

Анализ оборудования для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалсодержащего сырья

Синенков А.А., Синенков А.А., Зимняков В.М.

Аннотация. Статья посвящена изучению современного состояния оборудования для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалсодержащего сырья. Объектом исследования является информация по оборудованию для взрывной обработки зернового крахмалсодержащего сырья. В результате выявлены два основных типа установок: периодические («пушечные») аппараты и непрерывные установки. Показано, что периодические аппараты (В-35М, КМЗ-40) просты, но имеют существенные недостатки: ручное управление, нерегулируемый газовый нагрев, повышенный риск взрывоопасности. Непрерывные установки являются более современным решением, обеспечивающим автоматическую герметизацию, управляемый нагрев, рост производительности, снижение себестоимости и повышение безопасности. Описаны преимущества готового продукта: высокая питательная ценность, улучшенная усвояемость белка (возрастает с 16,77% до 49,12%), стерильность (при 300–340 °С и 6–8 МПа), готовность к употреблению, увеличение объёма в 2–5 раз. Отмечены проблемы: неравномерный прогрев, образование «завалов», ограниченная универсальность некоторых конструкций. Сделаны выводы о перспективности перехода на непрерывные автоматизированные установки для повышения эффективности и безопасности производства.

Ключевые слова: взрывное приготовление, крахмалсодержащее сырьё, установка, преимущества, процесс, производство, безопасность.

Для цитирования: Синенков А.А., Синенков А.А., Зимняков В.М. Анализ оборудования для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалсодержащего сырья // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 3. С. 92–97.

Analysis of equipment for preparing products from grain starch-containing raw materials using explosion processing

Sinenkov A.A., Sinenkov A.A., Zimnyakov V.M.

Abstract. The article is devoted to studying the current state of equipment for producing products from grain starch containing raw materials using the explosion method. The object of the study is information on equipment for the explosive processing of grain starch containing raw materials. As a result, two main types of installations have been identified: batch (“cannon”) devices and continuous installations. It has been shown that batch devices (V 35M, KMZ 40) are simple, but have significant drawbacks: manual control, unregulated gas heating, and an increased risk of explosion. Continuous installations are a more modern solution that provides automatic sealing, controlled heating, increased productivity, reduced costs, and improved safety. The advantages of the finished product are described: high nutritional value, improved protein digestibility (increases from 16.77% to 49.12%), sterility (at 300–340 °C and 6–8 MPa), ready for consumption, and an increase in volume by 2–5 times. The following problems are noted: uneven heating, the formation of “blocks”, and the limited versatility of some designs. Conclusions are drawn about the potential of switching to continuous automated systems to improve production efficiency and safety.

Keywords: explosive preparation, starch-containing raw materials, installation, advantages, process, production, safety.

For citation: Sinenkov A.A., Sinenkov A.A., Zimnyakov V.M. Analysis of equipment for preparing products from grain starch-containing raw materials using explosion processing. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 3. pp. 92–97. (In Russ.).

Введение

Рост рынка продуктов быстрого приготовления, кондитерской отрасли и других направлений пищевого концентратной промышленности устойчиво повышает спрос на оборудование для приготовления взорванных (вздутых) крахмалосодержащих зёрен – риса, гречки, пшеницы и других культур, а также картофеля. Взрывное приготовление основано на гидротермической обработке сырья под избыточным давлением с последующим мгновенным сбросом давления, что приводит к интенсивному расширению паровоздушной смеси внутри тканей зерна, его «вспучиванию» и формированию микропористой структуры. Такой продукт обладает повышенной усвояемостью, улучшенными органолептическими показателями и широко востребован как в пищевой, так и в кормовой промышленности [3,4,5,6].

Вместе с тем процесс взрывного приготовления сопряжён с использованием высоких температур и избыточного давления, что делает его потенциально опасным, особенно при создании резкого перепада давлений внутри технического устройства. Это предъявляет особые требования как к производительности, так и к безопасности и эргономичности применяемого оборудования [8,9].

