Production, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: xramowskix@yandex.ru

Victor N. Nevzorov

Krasnoyarsk State Agrarian University, Head of the Department of Technology, Equipment for Fermentation and Food Production, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: nevzorov1945@mail.ru

Igor V. Matskevich

Krasnoyarsk State Agrarian University, Associate Professor at the Department of Technology, Equipment for Fermentation and Food Production, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: imatskevichv@mail.ru

Marina A. Yanova

Krasnoyarsk State Agrarian University, Associate Professor at the Department of Commodity Science and Quality Management of Agricultural Products, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: yanova.m@mail.ru

Alexander I. Mashanov

Krasnoyarsk State Agrarian University, Professor at the Department of Canning Technology and Food Biotechnology, Doctor of Biological Sciences, Professor, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: fppp@kgau.ru

WHEAT GRAIN CRUSHING TECHNOLOGY MODERNIZATION

The paper presents the results of the modernization of grain crushing technology. The main disadvantage of existing hammer crushers is low efficiency, increased metal consumption and energy consumption. The studies conducted have shown that when grinding grain with a blow of hammers in a crusher, fractions that are obtained that are uneven in size. The results obtained served as the basis for the development of a machine for crushing grain (patent of the Russian Federation No. 2742055 "Device for crushing grain"). The novelty of this invention lies in the quality of crushing and the yield of the product with repeated impact of spherical strikers on it, followed by the impact of grinding knives. The results of testing a pilot laboratory unit in comparison with a serially produced grain crusher are presented. The developed design makes it possible to inflict pinpoint impacts on the grain of wheat; as a result, even grain particles are obtained. The use of new equipment made it possible to develop an improved technological scheme for obtaining crushed wheat groats, excluding a number of technological operations. In the course of work, the processes of crushing wheat grain were studied using existing technologies and using the developed device. Based on the results of scientific research and engineering research, an improved technology of grain crushing has been developed, which consists of sequential operations: sorting before hulling, hulling, sorting hulling products, crushing, sorting crushing products, grinding, polishing, control of crushed cereals. Application of the developed technology will improve the efficiency of the technological line and the quality of the crushed product.

Key words: *modernization of technology, crushing of wheat grain, hammer crusher, RF patent.*

Введение. Одним из основных продуктов питания человека является крупа. Она является сырьем для большинства отраслей промышленности, а также кормом для животных. Зерновые культуры делятся на два вида: хлебные и зернобобовые. К хлебным относятся: пшеница, рис, овес, рожь, ячмень, кукуруза и другие, в то время

как к зернобобовым относятся горох, стручковая фасоль, соя и арахис. Зерно хлебных зерновых культур содержит много углеводов, а бобовых – много белка [1]. Зерно пшеницы является важнейшей культурой в хозяйственной деятельности человека. По сбору зерновых культур Красноярский край является лидером в Сибирском регио-

не. По данным Министерства сельского хозяйства и торговли Красноярского края, в 2020 г. на территории региона урожайность зерновых и бобовых культур составила 2,786 млн тонн зерна, что является рекордным за последние 26 лет. Это почти на 400 тонн больше, чем в 2019 г. [2]. Важными направлениями по переработке зерновых культур являются мукомольная, крупяная и комбикормовая отрасли. Одним из основных технологических процессов, влияющих на качество готовой крупы и комбикормов, является дробление. Разработка новых универсальных технологических линий, в том числе энергосберегающего оборудования, является актуальной задачей для зерноперерабатывающих отраслей. Выполненные научные исследования направлены на совершенствование технологии, а также на создание малогабаритного и ресурсосберегающего оборудования для фермерских хозяйств.

Цель исследований. Совершенствование технологии дробления зерна пшеницы на основе новой конструкции молотковой дробилки.

Задачи исследований:

1) провести патентный поиск для выбора прототипа и аналога, используемых при разработке технического решения молотковой дробилки;

2) изучить технологию дробления зерна пшеницы и разработать усовершенствованную технологическую схему получения дробленой пшеничной крупы.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования является процесс дробления зерна пшеницы с использованием малогабаритного и ресурсосберегающего оборудования [3, 4].

Патентные исследования проводились согласно ГОСТ Р 15.0.11-96 «Патентные исследования. Система разработки и постановки продукции на производство» в информационной базе Федерального института интеллектуальной собственности, что позволило определить аналог и прототип для разработки новой ресурсосберегающей установки для дробления зерна пшеницы [5].

Результаты исследований и их обсуждение. В мукомольной, а также крупяной промышленности широкое применение получили вальцовые станки, а в комбикормовой – молотковые дробилки. Для крупного дробления молотковые дробилки не эффективны, когда это связано с тем, чтобы выделить и сохранить зародыш для

использования в фармакологии, а также в масложировом производстве. Несмотря на разнообразие измельчающих устройств, в настоящее время происходит поиск решений по модернизации и созданию новых образцов машин для дробления.

