

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ШЕЛУШЕНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ*

V.N. Nevzorov, I.V. Matskevich,
D.V. Salykhov, N.I. Selivanov

THE TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR WHEAT GRAIN PEELING

Невзоров В.Н. – д-р с.-х. наук, проф., зав. каф. технологии, оборудования бродильных и пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: nevzorov1945@mail.ru

Мацкевич И.В. – канд. техн. наук, ст. преп. каф. технологии, оборудования бродильных и пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: IMatskevichV@mail.ru

Салыхов Д.В. – асп. каф. технологии, оборудования бродильных и пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: Li817@Qol.in

Селиванов Н.И. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zaprudskii@list.tu

Nevzorov V.N. – Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Chair of Technology, Equipment of Fermentative and Food Production, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: nevzorov1945@mail.ru

Matskevich I.V. – Cand. Techn. Sci., Senior Lecturer, Chair of Technology, Equipment of Fermentative and Food Production, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: IMatskevichV@mail.ru

Salykhov D.V. – Post-Graduate Student, Chair of Technology, Equipment of Fermentative and Food Production, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: Li817@Qol.in

Selivanov N.I. – Dr. Techn. Sci., Prof., Head, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: zaprudskii@list.tu

В статье представлены материалы по технологии и оборудованию для шелушения зерна пшеницы, полученные путем анализа существующих перерабатывающих технологий и оборудования для шелушения зерна пшеницы. Сделаны выводы о несовершенстве технологического процесса и технологического оборудования, обоснованном низкими коэффициентами шелушения. На основе изучения строения зерна пшеницы, для повышения шелушения, принято решение о выполнении технологических операций шелушения зерна пшеницы путем последовательного поэтапного снятия наружной и семенной оболочек, зародыша, алейронового и субалейронового слоев. С целью решения данной задачи разработана ресурсосберегающая технология поэтапного шелушения зерна пшеницы, для осуществления которого потребовалась новая конструкция шелушительной машины. Проектирование данной конструкции производилось по результатам патентных исследований, выполненных по информационным российским и зарубежным базам. Разработанное новое оборудование для поэтапного шелушения зерна пшеницы защищено патентом Российской Федерации на изобретение и имеет две рабочие зоны, предназначенные для механической обработки зерна. В первой зоне шелушительной машины в качестве рабочего органа используются диски, вращающиеся в разных направлениях и изготовленные из различных материалов, при этом происходит отделение наружной и семенной оболочек. Во второй зоне очищенное от наружной и семенной оболочек зерно, пройдя лопастью ротора, за счет центробежных сил ударяется об футерованную деку, где происходит отделение алейронового и субалейронового слоев, зародыша и эндосперма, далее через разгрузочный патрубок продукты шелушения и отшелушенное зерно выводятся из машины.

Ключевые слова: зерно пшеницы, технология шелушения, разделение на фракции, оборудование для шелушения.

The study presents the materials on the technology and equipment for peeling wheat grain, received by the analysis of existing processing technologies and technology equipment for wheat grain peeling. The conclusions about the imperfection of the process and technology equipment, based on low coefficients of peeling were made. On the basis of the study of wheat structure to enhance peeling the decision on the implementation of technological operations of peeling wheat by successive gradual withdrawal of the outer shells and seed, embryo, aleurone and subaleurone layers was made. To solve this problem, the resource-saving technology of step-by-step peeling of wheat was developed, for the implementation of which the design of a new peeling machine was required. The project of new design of peeling machine was based on the results of patent research carried out on the results of patent research in informational Russian and foreign databases. Developed new equipment for step-by-step peeling of wheat grain is protected by the patent of the Russian Federation for the invention and has two working zones intended for mechanical processing of grain. In the first zone of peeling machine there are disks rotating in different directions and made of different materials wherein the outer and seed shells are separated. In the second zone cleaned from the outer shells and seed-grain, having a rotor blade, due to centrifugal forces hits futurebound deck, where the separation subaleurone layers and the embryo and endosperm takes place, then through discharge nozzle of shelled grain the products of flaking are removed from the machine.

Keywords: wheat grain, technology, scaling, machine, division, fractions.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках научного проекта № 17-12-24004.

Введение. Красноярский край расположен в бассейне реки Енисей Восточной и Западной Сибири. Площадь Красноярского края составляет 2366 тыс. кв. км. На севере край омывается Карским морем и морем Лаптевых. Площадь Арктической зоны составляет 1089 тыс. кв. км. На западе край граничит – с Республикой Алтай, Кемеровской и Томской областями, а также с Ханты-Мансийским и Ямало-Ненецким автономным округами, на юге с Республикой Тыва и с Республикой Хакасия, на востоке с Республикой Саха (Якутия) и Иркутской областью, Площадь районов, отнесенных к северным территориям, составляет 1 024 тыс. кв. км., а площадь центральных и южных районов Красноярского края равна 253159 кв. км [1].

