

Разработка установки для шелушения рапса в электромагнитном поле сверхвысокой частоты

Ольга В. Михайлова ¹	ds17823@yandex.ru
Марьяна В. Белова ¹	maryana_belova_803@mail.ru
Алексей Н. Коробков ¹	aleksey.korobkov52@mail.ru
Галина В. Новикова ¹	NovikovaGalinaV@yandex.ru

¹ Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22А, г. Княгинино, Нижегородская область, 606340, Россия.

Аннотация. В настоящее время отечественной промышленностью используется импортное сырье. В то же время поставки масла семян рапса на экспорт в качестве сырья составляют около 80% от производимых объемов продукции. Поэтому импортозамещение рапсового масла за счет увеличения собственного производства и существенного повышения эффективности технологии переработки с улучшенными качественными характеристиками, разработка инновационной технологии и технического средства, обеспечивающего повышение качества шелушения семян рапса, актуально. В зависимости от строения зерна, применяют один из трех способов шелушения: сжатием и сдвигом, многократным или однократным ударом, путем истирания оболочек. Ядро рапса имеет хрупкое строение, поэтому шелушение многократным ударом нерационально. К процессу шелушения семян рапса предъявляют два требования: качественное отделение лузги от ядра и сохранность целостности ядра. В статье описана разработанная конструкция установки для шелушения рапса в электромагнитном поле, позволяющая осуществлять процесс шелушения при низких эксплуатационных затратах. Процесс шелушения рапса возможен путем гидромеханического разрушения и истирания лузги о вращающиеся абразивные диски и взаимного трения зерен в ЭМП СВЧ, с последующим удалением оболочек за счет продувки воздушным потоком через полый диэлектрический вал с отверстиями и перфорированный цилиндрический резонатор. В статье также описывается технологический процесс шелушения рапса и проведена технико-экономическая оценка от внедрения предлагаемой установки. Экономический эффект от применения СВЧ-установки для шелушения рапса составляет 124 тыс. р./мес. при объеме выработанной продукции 38,5 т/мес., рентабельность повысится на 3,7%.

Ключевые слова: СВЧ установка, цилиндрический резонатор, критическая напряженность электрического поля, добротность, шелушение, рапс

Development of a plant for peeling rapeseed in the electromagnetic field of ultrahigh frequency

Olga V. Mikhailova ¹	ds17823@yandex.ru
Mariana V. Belova ¹	maryana_belova_803@mail.ru
Aleksey N. Korobkov ¹	aleksey.korobkov52@mail.ru
Galina V. Novikova ¹	NovikovaGalinaV@yandex.ru

¹ Nizhny Novgorod state engineering-economic University, Oktyabrskaya st., 22 a, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia

Abstract. Currently, domestic industry uses imported raw materials. At the same time, supplies of rapeseed oil for export as raw materials account for about 80% of the production volumes. Therefore, import substitution of rapeseed oil due to an increase in its own production and a significant increase in the efficiency of processing technology with improved quality characteristics, the development of innovative technology and technical means to improve the quality of peeling of rapeseed is relevant. Depending on the grain structure, one of three methods of peeling is used: compression and shear, multiple or single blow, by abrasion of the shells. The rapeseed kernel has a fragile structure, so peeling with a multiple blow is irrational. Two requirements are imposed on the rape seed peeling process: high-quality separation of husk from the kernel and preservation of the integrity of the kernel. The article describes the developed design of the installation for peeling rape in an electromagnetic field, which allows the peeling process to be carried out at low operating costs. The process of peeling rape is possible by hydromechanical destruction and abrasion of husks on rotating abrasive disks and mutual friction of grains in the EMF microwave, followed by removal of the shells by blowing air through a hollow dielectric shaft with holes and a perforated cylindrical resonator. The article also describes the technological process of rape peeling and conducted a feasibility study on the implementation of the proposed installation. The economic effect of the use of a microwave installation for rape peeling is 124 thousand rubles/month with the volume of output 38.5 tons/month, profitability will increase by 3.7%.

