

**СПОСОБ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЗЕРНА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ  
СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

© 2015

*А. А. Белов*, кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Сервис транспортных и технологических машин»

*Волжский филиал Московского автомобильно-дорожного  
государственного технического университета (МАДИ), Чебоксары (Россия)*

*А. Н. Коробков*, преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация»

*Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Княгинино (Россия)*

*Аннотация.* В статье описана актуальность рассматриваемой проблемы: разработка инновационных технологии и технических средств, которые обеспечивают повышение качества обеззараживания зерна и зернопродуктов при сниженных энергетических затратах. Отмечено, что потери зерна можно сократить за счет совершенствования процессов его переработки, в частности, за счет применения электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Этот способ позволяет достигать снижения энергетических затрат, используемых для обеззараживания зерна и зернопродуктов, улучшения их энергетической ценности. Под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) происходит поляризация диполей, за счет чего в зерне вырабатывается эндогенное тепло. Капиллярная влага начинает интенсивно переходить в пар, вызывая резкий рост давления в зерне. Переход влаги в парообразное состояние и ее выталкивание на поверхность зерна происходит в результате избыточного давления. Содержание водорастворимых веществ увеличивается, что положительно влияет на органолептические свойства и консистенцию продукта. Наряду с этим уничтожаются вредители хлебных запасов, их личинки и патогенная микрофлора. Благодаря малой продолжительности воздействия ЭМП СВЧ практически полностью сохраняется витаминный комплекс продукта.

Для реализации поточного обеззараживания зерна и зернопродуктов, в статье приводятся данные об операционно-технологической схеме линии производства муки и машинно-аппаратурной схеме линии мукомольного производства при сортовом помоле пшеницы. Описаны устройство и принцип действия линии. Представлена 3D модель предлагаемой установки для обеззараживания зерна и зернопродуктов, в которой обеззараживание достигается при их циклической обработке.

*Ключевые слова:* вредители хлебных запасов, зерно, крупобразование, магнитный сепаратор, мукомольный, обеззараживание зерна, отволаживание, резонаторная камера, стерилизация, электромагнитное поле сверхвысокой частоты, электропневматический регулятор потока, энтолейтор.

Сущность мукомольного производства заключается в измельчении зерна и разделении его составных частей: оболочек, эндосперма и зародыша [6, 7, 8].

Зерно хлебных злаков имеет сложную твердую, плотную и прочную аморфно-кристаллическую структуру с различными прочностными характеристиками составных частей [12, 13, 14]. Поэтому для переработки зерна применяют различные машины и аппараты, оказывающие механические и гидротермические воздействия на зерно и продукты его разрушения [20, 21].

Наружную поверхность зерна очищают от приставшей пыли, отделяют бородки, частично снимают плодовые оболочки и зародыши на обочных и щеточных машинах [9, 17, 18, 19]. В энтолейторах зерно и продукты его измельчения под-

вергают стерилизации путем ударных воздействий [11, 16]. В результате живые вредители уничтожаются, зерна с личинками разрушаются, а личинки в основном погибают [10, 15]. В качестве такового предлагается внедрение в технологическую линию разработанной установки для сверхвысокочастотного обеззараживания зерна и зернопродуктов. Операционно-технологическая схема предлагаемой технологической линии производства муки представлена на рисунке 1. Обеззараживание зерна и зернопродуктов достигается при циклической обработке в предлагаемой установке (рисунок 2). Далее зерно и зернопродукты за счет обеспечения точности поступают на размол продуктов крупобразования и шлифования, вымол сходовых продуктов крупобразования и размола, а затем на формирование и контроль готовой продукции. Для ре-

ализации поточного обеззараживания зерна и зернопродуктов нами предлагается машинно-аппаратурная схема линии мукомольного производства при сортовом помоле пшеницы (рисунок 3)