Заготовка сильных и ценных сортов пшеницы в регионе не превышает 30 % от потребности, что приводит к снижению экономической эффективности хозяйств из-за импорта зерна и других продуктов переработки из соседних регионов, таких как Алтайский край, Омская, Кемеровская области и др.

Цель исследования. Разработка технологического оборудования для повышения эффективности выполнения технологического процесса поэтапного шелушения зерна и выделения продуктов шелушения.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования является технологическое оборудование для шелушения зерна пшеницы, разработанное с использованием методов патентных исследований по международным и российским информационным базам, обеспечивающее качественные показатели.

Результаты и их обсуждение. В результате выполненных патентных исследований разработано новое технологическое оборудование для поэтапного шелушения

зерна пшеницы и получения продуктов шелушения в виде наружных и семенных оболочек, алейронового и суб-алеяронового слоев, зародыша и эндосперма.

С учетом пищевой ценности зародыша, алейронового и субалеяронового слоев в настоящее время сформированы особые требования к шелушению зерна пшеницы и получению вышеперечисленных пищевых продуктов отдельно от получаемой массы отрубей [2].

Поэтапное шелушение зерна пшеницы представлено на технологической схеме рисунка 1.

Рабочая технологическая операция шелушение зерна предназначена для очистки зерна пленчатых зерновых и зернобобовых культур с целью удаления цветковых, плодовых и частично семенных оболочек, практически не содержащих крахмала. В перечисленных составных элементах зерна находятся главным образом не усваиваемые человеческим организмом вещества.

Продольный разрез пшеничного зерна представлен на рисунке 2.

Зерновка пшеницы имеет овально-удлиненную форму; выпуклая сторона зерна называется спинной, а противоположная – брюшной. На брюшной стороне зерновки находится глубокий желобок, так называемая бороздка – место слайки стенок завязи. На верхушке плода имеется хохолок, или борода, состоящая из волосковидных выростов наружной оболочки. В нижней части зерновки расположен зародыш пшеницы, покрытый плодовыми и семенными оболочками. Зародыш составляет 2–3 % от массы зерна и содержит 33–39 % белка, в том числе нуклеопротеин, альбумины, глобулины и проламины сахаразы, 12–15 % жира, 2,2–2,6 % клетчатки и 5 % минеральных веществ [3].