Keywords: microwave installation, cylindrical resonator, critical electric field strength, q-factor, peeling, rapeseed

Для цитирования

Михайлова О.В., Белова М.В., Коробков А.Н., Новикова Г.В. Разработка установки для шелушения рапса в электромагнитном поле сверхвысокой частоты // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 27–34. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-27-34

For citation

Mikhailova O.V., Belova M.V., Korobkov A.N., Novikova G.V. Development of a plant for peeling rapeseed in the electromagnetic field of ultrahigh frequency. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 27–34. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-2-27-34

Введение

В настоящее время отечественной промышленностью используется импортное сырье (например, пальмовое, хлопковое масло). Крупнотоннажные закупки импортного масла растительного происхождения (порядка 880 тыс. т) составляют в денежном выражении около 1 млрд долл. ежегодно. В то же время поставки масла семян рапса на экспорт в качестве сырья составляют около 80% от производимых объемов продукции. В 2018 году по России урожай рапса составил 1071,4 тыс. т. В соответствии со стратегией развития перерабатывающей промышленности РФ на период до 2020 года и Государственной программой развития сельского хозяйства (в редакции постановления Правительства РФ от 8 февраля 2019 г. № 98) основной целью второго этапа является продовольственная безопасность страны, предусматривающая задачи обеспечения импортозамещения рапсового масла. Поэтому импортозамещение рапсового масла за счет увеличения собственного производства и существенного повышения эффективности технологии переработки с улучшенными качественными характеристиками, разработка инновационной технологии и технического средства, обеспечивающего повышение качества шелушения семян рапса [5–10], актуально.

Цель работы – разработка установки для шелушения рапса в электромагнитном поле при низких эксплуатационных затратах.

Задачи исследования:

- изучить существующие технологии и технические средства, применяемые для шелушения масличных культур;
- разработать способ шелушения рапса, позволяющий максимально сохранить ядро в целости;
- разработать конструкцию установки, реализующую совмещение способов шелушения однократного удара и истирания оболочек в процессе воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) на рапс;
- провести технико-экономическую оценку применения установки в фермерских хозяйствах.

Материалы и методы

Для проведения научного исследования пользовались трудами академиков: И.Ф. Бородина, Л.Г. Прищеп, Д.С. Стребкова и профессоров: Н.В. Цугленок, С.В. Вендина, А.Н. Васильева, В.А. Бутковского, А.О. Рензеева и др.

Известно, что в зависимости от строения зерна, прочности связей оболочек и ядра, прочности ядра, а также ассортимента вырабатываемой

продукции применяют один из трех способов шелушения: сжатием и сдвигом, многократным или однократным ударом, путем истирания оболочек [1]. Ядро рапса имеет хрупкое строение, поэтому шелушение многократным ударом нерационально. К процессу шелушения семян рапса предъявляют два требования: качественное отделение лузги от ядра; сохранность целостности ядра. Основные фракции – это шелушенное ядро, оболочка (лузга) и мучка (мелкие частицы ядра и лузги).

Семена рапса должны иметь влажность 6–8%, так как при влажности ниже 6% семена могут растрескиваться, а с влажностью выше 8% трудно пропустить через вальцовый станок.

Обрушение семян рапса на предприятиях проводят в вальцовых мельницах, что обеспечивает отделение лузги на 50% и измельчение масляных ядер в большом количестве. Проходя через вальцы с постоянно установленным зазором, часть семян обрушивается не полностью, либо чрезмерно измельчается, поскольку их размеры варьируются. Для снижения выхода дробленых фракций зерно обычно подвергают гидротермической обработке, которая снижает хрупкость эндосперма.

Для шелушения зерна применяют обоечные машины. Зерно под действием центробежных сил вращающегося бичевого ротора отбрасывается к поверхности цилиндра, подвергается многократному удару и интенсивному трению о ситовую поверхность между зерновками. В результате пыль и частицы плодовых оболочек отделяются от зерна [1]. Продукты шелушения и зерно разделяются воздушным потоком при последующей обработке.

Известна сверхвысокочастотная (СВЧ) установка с тороидальными резонаторами для термообработки зерна в процессе шелушения (патент № 2584029) [2]. Установка имеет цилиндрический экранирующий корпус с патрубками для приема сырья и выгрузки продукта. В экранирующем корпусе коаксиально расположен пустотелый вал и диэлектрический перфорированный цилиндр. На вал поперечно насажены тороидальные резонаторы с круглым сечением. Тор собран из ободков и соединен пустотелым кольцевым диском. На пустотелом вертикальном валу высверлены несколько радиальных отверстий, но при таком конструктивном исполнении рабочей камеры трудно согласовать равномерную подачу сырья в тороидальные резонаторы, расположенные ниже по ярусу, со скоростью их вращения.