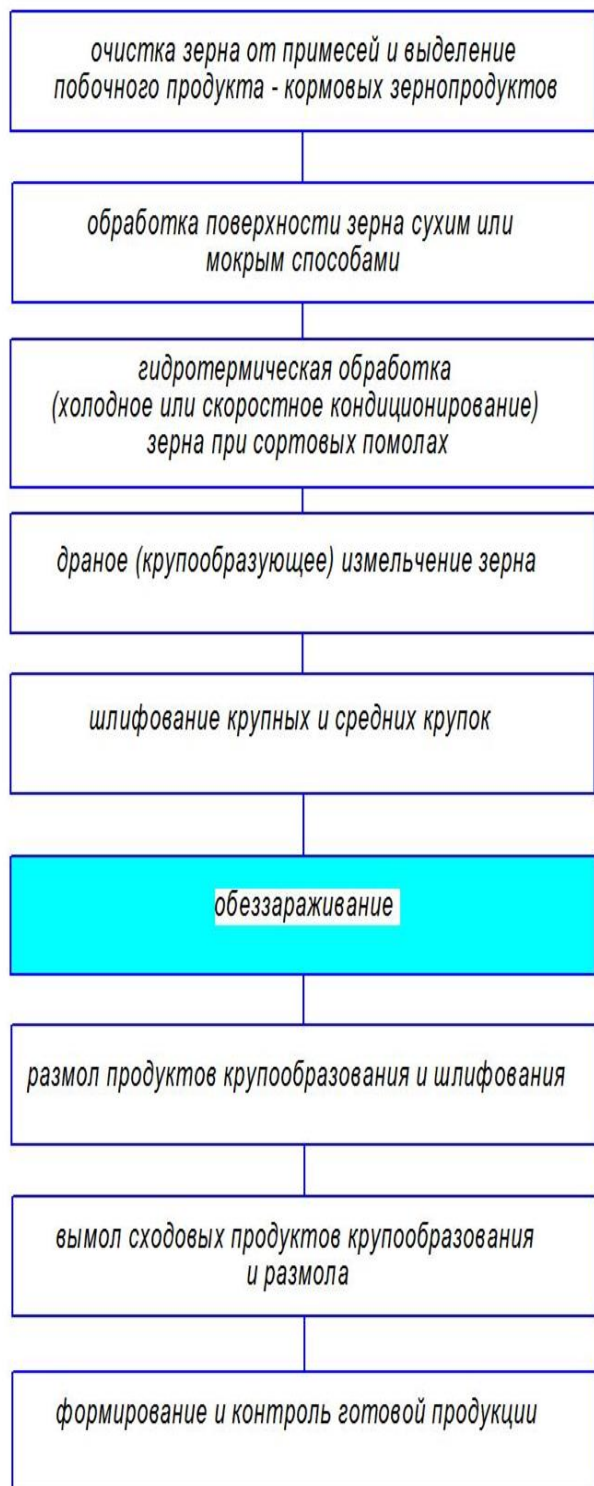


Рисунок 1 – Операционно-технологическая схема предлагаемой линии производства муки

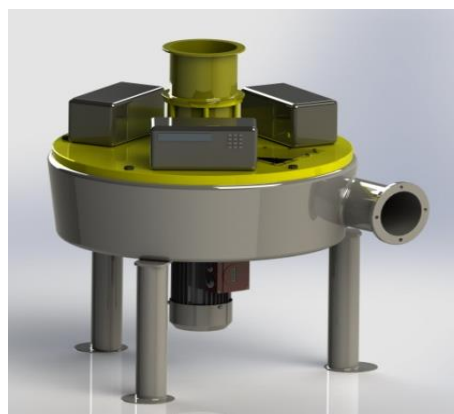


Рисунок 2 – 3D модель предлагаемой установки для обеззараживания зерна и зернопродуктов (заявка на изобретение № 2014147516/20(076427) от 9.12.2014).

Устройство и принцип действия линии

Предварительно очищенное зерно подают из элеватора на мукомольный завод цепными конвейерами 1 и загружают в силосы 2. Силосы оборудованы датчиками верхнего и нижнего уровней, которые связаны с центральным пунктом управления. Зерно из каждого силоса выпускают через самотечные трубы, снабженные электропневматическими регуляторами потока зерна 3. С помощью регуляторов и винтового конвейера 4 в соответствии с заданной рецептурой и производительностью формируют помольные партии зерна.