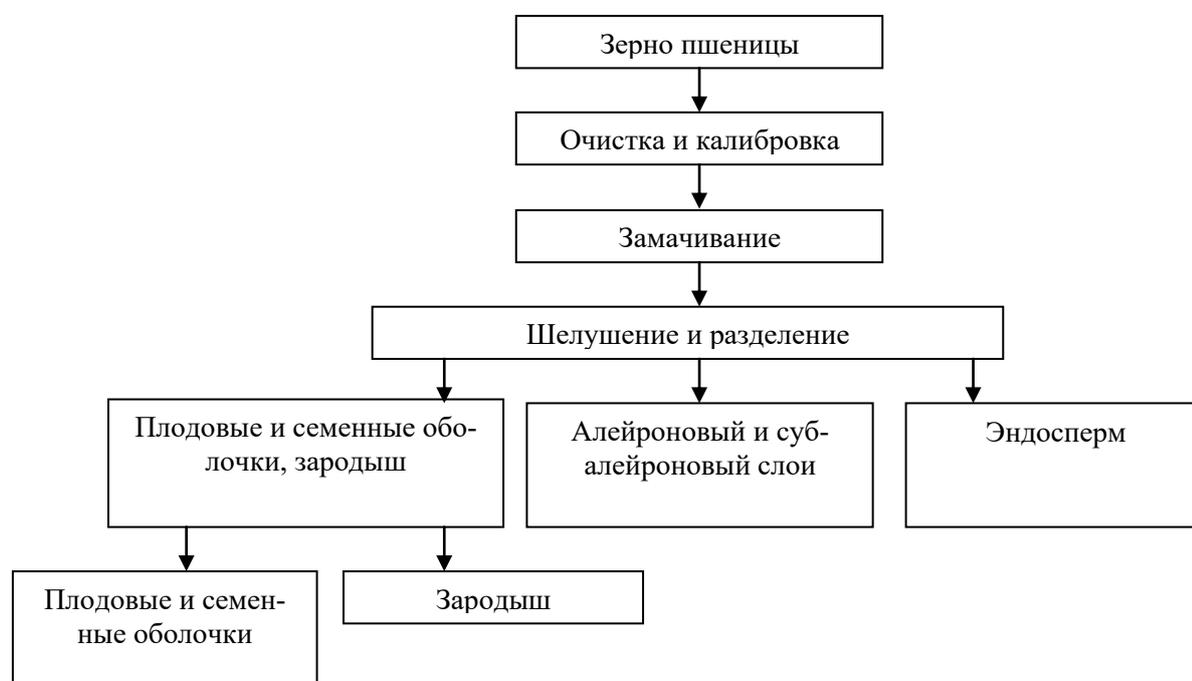


Рис. 1. Технологическая схема поэтапного шелушения зерна пшеницы

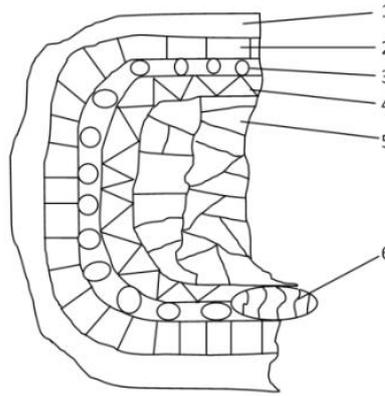


Рис. 2. Продольный разрез пшеничного зерна: 1 – плодовая оболочка; 2 – семенная оболочка; 3 – алейроновый слой; 4 – субалейроновый слой; 5 – эндосперм; 6 – зародыш

Плодовые оболочки составляют 4–6 % от массы зерна, семенные 2–2,5 %, при этом алейроновый слой составляет 7 %, а субалейроновый – 8–11%. Эндосперм содержит весь крахмал зерна, количество которого составляет 78–82 % от массы эндосперма; 2 % сахарозы; 0,1–0,3 % редуцирующих сахаров; 13–15 % белков, преимущественно глиадина и глютена, образующих клейковину.

В малом количестве содержится в эндосперме золы – 0,3–0,5 %, жира – 0,5–0,8 %; пентозанов 1–1,5; клетчатки – 0,07–0,12 % [3].

Предъявляют два основных требования к технологическому процессу шелушения зерна пшеницы: обеспечение более полного отделения пленок от ядра и максимальной целостности ядра, т.е. образование минимального количества дробленки и мучки.

Эффективность шелушения оценивают двумя показателями – количественным и качественным – по следующей формуле [4]:

$$K_{\text{ш}} = \frac{H_2 - H_1}{H_1}, \quad (1)$$

где H_1 и H_2 – содержание нешелушенных зерен в продукте, поступающем в машину и выходящем из нее, %.

Необходимо стремиться к повышению коэффициента шелушения, однако при его возрастании увеличивается выход дробленого ядра. Качество шелушения оценивают коэффициентом целостности ядра

$$K_{\text{ц.я.}} = \frac{K_2 - K_1}{(K_2 - K_1) + (D_2 - D_1) + (M_2 - M_1)}, \quad (2)$$

где K_1 , D_1 , M_1 и K_2 , D_2 , M_2 – содержание целого, дробленого ядра и мучки в исходном продукте и в продукте шелушения, %.

Для количественно-качественной оценки технологического процесса шелушения зерна можно применить формулу

$$E = \frac{B \cdot 100}{K_{\text{ш}}}, \quad (3)$$

где B – содержание целого ядра в продуктах шелушения, %; $K_{\text{ш}}$ – коэффициент шелушения зерна, %.

Для повышения качества шелушенного зерна по ГОСТ Р 15.011-96 «Патентные исследования» [5] был проведен патентный поиск для определения тенденций технического уровня и тенденций развития технологического оборудования по шелушению зерна. Материалы патентных исследований были представлены в виде отчета, и на основании анализа выполненных исследований были выбраны аналог и прототип для создания нового оборудования. Результаты выполненного анализа показали, что основными недостатками существующего оборудования является сложность конструкции, низкое качество шелушения, а также отсутствие возможности регулирования степени поэтапного шелушения и разделения на продукты шелушения: наружные и семенные оболочки, алейроновый и субалейроновый слои, зародыш и эндосперма [1].

Для решения выявленных недостатков была разработана новая конструкция машины для шелушения зерна, позволяющая повысить качество продуктов шелушения, используя две зоны обработки зерна [2, 6, 7].