Известна сверхвысококачественная установка для обеззараживания сыпучего сырья в непрерывном режиме (патент № 2641705) [3]. Внутри экранирующего корпуса соосно расположены ситовый цилиндр и роторы, установленные попарно. Они выполнены в виде тороидальных перфорированных резонаторов, центральные части которых представлены параллельно расположенными ферромагнитными кольцевыми дисками, скрепленными диэлектрическими штифтами. По периметру дисков закреплены ферромагнитные лопасти. По внутреннему периметру тора имеется прорезь. Роторы закреплены с помощью пустотелых валов. Внутрь первого вала направлен приемный патрубок, а последний пустотелый вал в подшипниковых опорах приводится в движение от электродвигателя. Выгрузные патрубки прикреплены к основаниям ситового цилиндра и корпуса. Установка обеспечивает:

- пересыпание сырья через пустотелые валы в междисковое пространство и отбрасывание его в тороидальную часть диэлектрическими штифтами, далее пересыпание в последующее междисковое пространство;

- перемешивание сырья и равномерное распределение потока электромагнитных излучений в торе;

- термомеханическое воздействие на сырье и удаление легких примесей через перфорацию тора и ситовый цилиндр; накопление готового продукта и удаление.

Установка имеет сложное конструктивное исполнение. Проанализированы СВЧ-установки с нетрадиционными резонаторами, обеспечивающими избирательный нагрев сырья животного происхождения, на предмет реализации рабочих камер для шелушения рапса.

Известен экспериментальный образец установки для повторного обрушивания семян рапса [4]. Установка работает следующим образом. Рушанка после вальцовый мельницы поступает в загрузочный бункер. Выстраивается необходимая частота вращения барабана, на поверхности которого установлена крыльчатка с углом атаки 90° (радиальная), которая воздухом подхватывает рушанку и под действием центробежной силы отбрасывает на ударную пластину. После удара рушанки об отбойную пластинку маслянистое ядро освобождается от лузги.

Аналогом является машина для шелушения зерна и шлифования крупы А1–ЗШН-3 с абразивными дисками на полой валу, расположенными в ситовом цилиндре, установленном в цилиндрическом корпусе [1]. При этом процесс шелушения

зерна достаточно энергоемок. Применение указанной машины для шелушения рапса неадекватно из-за особой структуры ядра.

Известно оборудование для шелушения семечек рапса ТМ-800, мощностью 10,7 кВт, производительностью 0,6–0,8 т/ч [5]. Установка имеет большие габаритные размеры 10,0 х 2,5 х 3,2 м и вес 6 т, что не приемлемо для фермерских хозяйств.

Результаты и обсуждение

Цель исследования – разработка установки для шелушения рапса путем гидромеханического разрушения и истирания оболочек о вращающиеся абразивные диски и взаимного трения зерен в ЭМПСВЧ с последующим удалением оболочек за счет продувки воздушным потоком через полый диэлектрический вал с отверстиями и перфорированный цилиндрический резонатор.

При этом предусматривается увлажнение оболочки для сохранения прочности ядра и однократный удар для разрушения прочности связей оболочек и ядра. Реализация данной идеи в конструкции установки возможна при соблюдении следующих условий:

- в горизонтально расположенном цилиндрическом корпусе, имеющем вдоль боковой поверхности прорезь и содержащем загрузочную емкость с заслонкой и распылителем, соосно установлен шлифовальный лепестковый барабан с регулируемой частотой вращения;

- к прорези одним концом пристыкована гибкая муфта, другим – к верхнему основанию цилиндрического резонатора, расположенного соосно в цилиндрическом экранирующем корпусе с регулируемым углом наклона;

- в цилиндрическом резонаторе с перфорированной боковой поверхностью соосно на полой диэлектрический вал попарно установлены мелкозернистые абразивные диски;

- к нижнему основанию резонатора пристыкована приемная емкость с заслонкой, а патрубок для выгрузки лузги пристыкован к полости между экранирующим корпусом и резонатором;

- полый диэлектрический вал имеет отверстия между ярусами абразивных дисков, а по периметру боковой поверхности экранирующего корпуса со сдвигом на 120° установлены магнетроны с воздушным охлаждением так, что излучатели направлены внутрь резонатора. Установка для шелушения рапса в ЭМПСВЧ состоит из двух модулей, соединенных с гибкой муфтой 4. Первый модуль (рисунок 1) содержит загрузочную емкость 1 с заслонкой и распылителем воды 12; горизонтально расположенный