Каждый поток зерна проходит магнитные сепараторы 5, подогреватель зерна 6 (в холодное время года) и весовой автоматический дозатор 7. Далее зерно подвергают многостадийной очистке от примесей. В зерноочистительном сепараторе 8 отделяют крупные, мелкие и легкие примеси. В камнеотделительной машине 9 выделяют минеральные примеси. Затем зерно очищается в дисковых триерах: куколетотборнике 10 и овсюготборнике 11, а также в магнитном сепараторе. Наружную поверхность зерна очищают в вертикальной обочной машине 12, а с помощью воздушного сепаратора 13 отделяют аспирационные отходы. Далее зерно через магнитный сепаратор попадает в машину мокрого шелушения 14 и после гидрообработки системой винтовых конвейеров 15 и 17 зерно распределяется по силосам 18 для отволаживания. Силосы оборудованы датчиками уровня зерна, которые связаны с центральным пунктом управления.

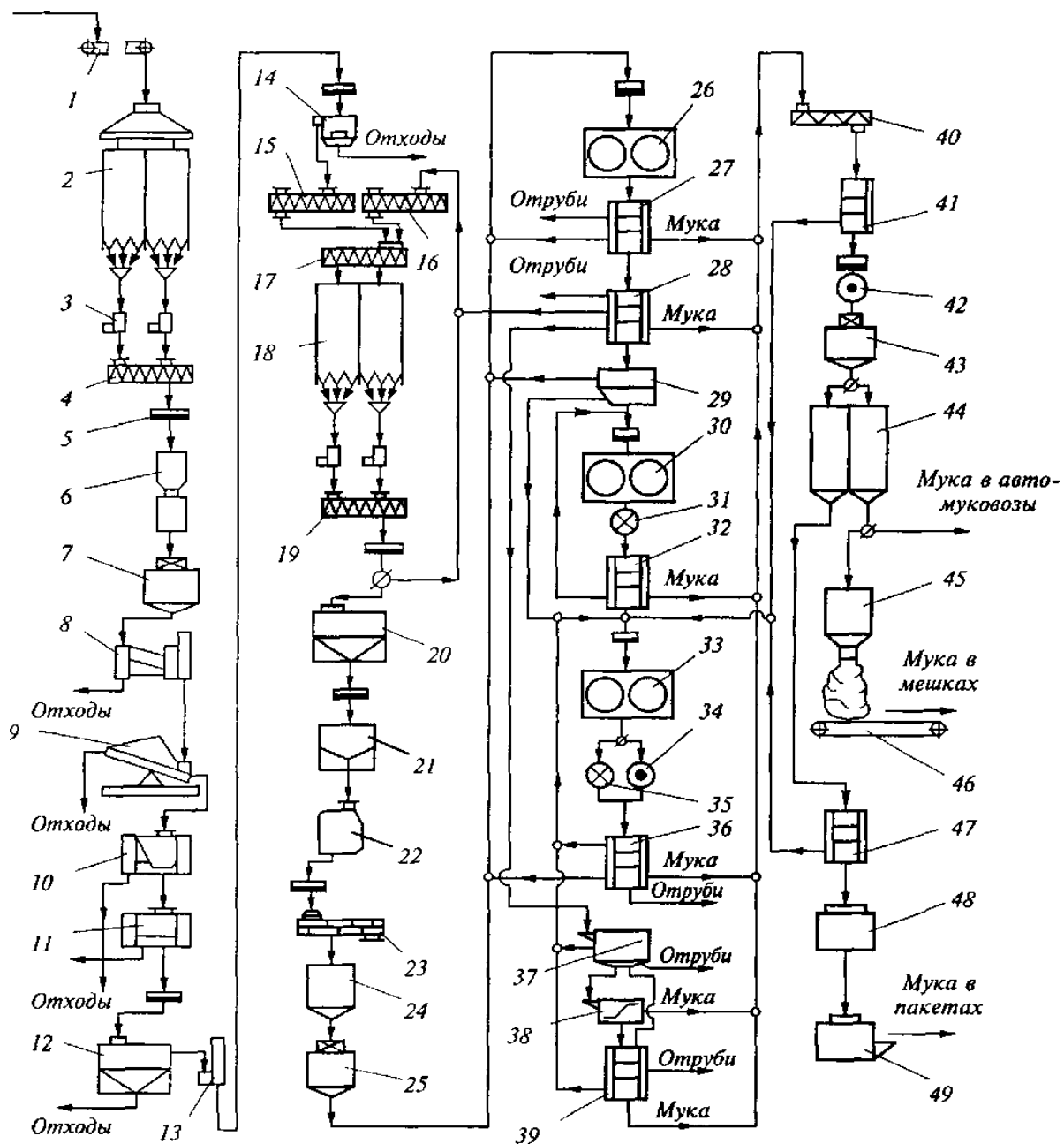


Рисунок 3 – Машинно-аппаратурная схема линии мукомольного производства

Система распределения зерна по отлежным силосам обеспечивает необходимые режимы отволаживания с различной продолжительностью и делением потоков в зависимости от стекловидности и исходной влажности зерна. После основного увлажнения и отволаживания предусмотрена возможность повторения этих операций через увлажнительный аппарат 16 и винтовой конвейер 17.