Цель работы состоит в изучении современного состояния оборудования для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалосодержащего сырья.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является информация по изучению оборудования для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалосодержащего сырья. Инструментарно-методический аппарат исследования определяется совокупностью использованных методов общенаучных и экономических исследований. В процессе обработки исходной информации и других привлечённых аналитических материалов применялись анализ и синтез, логический, корреляционный и статистический анализ.

Результаты и их обсуждение

Установки для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалосодержащего сырья можно разделить на два типа [2] (рис. 1).

Периодические («пушечные») аппараты – самые распространённые. Это вращающийся цилиндр с герметичной крышкой на шарнире и ручным затвором. Нагрев – газовые горелки, без регулировки температуры. Типичные представители: В-35М (загрузка 7 кг, давление 1,0–1,2 МПа, объём цилиндра 18,5 л) и КМЗ-40 (загрузка 8–9 кг, производительность 30–40 кг/ч, давление 10–12 кгс/см²). В таких аппаратах зерно помещают в герметичную камеру, нагревают, что приводит к перегреву влаги и росту давления. При мгновенном нарушении герметичности происходит резкий сброс давления, вызывающий «взрыв» зерна. Однако такие системы требуют строгого соблюдения мер взрывобезопасности из-за риска образования взрывоопасных пылевоздушных смесей.

Непрерывные установки – более современное решение. Зерно движется через герметичную камеру потоком, а загрузка и разгрузка осуществляются через шнековые затворы, которые одновременно служат уплотнителями (зазор шнека к корпусу – 0,5 мм). Это исключает простои камеры и потери пара. Непрерывный процесс позволяет значительно повысить общий выход продукции за счёт устранения простоев, связанных с загрузкой и выгрузкой аппаратов. Переход на непрерывные установки для взрывного приготовления зернового крахмалосодержащего сырья – это путь к росту производительности, снижению себестоимости (за счёт экономии пара, энергии и труда), улучшению и стабилизации качества продукта и повышению безопасности производства.

Современные установки для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалосодержащего сырья обладают рядом преимуществ (рис. 2).

Современные устройства для взрывной обработки зернового крахмалосодержащего сырья функционируют в непрерывном потоке. Это выгодно отличает их от установок циклического действия, где загрузка и выгрузка сопровождаются потерями

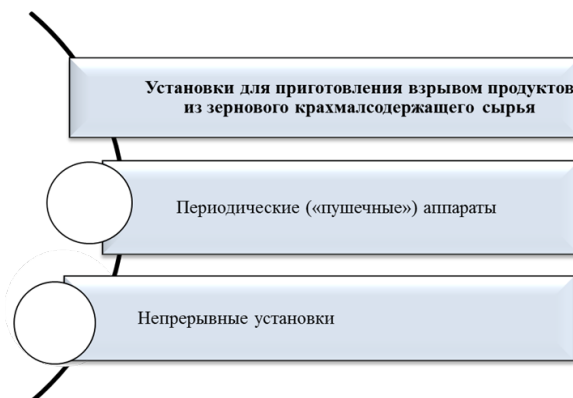


Рис. 1. Установки для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалосодержащего сырья