Одним из примеров является предложение по использованию нового устройства для дробления зерна [6].

Устройство для дробления зерна включает: корпус, загрузочное и выходное отверстия, рабочие органы дробления. В корпусе установлен подвижный барабан, внутри которого размещены приводной вал с кулачками на его поверхности и толкатели. Толкатели на одном конце имеют нажимную пятю для контакта с кулачком, а на другом – полусферный ударник для взаимодействия с внутренней поверхностью корпуса и зерном, находящимся между полусферным ударником и корпусом. При этом нижняя часть корпуса может быть выполнена в форме конуса, а на приводном валу в нижней части может быть установлен набор ножей. Набор ножей может иметь форму конуса. Устройство для дробления зерна обеспечивает повышение качества дробления и выхода продукта за счет многократного ударного воздействия на зерно сферическими ударниками и последующего воздействия на него измельчающих ножей [6].

Патентные исследования и анализ научно-технической литературы показали, что молотковые дробилки имеют разные конструкции, а также рабочие органы, такие как вращающийся ротор с молотками, измельчающая камера из прочного решета, рифленая дека.

Известна зерновая дробилка, включающая вертикально установленный корпус с отверстиями для загрузки и выгрузки, ротор и цилиндрическую ситовую обечайку (патент РФ № 2159535 А01F 29/00) [7]. При работе такой дробилки при измельчении зерновых продуктов происходит налипание измельчаемого продукта на ситовую обечайку, что приводит к получению готового продукта, который будет отличаться большой неравномерностью по гранулометрическому составу.

Известна дробилка (SU а.с. 1750723, В02С 13/20, 1992 г.) [8], содержащая корпус с цилиндрической декой, загрузочный и разгрузочный патрубки, два соосных ротора, один внутри дру-

го, образованных дисками и помещенными между ними лопатками.

При работе таких дробилок во время измельчения зерновых и масляных продуктов происходит налипание измельченного продукта на деку корпуса дробилки. Образованный кольцевой слой продукта на деке корпуса препятствует выходу из рабочей зоны измельченного продукта, а также разрушению частиц, вылетающих с внешнего ротора.

По результатам патентных исследований в Институте пищевых производств Красноярского ГАУ была разработана новая конструкция молотковой дробилки, кинематическая схема которой приведена на рисунке 1.

Техническим результатом разработанной молотковой дробилки является улучшение качества дробления и выхода продукта при многократном ударном воздействии на него сферических ударников 10 с последующим воздействием измельчающих ножей 15. Дробилка, содержит корпус 1 с бункером для сырья 2, барабан 3, установленный на приводном валу 4, соединенном с валом 5 электродвигателя 6 через редуктор 7. На поверхности приводного вала 4 установлены кулачки 8, взаимодействующие с толкателями 9 и сферическими ударниками 10. При этом на толкателе 9 в корпусе 1 установлена пружина растяжения 12 имеющая опоры 13 и 14.

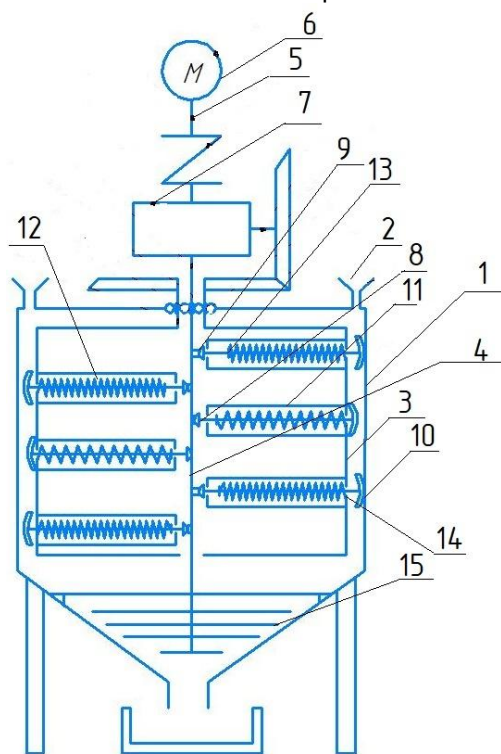


Рис.1. Устройство молотковой дробилки

Устройство для дробления зерна работает следующим образом: зерно пшеницы, проходя между корпусом и барабаном, подвергается ударному воздействию сферических ударников. Далее частично дробленое зерно, опускаясь вниз, попадает на режущие ножи, установленные на приводном валу, где происходит окончательное измельчение зерна до заданного размера, после чего измельченное зерно через выходное отверстие по стенкам сыпается в приемный бункер [1].