После отволаживания зерно через регулятор расхода, винтовой конвейер 19 и магнитный аппарат поступает в обоечную машину 20 для обработки поверхности. Из этой машины зерно через магнитный аппарат попадает в энтолейтор-стерилизатор 21, а затем в воздушный сепаратор 22 для выделения легких примесей. Далее через маг-

нитный аппарат его подают в увлажнительный аппарат 23 и бункер 24 для кратковременного отволаживания. Затем зерно взвешивают на автоматическом весовом дозаторе 25 и через магнитный аппарат направляют на измельчение в первую драную систему.

В каждую драную систему входят вальцовые станки 26, рассевы драных систем 27, рассевы сортировочные 28 и ситовые машины 29. Сортирование продуктов измельчения драных систем осуществляют последовательно в два этапа с получением на первом этапе крупной и частично средней крупки, а на втором – средней и мелкой крупки, дунстов и муки. В ситовых машинах 29 обога-

щают крупки и дунсты I, II и III драных систем и крупку шлифовочного процесса.

Обработке в шлифовальных вальцовых станках 30 подвергают крупную и среднюю крупку I, II и III драных систем после ее обогащения в ситовечных машинах 29. Верхние сходы с сит рассевов III и IV драных систем направляют в бичевые вымольные машины 37, проход последних обрабатывают в центрифугалах 38. В размольном процессе применяют двухэтапное измельчение. После вальцовых станков 30 и 33 установлены деташеры 31 и 35 для разрушения конгломератов промежуточных продуктов измельчения зерна и энтолейторы 34 для стерилизации этих продуктов путем ударных воздействий.

В рассевах 32, 36 и 39 из продуктов измельчения высевают муку, которая поступает в винтовой конвейер 40. Из него муку подают в рассевы 41 на контроль, чтобы обеспечить отделение посторонних частиц и требуемую крупность помола. Далее муку через магнитный аппарат, энтолейтор 42 и весовой дозатор 43 распределяют в функциональные силосы 44. Из них обеспечивается бестарный отпуск готовой муки на автомобильный и железнодорожный транспорт либо с помощью весовыбойного устройства 45 муку фасуют в мешки, которые конвейером 46 также передают на транспорт для отгрузки на предприятия-потребители муки. Перед упаковыванием в потребительскую тару муку предварительно просеивают на рассее 47, упаковывают в бумажные пакеты на фасовочной машине 48. Пакеты с мукой группируют в блоки, которые заворачивают в полимерную пленку на машине для групповой упаковки 49.

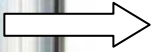
Машинно-аппаратурная схема предлагаемой линии мукомольного производства приведена на рисунке 4. Известно, что сокращение потерь зерна возможно за счет совершенствования процессов его переработки [1, 2, 3]. Поэтому разработка инновационной технологии и технического средства, обеспечивающего повышение качества обеззараживания зерна и зернопродуктов при сниженных энергетических затратах, актуальна. Технической задачей изобретения является интенсификация технологического процесса обеззараживания зерна и зернопродуктов с улучшением качества продукта при сниженных энергетических затратах.

Нами предлагается СВЧ – установка для обеззараживания зерна и зернопродуктов (рисунок 5),

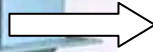
технологический процесс обеззараживания в которой происходит следующим образом. Включают электродвигатель 14 для привода ротора 2, 5, 6.