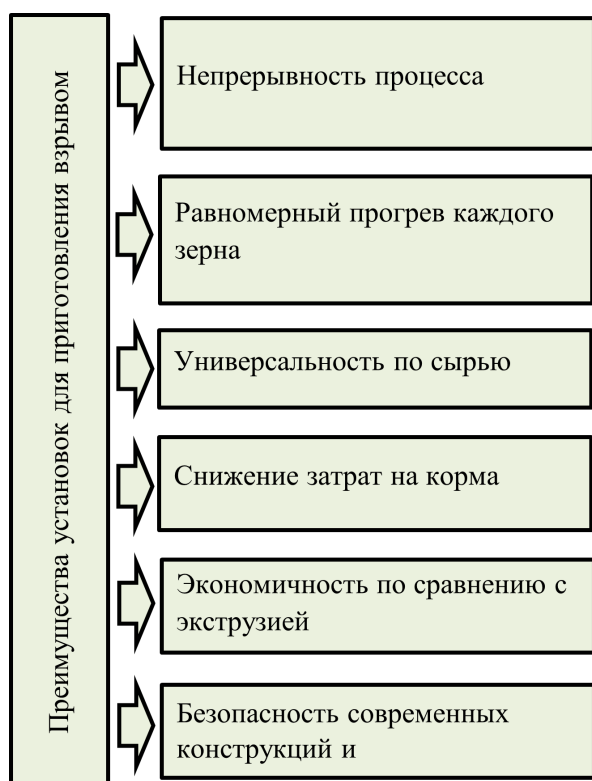


Рис. 2. Преимущества установок для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалсодержащего сырья

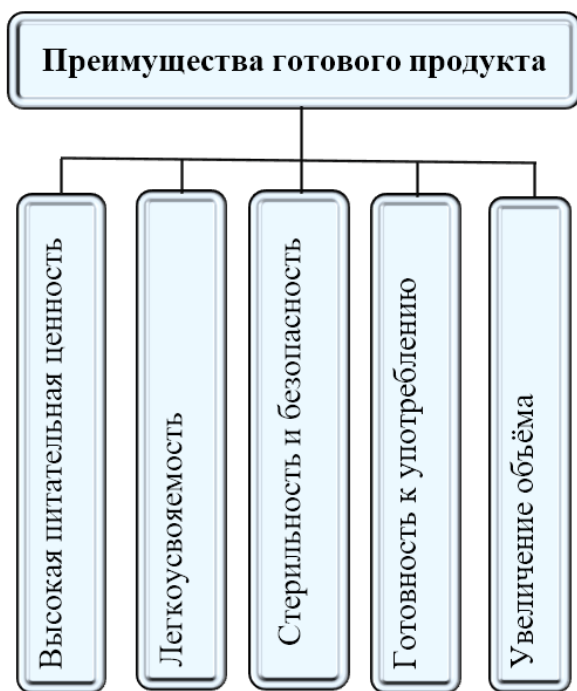


Рис. 3. Преимущества готового продукта

времени и пара. Непрерывный режим позволяет избежать простоев герметичной камеры и сократить тепловые потери.

Внутри камеры размещены наклонные рыхлители, угол установки которых превышает угол естественного осыпания. Благодаря этому зерно поддерживается в разрыхлённом, псевдооживленном состоянии. Пар беспрепятственно омывает каждую

частицу, что гарантирует равномерный и глубокий прогрев.

Установки отличаются универсальностью: они могут перерабатывать рис, гречиху, пшеницу, кукурузу, просо, а также картофель. Дозаторы допускают регулировку производительности в десятикратном диапазоне, что позволяет адаптировать процесс под конкретный вид сырья.

Применение вспученного фуражного зерна в животноводстве даёт ощутимый экономический эффект: удельный расход кормов снижается на 15–20%, а привесы молодняка крупного рогатого скота возрастают на 5–8%. Это достигается за счёт глубокой декстринизации крахмала.

По сравнению с экструзионными технологиями установки взрывного (пушечного) типа проще в обслуживании, дешевле и лучше подходят для традиционных продуктов – рисовых крипов, воздушной кукурузы, – сохраняя их оригинальную текстуру и вкус. Экструзионные системы, будучи более универсальными, обходятся значительно дороже и требуют специальных технических знаний.

Современные конструкции становятся безопаснее. Новые разработки, например проект пензенской компании «Куберпресс», поддержанный Фондом содействия инновациям, устраняют два главных недостатка старых моделей: ненадёжную ручную крышку для герметизации и газовый обогрев без регулировки температуры. В современных установках предусмотрены автоматическая герметизация и управляемый нагрев.

Наконец, процесс взрывной обработки отличается кратковременностью: для пищевых продуктов он занимает всего 4–9 минут, а для фуражного зерна – от 20 до 120 секунд. Это существенно быстрее традиционных способов термической обработки.