цилиндрический корпус 2; барабан 3 шлифовальный лепестковый. Второй модуль (рисунок 2) с регулируемым углом наклона содержит: цилиндрический перфорированный резонатор 5 в цилиндрическом экранирующем корпусе 6; магнетроны 7 от СВЧ-генераторов; поярусно расположенные диски 8 из мелкозернистого абразивного материала; вал 9 полый диэлектрический с отверстиями; приемную емкость 10 с заслонкой для выгрузки ядер; патрубок 11 для выгрузки лузги. В горизонтально расположенном

цилиндрическом корпусе, имеющем прорезь вдоль боковой поверхности и содержащем загрузочную емкость с заслонкой и с распылителем воды, соосно установлен барабан шлифовальный лепестковый с регулируемой частотой вращения. К прорези на боковой поверхности цилиндрического корпуса пристыкован один конец гибкой муфты, другой – к верхнему основанию цилиндрического резонатора, расположенного соосно в экранирующем корпусе с регулируемым углом наклона.

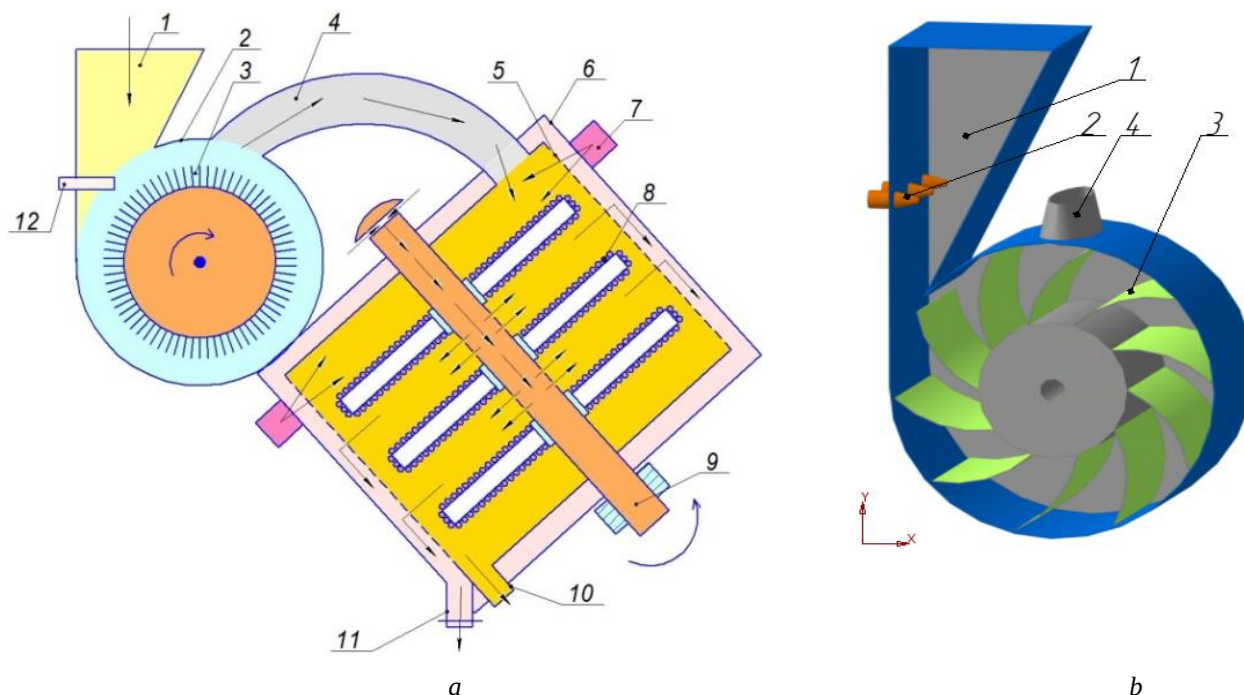


Рисунок 1. Установка для шелушения рапса в ЭМПСВЧ: *a* – схематическое изображение; *b* – пространственное изображение первого модуля; 1 – загрузочная емкость с заслонкой; 2 – цилиндрический корпус; 3 – барабан шлифовальный лепестковый; 4 – гибкая муфта; 5 – цилиндрический перфорированный резонатор; 6 – экранирующий корпус; 7 – магнетроны от СВЧ-генераторов; 8 – диски из мелкозернистого абразивного материала; 9 – вал полый диэлектрический с отверстиями; 10 – приемная емкость; 11 – патрубок для выгрузки лузги; 12 – распылитель воды