Исходное сырье через приемный патрубок 10 поступает в пространство между дисками 5 и 6 ротора, через отверстие в верхнем диэлектрическом (фторопластовом) диске 5. Включают все СВЧ генераторные блоки 7. В резонаторных камерах 2, 4 образуется электромагнитное поле сверхвысокой частоты. Зерно, находящееся внутри беличьей клетки в процессе ее передвижения, подвергается воздействию ЭМП СВЧ при стыковании со стационарной частью резонаторной камеры. При вращении ротора под действием центробежных сил и воздушного потока продукты размола зерна движутся от центра к периферии ротора, отбрасываясь в зону резонаторных камер 2, где получает первое ударное воздействие. Затем зерно захватывается и разгоняется втулками и центробежными силами отбрасывается на экранирующий корпус 1, где получает второе ударное действие. В результате живые вредители уничтожаются, поврежденные зерна с личинками разрушаются, а личинки в основном погибают за счет нагрева в ЭМП СВЧ. Вследствие многократных ударов о втулки 3 и корпус 1 зерновые продукты дополнительно измельчаются. Обеззараженное зерно и измельченный продукт выводится через выпускной патрубок 13 [4, 5].

Подача исходного зерна через приемный патрубок 10 в рабочую камеру, мощность СВЧ – генераторов и частота вращения ротора регулируются. Установка позволяет снизить энергетические затраты на обеззараживание зерна и зернопродуктов, улучшить их энергетическую ценность. Под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) происходит поляризация диполей, за счет чего в зерне вырабатывается эндогенное тепло. Капиллярная влага интенсивно переходит в пар, вызывая резкий рост давления в зерне. Переход влаги в парообразное состояние и ее выталкивание на поверхность зерна происходит в результате избыточного давления. Содержание водорастворимых веществ увеличивается, что положительно влияет на органолептические свойства и консистенцию продукта. Наряду с этим уничтожаются вредители хлебных запасов, их личинки и патогенная микрофлора зерна. Благодаря малой продолжительности воздействия ЭМП СВЧ практически полностью сохраняется витаминный комплекс продукта.



1



2



3



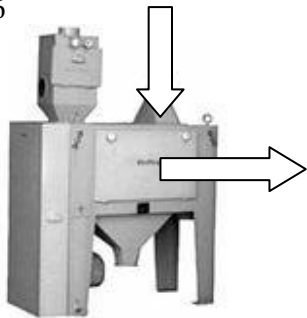
6



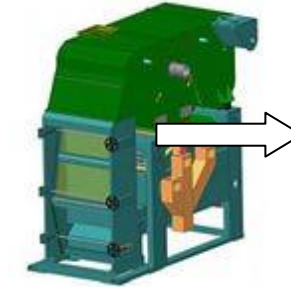
5



4



7



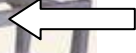
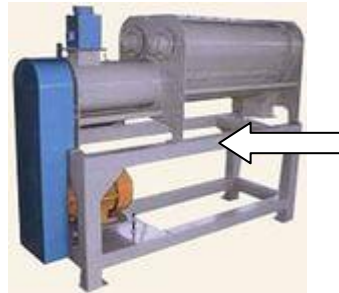
8



9



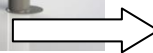
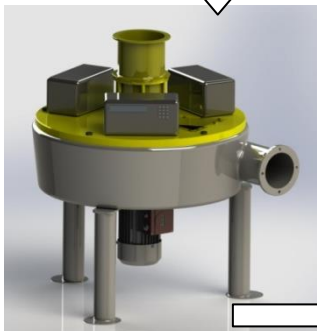
12