Продукты, полученные на установках для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалсодержащего сырья обладают следующими преимуществами (рис. 3).

Высокая питательная ценность. Взрывная обработка зерна позволяет практически без потерь сберечь его белки, жиры и минеральные компоненты. Крахмал в процессе клейстеризуется и частично превращается в растворимые декстрины, которые организм усваивает намного легче, чем нативный крахмал. В отличие от производства крупы или корнфлексов, где зародыш и наружные оболочки зерна идут в отходы, взрывание сохраняет подавляющую часть полезных веществ.

Усвояемость. Обработанное зерно приобретает пористую структуру, благодаря чему внутриклеточные компоненты становятся открытыми для пищеварительных ферментов. Показатель усвоения белка может увеличиваться в разы: так, при паровом взрыве всасывание белка в кишечнике возросло с 16,77% до 49,12%.

Стерильность и безопасность. Воздействие температуры 300–340 °С и давления 6–8 МПа обеспечивает полную гибель грибков и патогенных

бактерий. В результате зерно становится стерильным.

Готовность к употреблению. Взорванные зёрна не нуждаются в дополнительной кулинарной обработке – их можно употреблять сразу, добавив молоко или сливки. Из них получаются блюда, которые готовятся гораздо быстрее, чем из сырого зерна, и обладают более насыщенным ароматом и приятным вкусом.

Увеличение объёма. Объём зерна возрастает в 2–5 раз, оно становится пористым и приобретает способность поглощать влагу из воздуха.

Установки для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалсодержащего сырья («пушки») имеют ряд характерных особенностей, которые отличают их от других видов термической обработки – экструзии, микронизации, ИК-обжарки.

Термическую обработку крупы (взрывание) осуществляют в специальных аппаратах – «пушках». Аппарат для термической обработки зерен В-35М представляет собой вращающийся вокруг горизонтальной оси цилиндр, установленный на специальной станине. С одной стороны цилиндр оборудован герметически закрывающейся крышкой, укрепленной на шарнире, и специально замыкающим затвором. Для нагрева цилиндра служат расположенные под ним газовые горелки, зажигаемые специальным запальником. Нормы расхода сырья при производстве взорванных зерен рассчитывают так же, как при производстве кукурузных хлопьев [1].

Разработаны и запатентованы несколько способов непрерывного производства воздушных зерен, при которых в основном применяется загрузка зерна в рабочую камеру с уже находящимся в ней паром под давлением. Загрузка осуществляется с помощью специального клапана, а выгрузка прогретого зерна происходит через специальную заслонку без падения давления в камере [11].

Н. Рихтер [10] предложил аппарат для изготовления попкорна, который содержит корпус, емкость для нагрева подаваемой в емкость кукурузы и жира с образованием попкорна и систему индукционного нагрева. Для обеспечения опорожнения емкости она установлена с возможностью поворота относительно корпуса. Система индукционного нагрева содержит расположенную в промежуточном пространстве между внутренним и внешним дном емкости индукционную обмотку для создания высокочастотного переменного магнитного поля. При этом индукционная обмотка выполнена с возможностью поворота вместе с емкостью. Внутреннее дно состоит из ферромагнитного материала. Изобретение обеспечивает сокращение времени, необходимого для изготовления порции попкорна, предотвращение его перегрева в емкости или вне емкости, уменьшение расхода электроэнергии [10].

М. В. Корин [7] разработал аппарат, который включает корпус с загрузочным и выгрузочным

патрубками. В корпусе расположен вентилятор, соединяемый воздуховодом с камерой нагрева. В камере нагрева расположены нагревательный элемент, чаша для зерна и приемник, соединенный с чашей промежуточным патрубком и отделяемый от промежуточного патрубка сеткой. Чаша имеет конусообразно сужающиеся боковые стенки с множеством отверстий, каждое из которых с внутренней стороны чаши прикрыто мини-форсункой, ориентированной по касательной к внутренней поверхности чаши. В дне чаши выполнено отверстие, в котором размещена выпуклая центральная форсунка. Изобретение обеспечивает просто устроенный и надежный в работе аппарат [7].