Получение дробленой крупы связано с измельчением ядра зерна пшеницы. По сравнению с ядром, которое не измельчается, усвояемость крупы дробленой намного лучше. Одна фракция равномерно разваривается, но в комбинированных крупах дробленые частицы при приготовлении распределяются равномерно по всему объему.

Процесс дробления зерна похож на процесс измельчения, но все же различия есть. Измельчение зерна подразумевает собой такие операции, как перетирание, удар, раздавливание, или

комбинирование этих операций, а дробление – удары при помощи молотковых дробилок.

Проведенные исследования показали, что при измельчении зерна ударом молотков в дро-

билке получают фракции, неравномерные по размерам (рис. 2).



Рис. 2. Фракции дробления зерна в молотковой дробилке

Особенностью разработанного устройства для дробления зерна является то, что нижняя часть корпуса выполнена в форме конуса и на приводном валу в нижней части установлен набор ножей, имеющий форму конуса. Эта конструкция позволяет наносить точечные удары по зерновке пшеницы, что позволяет получать ровные частицы крупы [1].

Существующие традиционные технологии переработки зерна пшеницы в крупу дробленную включают: сортирование перед шелушением, шелушение, сортирование продуктов шелушения, дробление, шлифование, полирование, контроль дробленой крупы (рис. 3) [1].

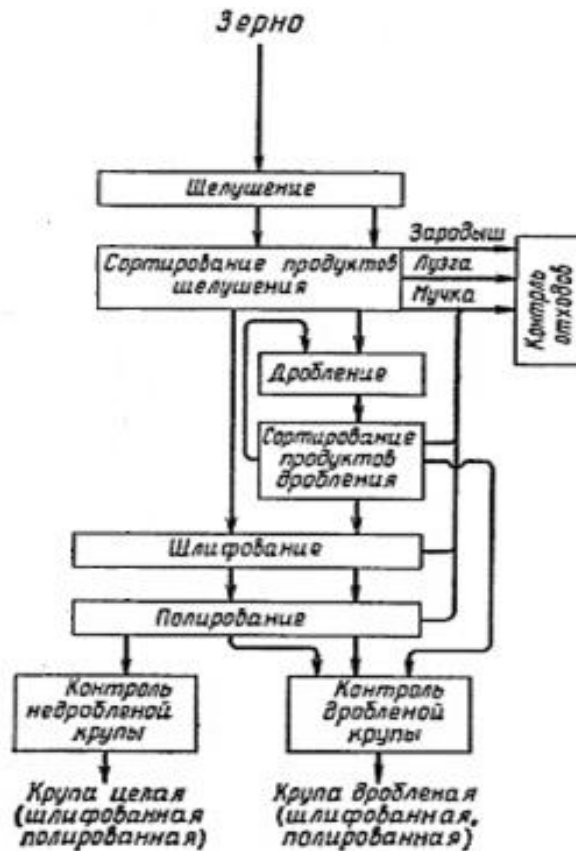


Рис. 3. Общая технологическая схема переработки зерна пшеницы

Разработанная конструкция молотковой дробилки позволит исключить из технологической схемы ряд операций, что позволит значительно повысить производительность технологической

линии, а также снизить экономические затраты на производство крупы. На рисунке 4 приведена усовершенствованная технологическая схема получения крупы пшеничной дробленой.



Рис. 4. Модернизированная технологическая схема дробления зерна пшеницы

Лабораторные испытания дробления зерна пшеницы по разработанной технологической схеме показали, что при установке технологического зазора между лезвиями ножей от 0,5 до 0,7 мм обеспечивается выход измельченной зерновой массы данного размера до 75 %, а при установке технологического зазора между лезвиями ножей от 0,8 до 1,2 мм выход измельченной зерновой массы данного размера составил 86 % от общей массы измельчаемого зерна.

Выводы

1. Проведенный патентный поиск показал, что имеющиеся прототипы и аналоги молотковых дробилок имеют разные конструкции и рабочие органы, это позволило разработать новое техническое решение молотковой дробилки. Разработанное устройство для дробления зерна отличается тем, что в корпусе установлен подвижный барабан, внутри которого размещены приводной вал с кулачками на его поверхности и толкатели, имеющие на одном конце нажимную пяду для контакта с кулачком, а на другом –

полусферный ударник для взаимодействия с внутренней поверхностью корпуса и зерном, находящимся между полусферным ударником и корпусом. Нижняя часть корпуса выполнена в форме конуса, а на приводном валу в нижней части установлен набор ножей, имеющих форму конуса. Эта конструкция позволяет наносить точечные удары по зерновке пшеницы.