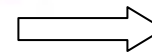
11



10



13



14



15

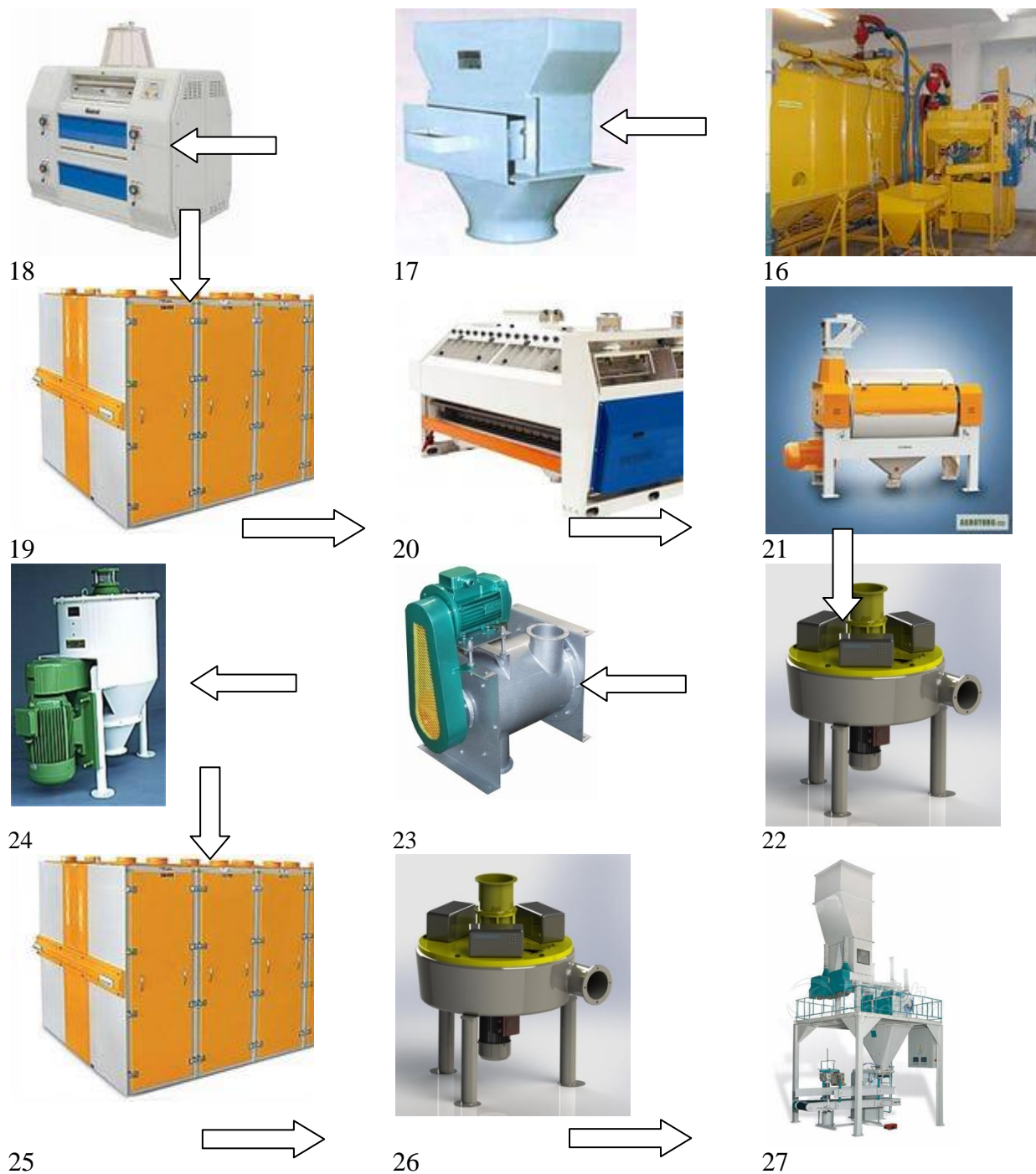


Рисунок 4 – Машинно-аппаратная схема предлагаемой линии производства муки:

- 1 – силос; 2 – магнитный сепаратор; 3 – зерноочистительный сепаратор;  
 4 – камнеотделительная машина; 5 – триер-куклеотборник; 6 – триер-овсюгоотборник;  
 7 – обочная машина; 8 – воздушный сепаратор; 9 – машина мокрого шелушения;  
 10 – силосы для отволаживания; 11 – увлажнительный аппарат; 12 – обочная машина;  
 13 – установка для сверхвысокочастотного обеззараживания зерна и зернопродуктов;  
 14 – воздушный сепаратор; 15 – магнитный сепаратор; 16 – бункер для отволаживания;  
 16 – магнитный сепаратор; 17 – вальцовый станок; 18 – рассев; 19 – ситовечная машина;  
 20 – вымольная машина; 21 – центрофугал; 22 – деташер; 23 – энтолейтор;  
 24 – установка для сверхвысокочастотного обеззараживания зерна и зернопродуктов; 25 – рассев; 26 – установка для сверхвысокочастотного обеззараживания зерна и зернопродуктов; 27 – функциональный силос для промежуточного хранения зерна