Штин, Л. Е. [12] утверждает, что нагрев увлажненного зерна кукурузы сорта «Карамель» проводят в аппарате избыточного давления путем вспучивания откалиброванного зерна с высокой влажностью 20–22% при температуре 120–130°C и давлении 0,82–0,84 МПа, приводящего к получению круглой формы зерна по всей его массе. После чего массу крупных вспученных зерен подвергают распылению водно-солевым раствором и высушивают до остаточной влаги 2–3%. На сухой попкорн распыляют рафинированное и дезодорированное растительное масло с жидким лецитином. Затем проводят расфасовку попкорна в пакеты. При этом могут добавлять на 1 кг попкорна антиокислители БОТ и БОА по 0,1 г, краситель натуральный аннато-турмерик 2–5 г и идентичные натуральные ароматизаторы 1–2 г. Также попкорн могут дражировать сухими вкусоароматическими премиксами. Изобретение позволяет создать оптимальные технологические режимы вспучивания зерна кукурузы с получением готового попкорна в виде шариков, близких к идеальной форме, с сохраненными оболочкой и зародышем зерна [12].

Важные нюансы технологического процесса установок для приготовления взрывом продуктов из зернового крахмалсодержащего сырья:

успех производства во многом зависит от правильной подготовки сырья: его кондиционируют (доводят до оптимальной влажности 18–20%) и подвергают отлежке. Сам процесс требует точного контроля:

- Температура нагрева обычно составляет 150–300 °C.
- Давление в камере может достигать 5 МПа.
- Высота сбрасывания зерна в камеру и ускорение при подаче должны быть строго регламентированы (например, высота – 5–10 - кратная толщине зерна, ускорение – 0,01– 0,05 g) для равномерного заполнения объёма.

На практике встречаются проблемы и ограничения:

- Неравномерный прогрев и взрыв, из-за чего часть зёрен остаётся неразорванной.
- Образование «завалов» из взорванных зёрен, блокирующих движение продукта.
- Ограниченная универсальность некоторых

конструкций (например, они могут быть оптимизированы только под кукурузу и плохо подходят для риса, гречки).

При проектировании и эксплуатации такого оборудования критически важно соблюдать нормы промышленной безопасности, так как процесс связан с высокими температурами, избыточным давлением и риском образования взрывоопасных пылевоздушных смесей. Необходимо предусматривать системы взрывопредупреждения (блокировки, датчики, защиту от статического электричества) и взрывозащиты.

Выводы

1. Рост рынка продуктов быстрого приготовления и пищевого концентратной отрасли устойчиво повышает спрос на оборудование для взрывной обработки крахмалосодержащего зернового сырья.

2. Продукт, полученный взрывным способом, обладает высокой питательной ценностью (сохраняются белки, жиры, минеральные компоненты), улучшенной усвояемостью (белок усваивается значительно лучше), стерильностью (гибель грибков и патогенных бактерий при 300–340 °С и 6–8 МПа), готовностью к употреблению и увеличенным объемом (в 2–5 раз).

3. Процесс требует точного контроля: влажность сырья 18–20%, температура 150–300 °С, давление до 5 МПа, регламентированные высота сбрасывания и ускорение подачи. Продолжительность обработки: для пищевых продуктов 4–9 минут, для фуражного зерна 20–120 секунд.

4. Переход на непрерывные автоматизированные установки с управляемым нагревом и надёжной герметизацией – путь к росту производительности, снижению себестоимости, стабилизации качества и повышению безопасности производства.