2. Модернизация технологии и разработка нового оборудования позволили производить дробление зерна с заданной степенью измельчения. Необходимая степень измельчения зерна пшеницы задается при помощи технологического зазора между лезвиями режущих ножей на финишном этапе измельчения. Так, например, при установке технологического зазора между лезвиями ножей от 0,5 до 0,7 мм обеспечивается выход измельченной зерновой массы данного размера до 75 %, а при установке технологического зазора между лезвиями ножей от 0,8 до 1,2 мм выход измельченной зерновой массы данного размера составляет порядка 86 % от общей массы измельчаемого зерна.

Список источников

1. Проблемы научно-технической модернизации сельского хозяйства: производство, менеджмент, экономика: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. обучающихся в магистратуре Ин-та экономики и финансов ОмГАУ им. П.А. Столыпина. Омск, 2014. 276 с.
2. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5fdceb749a79472ad2168899>.
3. Невзоров В.Н., Мацкевич И.В., Сальхов Д.В. и др. Технология и оборудование для шелушения зерна пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6 (141). С. 162–166.
4. Сальхов Д.В., Невзоров В.Н., Мацкевич И.В. Совершенствование технологии переработки зерна пшеницы на роторно-лопастном шелушителе // Вестник КрасГАУ. 2020. № 3 (156). С. 157–163.
5. ГОСТ Р 15.0.11-96. Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. М.: Стандартинформ, 2010.
6. Пат. 2 742 055 Российская Федерация, МПК В02С 13/00, В02С 18/00. Устройство для дробления зерна / В.Н. Невзоров, И.В. Мацкевич, Н.А. Храмовских, М.А. Янова; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос. аграр. ун-т. №2018131619; заявл. 03.09.2018; опубл 02.02.2021, Бюл № 4.
7. Пат. 2 159 535 Российская Федерация, МПК А01F 29/00, В02С 9/02. Зерновая дробилка / Полищук В.Ю., Коротков В.Г., Зайцева Н.В., Антимонов С.В., Соловьев С.Ю.; заявитель и патентообладатель Оренбургский государственный университет. № 99107184/13; заявл. 07.04.1999; опубл 27.11.2000, Бюл № 33.
8. Пат.1 750 723 СССР, МПК В02С 13/20. Центробежный измельчитель / Буцко В.А., Холодilin А.Н., Дегтяренко Г.Н., Коротков В.Г., Гоголев С.А., Гильмуллин А.А.; заявитель и патентообладатель Производственное объединение «Стрела», Оренбургский Политехнический институт. № 90 4889535; заявл. 10.12.1990.

References

1. Problemy nauchno-tehnicheskoy modernizacii sel'skogo hozyajstva: proizvodstvo, menedzhment, `ekonomika: sb. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. obuchayuschihya v magistrature In-ta `ekonomiki i finansov OmGAU im. P.A. Stolypina. Omsk, 2014. 276 s.
2. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5fdceb749a79472ad2168899>.
3. Nevzorov V.N., Mackevich I.V., Salyhov D.V. I dr. Tehnologiya i oborudovanie dlya shelusheniya zerna pshenicy // Vestnik KrasGAU. 2018. № 6 (141). S. 162–166.
4. Salyhov D.V., Nevzorov V.N., Mackevich I.V. Sovershenstvovanie tehnologii pererabotki zerna pshenicy na rotorno-lopastnom shelushitele // Vestnik KrasGAU. 2020. № 3 (156). S. 157–163.
5. GOST R 15.0.11-96. Sistema razrabotki i postanovki produkcii na proizvodstvo. Patentnye issledovaniya. Soderzhanie i poryadok provedeniya. M.: Standartinform, 2010.
6. Pat. 2 742 055 Rossijskaya Federaciya, MPK B02C 13/00, B02C 18/00. Ustrojstvo dlya drobleniya zerna / V.N. Nevzorov, I.V. Mackevich, N.A. Hramovskih, M.A. Yanova; zayavitel' i patentoobladatel' Krasnoyar. gos. agrar. un-t. №2018131619; zayavl. 03.09.2018; opubl 02.02.2021, Byul № 4.
7. Pat. 2 159 535 Rossijskaya Federaciya, MPK A01F 29/00, B02C 9/02. Zernovaya drobilka / Polischuk V.Yu., Korotkov V.G., Zajceva N.V., Antimonov S.V., Solovyh S.Yu.; zayavitel' i patentoobladatel' Orenburgskij gosudarstvennyj universitet. № 99107184/13; zayavl. 07.04.1999; opubl 27.11.2000, Byul № 33.
8. Pat.1 750 723 SSSR, MPK B02C 13/20. Centrobezhnyj izmel'chitel' / Bucky V.A., Holodilin A.N., Degtyarenko G.N., Korotkov V.G., Gogolev S.A., Gil'mullin A.A.; zayavitel' i patentoobladatel' Proizvodstvennoe ob`edinenie «Strela», Orenburskij Politehnicheskij institut. № 90 4889535; zayavl. 10.12.1990.