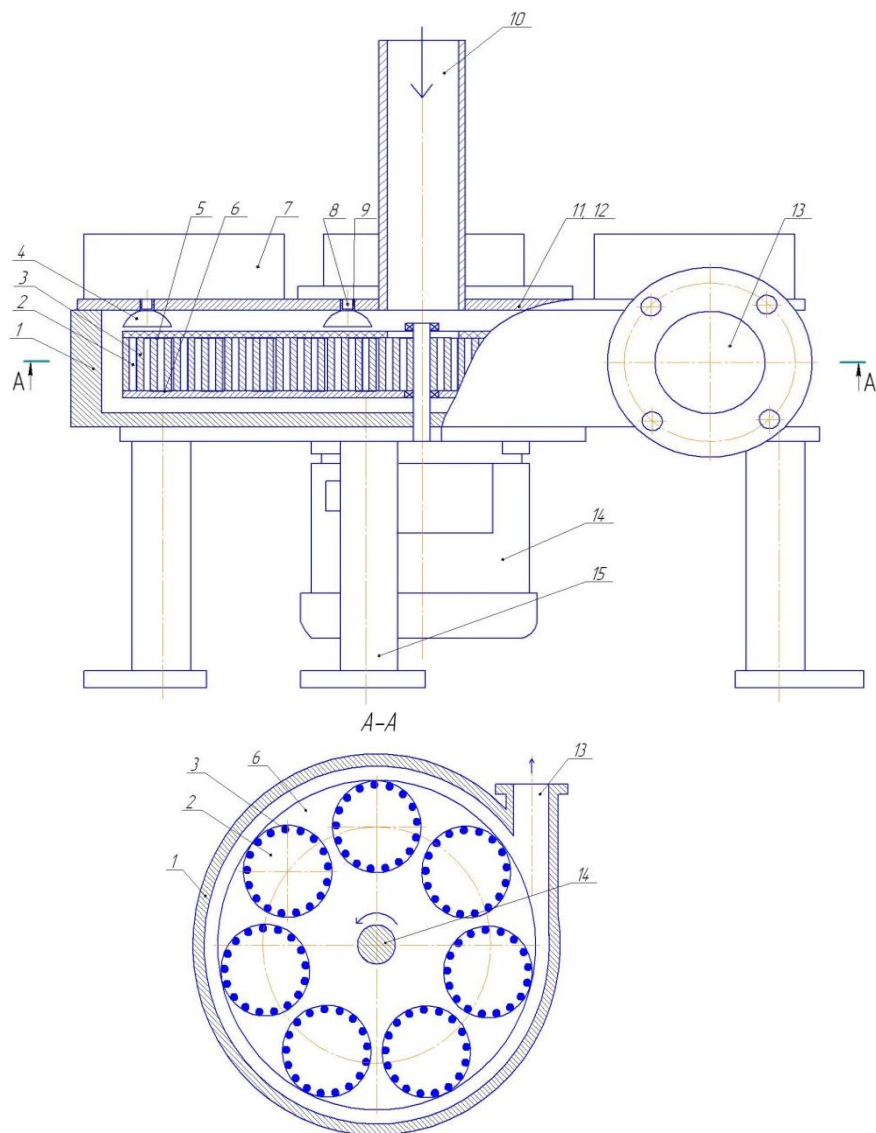


Рисунок 5 – СВЧ установка для обеззараживания зерна и зернопродуктов:

1 – это экранирующий корпус; 2 – нижние (передвижные) части резонаторной камеры; 3 – втулки из неферромагнитного материала; 4 – верхние (стационарные) части резонаторной камеры; 5 – диэлектрический диск; 6 – диск из неферромагнитного материала; 7 – СВЧ генераторные блоки; 8 – излучатель внутри диэлектрической втулки 9; 10 – приемный патрубок; 11 – крышка экранирующего корпуса со смотровым окном; 12, 13 – выпускной патрубок; 14 – электродвигатель; 15 – монтажные стойки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2489068РФ, МПК А23N 17/00. СВЧ-индукционная установка барабанного типа для микронизации зерна / М. В. Белова, Г. В. Новикова, О. В. Михайлова, А. А. Белов; заявитель и патентообладатель ЧГСХА (RU). № 2012100432; заявл. 10.01.2012 г. опубл. 20.08.2013. Бюл. № 22. 5 с.
2. Новикова Г. В. Микронизатор фуражного сырья // Монография. Чебоксары : ФГБОУ ВПО ЧГСХА, 2014. 90 с.
3. Новикова Г. В. Установка для микронизации зерна // Вестник ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», 2012. № 4. С. 37–40.
4. Инструкция по борьбе с вредителями хлебных сов № 9-1-80/ М. : ВНИО Зернопродукт, 1991. 194 с.
5. ГОСТ 30483-97. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; Содержание мелких зерен и крупности; содержание зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержание металломагнитной примеси.
6. Бутковский В. А., Мерко А. И., Мельников Е. М. Технологии зерноперерабатывающих производств. М. : Интерграф сервис. 1999. 472 с.
7. Хусид С. Д. Измельчение зерна. М. : Заготиздат, 1958. 248 с.