Литература

- [1] Бачурская, Л. Д. Пищевые концентраты / Л. Д. Бачурская, В. Н. Гуляев. – Москва: Пищевая промышленность, 1976. – 335 с.
- [2] Белогрищенко, А. И. Технология и аппаратное оформление процесса получения взорванных зерен сорго для малых производств: специальность 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. И. Белогрищенко. – Харьков, 1993. – 20 с. – EDN ZKJXVB.
- [3] Белопухов, А. В. Установка для приготовления взрывом продуктов из зернового сырья (варианты): пат. 50760 Рос. Федерация: МПК A23L 1/18 / А. В. Белопухов; патентообладатель ООО «Новые продукты». – Оpubл. 27.01.2006, Бюл. № 3. – URL: rospatent.gov.ru (дата обращения: 22.09.2026).
- [4] Гунькин, В. А. Способ производства взорванного продукта из шелушенного зерна риса: пат. 2536919 Рос. Федерация: МПК A23L 1/18 / В. А. Гунькин, Г. М. Суслянок. – Оpubл. 27.12.2014.
- [5] Егоров, Б. В. Изменение микроструктуры зерна при тепловой обработке / Б. В. Егоров, М. В. Кузнецов, Н. Н. Новиков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. –1992. – С. 61–65.
- [6] Козинникова, А. А. Разработка технологической линии производства взорванных рисовых зерен / А. А. Козинникова // Инновационные технологии в науке и образовании: сборник статей XII Международной научно-практической конференции, Пенза, 05 июля 2019 г. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2019. – С. 79–81. – EDN AFNYRP.
- [7] Корин, М. В. Аппарат для приготовления попкорна:

References

- [1] Bachurskaya, L. D. Food Concentrates / L. D. Bachurskaya, V. N. Gulyaev. – Moscow: Pishchevaya Promyshlennost, 1976. – 335 p.
- [2] Belogrishchenko, A. I. Technology and equipment design for the process of producing puffed sorghum grains for small-scale production: specialty 05.18.12 “Processes and Equipment of Food Production”: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / A. I. Belogrishchenko. – Kharkiv, 1993. – 20 p. – EDN ZKJXVB.
- [3] Belopukhov, A. V. Device for preparing products from grain raw materials by explosion (variants): patent 50760 of the Russian Federation: IPC A23L 1/18 / A. V. Belopukhov; patent holder: LLC “Novye Produkty”. – Published on 27.01.2006, Bulletin No. 3. – URL: rospatent.gov.ru (accessed: 22.09.2026).
- [4] Gunkin, V. A. Method for producing an exploded product from hulled rice grain: Pat. 2536919 Russian Federation: IPC A23L 1/18 / V. A. Gunkin, G. M. Suslyanok. – Published on 27.12.2014.
- [5] Egorov, B. V. Changes in the microstructure of grain during heat treatment / B. V. Egorov, M. V. Kuznetsov, N. N. Novikov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Food Technology. –1992. – Pp. 61–65.
- [6] Kozinnikova, A. A. Development of a technological line for the production of puffed rice grains / A. A. Kozinnikova // Innovative Technologies in Science and Education: Collection of Articles of the XII International Scientific and Practical Conference, Penza, July 5, 2019. – Penza: Science and Education (Individual Entrepreneur Gulyaev G. Yu.), 2019. – Pp. 79–81. – EDN AFNYRP.
- [7] Korin, M. V. Popcorn Cooking Device: Pat. 2411758 Russian Federation: IPC A23L 1/18 / M. V. Korin. –