Технический результат достигается тем, что в предлагаемой машине для шелушения зерна содержится ротор с лопастями; патрубки для загрузки зерна и разгрузки шелушенной массы; деки, установленные в корпусе, футерированные эластичным материалом; привод ротора и дисков с вариатором. С целью повышения качества шелушения зерна путем уменьшения количества дробленого ядра машина снабжена дисками, вращающимися в противоположные стороны и выполненными из различных материалов: один абразивный, другой из резины.

На рисунке 3 изображена машина для шелушения зерна (вид А-А – лопастной ротор). Машина работает следующим образом. Лопастной ротор 5 и вариатор 8, который вращает диски 7 в противоположные стороны, приводятся во вращение от привода 6. После загрузки зерна через загрузочный патрубок 3 оно поступает на внутренние срезы дисков 7, которые равномерно распределяют зерно по внутренней поверхности дисков 7. Зерно шелушится и ссыпается на лопастной ротор 2. За счет центробежных сил ротора 2 зерно лопастями отбрасывается на футерированную деку 5, дополнительно шелушится, и через разгрузочный патрубок 4 отходы и отшелушенное зерно выводятся из машины.

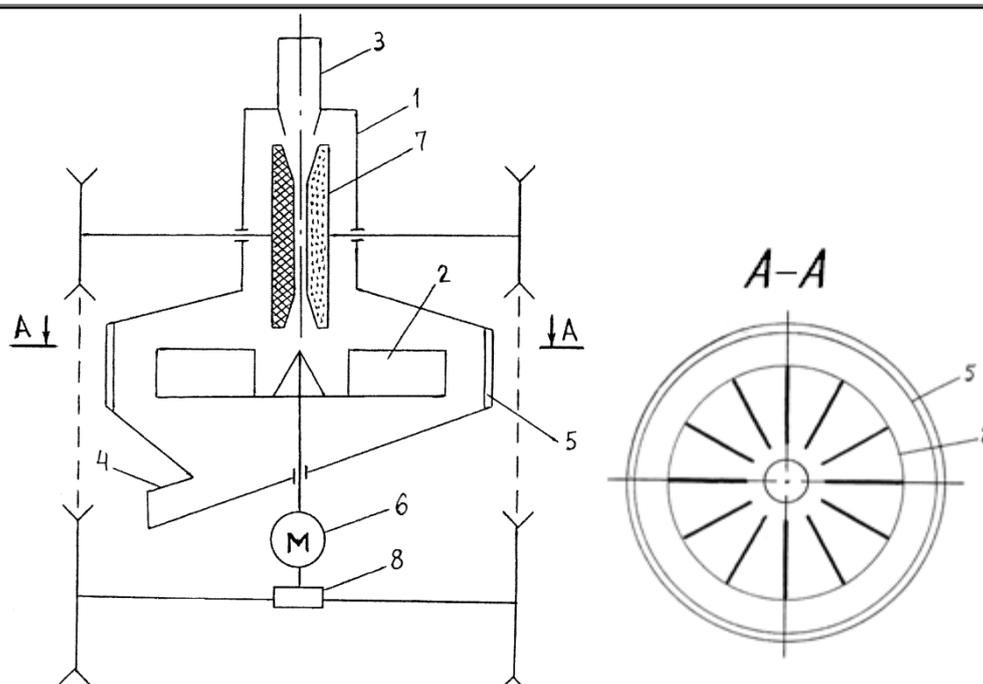


Рис. 3. Машина для шелушения зерна

Для оценки эффективности поэтапного шелушения на разработанном оборудовании были использованы формулы (1)–(3), которые показали, что коэффициент шелушимости зерна пшеницы на серийно выпускаемом оборудовании составляет 85 %, а на опытной экспериментальной машине – 91 %.

В таблице 1 представлены результаты экспериментальных исследований процесса шелушения на разработанной лабораторной опытной шелушильной машине.

В таблице 1 представлены результаты экспериментальных исследований процесса шелушения на разработанной лабораторной опытной шелушильной машине.

Таблица 1

Распределение продуктов шелушения по составу

Показатель	Состав продукта, % после шелушения
Нешелушенное зерно	2,700
Шелушенное зерно (эндосперм)	58,100
Шелушенное зерно (масса крупных >1,7 %)	32,150
Шелушенное зерно (масса ≤1,7 >1,0 %)	6,224
Мучка	0,506
Лузга	0,320
Итого	100

Анализ таблицы 1 показывает, что применение новой машины позволяет снизить выход нешелушенного зерна до 2,7 %, при этом довести выход цельного эндосперма зерна до 58,1 %. Кроме того, получено дробленое шелушенное зерно – 38,37 % от общей массы.