Figure 1. Installation for peeling rapeseed in APPSVC: *a* – schematic; *b* – perspective view of the first module; 1 – boot capacity with flap; 2 – cylindrical body; 3 – drum sanding flap; 4 – sprocket; 5 – cylindrical perforated resonator; 6 – shielding housing; 7 – cavity magnetrons of the microwave generators; 8 – disks of fine abrasive material; 9 – dielectric hollow shaft with holes; 10 – reception capacity; 11 – pipe for the discharge of husks; 12 – water spray

В цилиндрический резонатор установлены поярусно расположенные диски 8 на полom диэлектрическом валу. К нижнему основанию резонатора 5 пристыкована приемная емкость 10 с заслонкой, а патрубок 11 для выгрузки лузги пристыкован к полости между экранирующим корпусом 6 и резонатором 5. Полый диэлектрический вал 9 имеет отверстия между ярусами абразивных дисков 8, а по периметру боковой поверхности экранирующего корпуса со сдвигом на 120° установлены магнетроны с воздушным охлаждением, так, что излучатели направлены внутрь перфорированного резонатора.

Технологический процесс шелушения рапса за счет гидромеханического разрушения и истирания оболочек в резонаторной камере сверхвысокочастотной установки происходит следующим образом. Включают электродвигатель барабана 3 шлифовального лепесткового, обеспечивающего эффективную частоту вращения. В зависимости от физико-механических свойств семян рапса устанавливают оптимальный угол наклона второго модуля, содержащего поярусно расположенные абразивные диски 8 на полom валу 9. Включают электропривод дисков для вращения с оптимальной скоростью.

Открывают заслонку загрузочной емкости на необходимый расход. Включают распылитель воды 12. Засыпают рапс в загрузочную емкость.

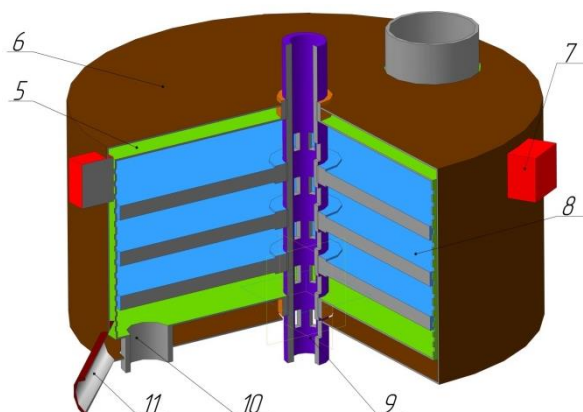


Рисунок 2. Пространственное изображение второго модуля установки для шелушения рапса в ЭМПСВЧ
Figure 2. Spatial images of the second module installer for peeling rapeseed in MPSVC

После чего рапс, поверхность которого увлажнена распылителем, с помощью шлифовальных лепестков барабана 3 за счет центробежной силы выбрасывается через прорезь на боковой поверхности корпуса 2 в гибкую муфту 4. Форма гибкой муфты 4 отрегулирована с учетом траектории движения зерен рапса после отрыва от шлифовальных лепестков барабана 3. Шлифовальные лепестки барабана 3 обеспечивают микротрещины в покрове зерен рапса, что способствует усилению градиента влажности к центру зерна, а следовательно, снижению вероятности раскола ядра при ударе о поверхность абразивного диска. Далее зерна рапса ударяются о диск верхнего яруса, находящегося в перфорированном резонаторе, где возбуждено ЭМПСВЧ. Удар обеспечивает разрушение связи между ядром и лузгой, т. е. нарушается целостность лузги. В процессе вращения дисков мелкозернистый абразивный материал сдирает лузгу. Причем градиент температуры и градиент влажности, направленные от центра к периферии семян рапса, в процессе термообработки в ЭМПСВЧ обеспечивают полное шелушение, т. е. отделение ядра от лузги. Ядро выводится через патрубок 10. Гидротермическая обработка рапса снижает хрупкость ядра.