- пат. 2411758 Рос. Федерация: МПК A23L 1/18 / М. В. Корин. – № 2009138278/13; заявл. 19.10.2009; опубл. 20.02.2011. – EDN ZFXQEX.
- [8] Монастырский, С. Б. Устройство для взрывания зерен: пат. 1718777 СССР: МПК A23L 1/18 / С. Б. Монастырский, Н. Г. Котунэ, Л. Л. Меймис. – Заявл. 08.06.1990; опубл. 15.03.1992, Бюл. № 10. – URL: rusneb.ru (дата обращения: 22.09.2026).
- [9] Пушка для вздувания. – Текст: электронный // AliExpress: [сайт]. 2024. – URL: <https://aliexpress.ru/> – URL: <https://aliexpress.ru/item/1005002547381657> (дата обращения: 25.09.2026).
- [10] Рихтер, Н. Аппарат для изготовления попкорна с индукционным нагревом: пат. 2470524 Рос. Федерация: МПК A23L 1/18, H05B 6/12 / Н. Рихтер; патентообладатель ПКО ГРУП ГМБХ. – № 2009148596/10 ; заявл. 23.05.2008; опубл. 27.12.2012. – EDN UTSMDJ.
- [11] Саломатов, А. С. Изменение структурных характеристик крупы ячменной перловой № 2 в процессе обработки в аппарате типа «Пушка» / А. С. Саломатов // Научный поиск: материалы третьей научной конференции аспирантов и докторантов. Технические науки. – Челябинск: ФГБОУ ВПО ЮУрГУ, 2011. – Т. 1. – С. 164–167.
- [12] Штин, Л. Е. Способ производства попкорна: пат. 2402237 Рос. Федерация: МПК A23L 1/18 / Л. Е. Штин. – № 2008117784/13; заявл. 04.05.2008; опубл. 27.10.2010. – EDN AJDPGP.
- No. 2009138278/13; filed on 19.10.2009; published on 20.02.2011. – EDN ZFXQEX.
- [8] Monastyrsky, S. B. Device for exploding grains: Pat. 1718777 USSR: IPC A23L 1/18 / S. B. Monastyrsky, N. G. Kotune, L. L. Meimis. – Application date: 08.06.1990; publication date: 15.03.1992, Bulletin No. 10. – URL: rusneb.ru (accessed: 22.09.2026).
- [9] Inflation gun. – Text: electronic // AliExpress: [website]. 2024. – URL: <https://aliexpress.ru/> – URL: <https://aliexpress.ru/item/1005002547381657> (accessed: 25.09.2026).
- [10] Richter, N. Popcorn maker with induction heating: Pat. 2470524 Russian Federation: IPC A23L 1/18, H05B 6/12 / N. Richter; patent holder PKO GROUP GmbH. – No. 2009148596/10; filed 22.05.2008; published 27.12.2012. – EDN UTSMDJ.
- [11] Salomatov, A. S. Changes in the structural characteristics of pearl barley groats No. 2 during processing in a “Pushka”-type apparatus / A. S. Salomatov // Scientific Search: Proceedings of the Third Scientific Conference of Postgraduate and Doctoral Students. Technical Sciences. – Chelyabinsk: FSBEI HPE SUSU, 2011. – Vol. 1. – Pp. 164–167.
- [12] Steen, L. Is. Capable Productions popcorn: Pat. 2402237 Ross. Federation Men: MPK men 23 men 1/18/L. Is. Shtin. - MWL 2008117784/13;for MWL. 04.05.2008; opubl. 27.10.2010. – EDN AJDPGP.

Сведения об авторах

Information about the authors

Синенков Алексей Владимирович генеральный директор ООО «НПК КУБЕРПРЕСС» г. Пенза, улица Байдукова 67 Тел.: +7(927) 386-29-66 E-mail: tbo-pnz@mail.ru	Frolov Dmitriy Ivanovich General Director of LLC “NPK KUBERPRESS”, Penza, Baydukova Street, 67. Phone: +7(927) 386-29-66 E-mail: tbo-pnz@mail.ru
Синенков Андрей Владимирович Индивидуальный предприниматель ИП Синенков Андрей Владимирович г. Пенза, улица Байдукова 67 E-mail: avz-2@mail.ru	Sinenkov Andrey Vladimirovich Individual Entrepreneur Sinenkov Andrey Vladimirovich Penza, Baydukova Street, 67. E-mail: avz-2@mail.ru
Зимняков Владимир Михайлович доктор экономических наук профессор кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru	Zimnyakov Vladimir Mikhailovich D.Sc. in Economics professor at the department of «Agricultural products processing» Penza State Agrarian University Phone: +7(927) 444-33-22 E-mail: zimnyakov@bk.ru