8. Щербаков В. Г. и др. Биохимия растительного сырья. М. : Колос, 1999. 376 с.
9. Черны И. Особенности технологии сортовых помолов пшеницы и ржи в ЧССР. М. : ЦНИИТЭИ Минзага СССР. Эксп. Инф. вып.б. 1980. 19 с.
10. Соколов А. Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. М. : Колос, 1967. 488 с.
11. Рогов И. А. Физические методы обработки пищевых продуктов. М. : Пищевая промышленность, 1974. 584 с.
12. Пахомов В. И. Перспективы применения СВЧ-энергии в сельском хозяйстве // Материалы 7-й международной научно-технической конференции «Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике». М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. С. 250.
13. Оболенский Н. В. Пути совершенствования процесса тепловой обработки сельскохозяйственной продукции // Сборник научных трудов «Пути повышения урожайности сельскохозяйственной продукции». Н. Новгород : НГСХА, 2001. С. 155–159.
14. Афанасьев В. А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. Воронеж : Воронежский государственный университет, 2002. 296 с.
15. Азарскова А. В. Термовлажностная обработка пшеницы и ее текстурные свойства: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1995.
16. Березкин А. Н. и др. Оценка посевных качеств семян зерновых культур путем гамма облучения // Изв. Тимирязевской СХА, 1991. № 1. С. 81–88.
17. Карпов Б. А. Уборка, обработка и хранение семян. М. : Россельхозиздат, 1974. 207 с.
18. Каушанский Д. А., Березина Н. М. Эффективность предпосевого облучения семян. М. : Россельхозиздат, 1975. 93 с.
19. Пахомов В. И. Тепловая обработка фуражного зерна СВЧ-энергией // Механизация и электрификация с.-х. 2001. № 5. С. 14–16.

## THE METHOD OF DISINFECTION OF GRAIN IN THE ELECTROMAGNETIC FIELD ULTRA HIGH FREQUENCY

© 2015

**A. A. Belov**, candidate of technical Sciences, associate Professor  
«The service of transport and technological machines»

Volga branch of the Moscow automobile and road state technical University (MADI), Cheboksary (Russia)

**A. N. Korobkov**, lecturer of the «Department of electrification and automation»  
Nizhny Novgorod state engineering-economic Institute, Princess (Russia)

*Abstract.* This article describes the relevance of the issue under consideration: development of innovative technologies and technical tools that enhance disinfection of grain and grain products with reduced energy costs. It is said that losses can be reduced by improving the processes of its processing. In particular through the application of electromagnetic fields of super-high frequency for disinfection of grain. This method makes it possible to decrease energy costs used for disinfection of grain and grain products, improve their energy value. Under the influence of electromagnetic fields of super-high frequency (EMF microwave) polarized dipoles, resulting in grain produced endogenous heat. Capillary moisture begins to rapidly move into steam, causing a sharp increase in the pressure in the grain. The transition of moisture in the vapor state, and popping on the surface of the grain is the result of excessive pressure. The content of water-soluble substances increases, which positively affects the organoleptic properties and the consistency of the product. Along with this destroyed the grain pests, their larvae and pathogenic microflora of grain. Due to the low duration of exposure to EMF microwave almost completely preserved vitamin complex product.

In order to implement mass decontamination of grain and grain products, the article talks about the operational and technological scheme of production of flour and machine-apparatus line circuit milling varieties when grinding wheat. The described device and principle of operation of the line. Presents a 3D model of the proposed facility for decontamination of grain and grain products, in which disinfection is achieved when the cyclic processing.

*Key words:* grain pests, grain, krupnooptovaya, magnetic separator, flour, disinfection of grain, otrazhenie, the resonator chamber, the sterilization, the electro-magnetic field of ultra-high frequency electro-pneumatic flow control valve, intrator.