В таблице 2 представлены результаты экспериментальных исследований процесса поэтапного шелушения на существующей шелушильной машине и разработанном лабораторном опытном образце с разделением массы зерна пшеницы на составляющие.

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований шелушения зерна пшеницы

Зерновка пшеницы	Масса зерна пшеницы, %	
	Стандартное	Полученное
Плодовые оболочки	6–8,5	9
Алейроновый и субалейроновый слой	15–18	16
Зародыш	2–3	4
Эндосперм	70,5–77	71
Итого	100	100

Анализ таблицы 2 показывает, что при использовании нового оборудования выход плодовых оболочек увеличивается на 1,5%, выход массы алейронового и субалейронового слоев не увеличился, выход зародыша и эндосперм находятся в пределах стандартных требований.

Выводы

1. Результаты экспериментальных исследований на опытной лабораторной установке показали, что выход нешелушенного зерна составляет 2,7 %, что значительно ниже по сравнению с серийно выпускаемым оборудованием.

2. Выполненные патентные исследования по международным и российским информационным базам дали возможность определить основные тенденции в развитии новых конструкций шелушительных машин и позволили разработать новое технологическое оборудование, выполненное на уровне изобретения и защищенное патентом РФ № 2511754.

3. Выполненные экспериментальные работы по поэтапному шелушению зерна пшеницы позволили получить разделенные продукты шелушения, состоящие из наружной и семенной оболочки (9 %), алейронового и субалейронового слоев (16 %), зародыша (4 %) и эндосперма (71 %).

Литература

1. Глубокая переработка зерна пшеницы / В.Н. Невзоров, И.В. Мацкевич, Е.Н. Олейникова [и др.] // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. заоч. науч. конф. – Красноярск, 2017. – С. 40–43.
2. Модернизация технологии и оборудования предприятий по глубокой переработке зерна / В.Н. Невзоров, М.А. Янова, Н.П. Братилова [и др.] // Международные научные исследования. – 2015. – № 4. – С. 15–21.
3. Брасалин С.Н. Оценка технологической эффективности шелушения зерна в крупяном производстве // Хлебопродукты. – 2014. – № 9. – С. 60–62.
4. Дударев И.Р. Научно-технические основы интенсификации процессов и создание машин для обработ-

- ки поверхности зерна: дис. ... д-ра техн. наук. – Одесса, 1989. – 383 с.
5. ГОСТ Р 15.011-96. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. – М.: Госстандарт России, 1996. – 19 с.
6. Новое оборудование для переработки зерновых культур в пищевые продукты / В.А. Самойлов, А.И. Ярум, В.Н. Невзоров [и др.]; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 198 с.
7. Патент РФ №2511754, МПК В 02 В3/08. Машина для шелушения / Самойлов В.А., Ярум А.И., Невзоров В.Н.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Заявл. 01.11.12, опубл.10.04.14.

Literatura

1. Glubokaja pererabotka zerna pshenicy / V.N. Nevzorov, I.V. Mackevich, E.N. Olejnikova [i dr.] // Problemy sovremennoj agrarnoj nauki: mat-ly mezhdunar. zaoch. nauch. konf. – Krasnojarsk, 2017. – S. 40–43.
2. Modernizacija tehnologii i oborudovanija predpriyatij po glubokoj pererabotke zerna / V.N. Nevzorov, M.A. Janova, N.P. Bratilova [i dr.] // Mezhdunarodnye nauchnye issledovanija. – 2015. – № 4. – S. 15–21.
3. Brasalin S.N. Ocenka tehnologicheskoj jeffektivnosti shelushenija zerna v krupjanom proizvodstve // Hleboprodukty. – 2014. – № 9. – S. 60–62.
4. Dudarev I.R. Nauchno-tehnicheskie osnovy intensifikacii processov i sozdanie mashin dlja obrabotki poverhnosti zerna: dis. ... d-ra tehn. nauk. – Odessa, 1989. – 383 s.
5. GOST R 15.011-96. Patentnye issledovanija. Soderzhanie i porjadok provedenija. – M.: Gosstandart Rossii, 1996. – 19 s.
6. Novoe oborudovanie dlja pererabotki zernovykh kul'tur v pishhevye produkty / V.A. Samojlov, A.I. Jarum, V.N. Nevzorov [i dr.]; Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2017. – 198 s.
7. Patent RF №2511754, MPK V 02 V3/08. Mashina dlja shelushenija / Samojlov V.A., Jarum A.I., Nevzorov V.N.; zajavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Zajavl. 01.11.12, opubl.10.04.14.