Воздушный поток, проходя через полый вал 9 и отверстия, имеющиеся между абразивными дисками 8, и через перфорированный цилиндрический резонатор, уносит лузгу и мучку в кольцевую полость между резонатором и экранствующим корпусом, далее смесь лузги и мучки выводится через патрубок 11. После чего отличающуюся аэродинамическими свойствами лузгу отвеивают в аспираторах.

Большая скорость вращения барабана 3 шлифовального лепесткового может привести к разрушению ядра в процессе удара об абразивные диски, поэтому сила удара должна обеспечить только разрушение связи между ядром и лузгой увлажненного рапса. Угол наклона модуля, а следовательно, дисков 8 также влияет на силу удара. Поэтому чем больше угол наклона абразивных дисков, тем меньше сила удара семян рапса, но продолжительность нахождения семян на диске больше, и, следовательно, истирание покрова семян больше и больше продолжительность воздействия ЭМПСВЧ. Скорость удара зерен рапса о вращающиеся абразивные диски, при которой происходит шелушение, зависит от влажности и сортовых особенностей.

Продолжительность нахождения семян в ЭМПСВЧ зависит от скорости вращения абразивных дисков и угла наклона второго модуля. При большой скорости вращения дисков активнее будет задействован мелкозернистый абразивный материал на его боковой поверхности. Достоинства предлагаемой установки: высокая технологическая эффективность, сравнительно малые энергетические затраты.

Технико-экономическая оценка внедрения установки для шелушения рапса в ЭМПСВЧ

Нами проанализирована экономическая эффективность применения установки для шелушения рапса в электромагнитном поле сверхвысокой частоты с учетом балансовой стоимости конструкции, эксплуатационных затрат на обеспечение процесса проектного и базового вариантов. С учетом затрат труда на сборку конструкции примерная балансовая стоимость установки составляет 130 тыс. р. Проектируемая производительность установки для шелушения рапса равна 0,25 т/ч. Общая мощность установки составляет 10 кВт. В том числе мощность электродвигателя для привода вала 3,4 кВт, мощность СВЧ-генераторов 3,6 кВт, мощность вентилятора для охлаждения магнетронов 0,25 Вт, мощность привода барабана 1,5 кВт, мощность для перемещения воздуха через пустотелый вал 1,25 кВт. Энергетические затраты 40 кВт·ч/т. По известной методике подсчитана разность приведенных затрат на технологический процесс шелушения рапса базовым и проектным вариантами.

Эксплуатационные расходы на шелушения рапса в СВЧ-установке (таблица 1).

Производительность СВЧ-установки составляет 0,25 т/ч:

- за смену $0,25 \cdot 7 = 1,75$ т/смену;
- за месяц (22 рабочих дней):
 $1,75 \cdot 22 = 38,5$ т/мес;

Затраты на оплату труда оператора, обслуживающего установку, составляет

$$8800 \cdot 1,09 \cdot 1,2 \cdot 1,97 = 22675,5 \text{ р./мес.},$$

где 8800 р. – минимальная оплата труда оператора 1-го разряда; 1,09 – тарифный коэффициент работника 3-го разряда; 1,2 – отраслевой коэффициент за условия труда; 1,97 – общий коэффициент всех доплат и начислений к тарифной ставке.

Затраты на электроэнергию:

$$40 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т} \cdot 38,5 \text{ т/мес} \cdot 2,8 \text{ р./кВт} \cdot \text{ч} = 4312 \text{ р./мес.}$$

Амортизационные отчисления:

$$130\,000 \cdot 0,2/12 = 2167 \text{ р./мес.}$$

Текущий ремонт:

$$130\,000 \cdot 0,24/12 = 2600 \text{ р./мес.}$$

Прочие расходы:

$$(22675,5 + 4312 + 2167 + 2600) \cdot 0,05 = 1588 \text{ р./мес.}$$

Общехозяйственные и общепроизводственные расходы:

$$(22675,5 + 4312 + 2167 + 2600 + 1588) \cdot 0,15 = 4641 \text{ р./мес.}$$

Общая сумма эксплуатационных расходов:

$$22675,5 + 4312 + 2167 + 2600 + 1588 + 4641 = 35584 \text{ р./мес.}$$

Себестоимость эксплуатационных затрат на шелушение рапса:

$$35584/38,5 = 924 \text{ р./т.}$$

Себестоимость рапса по проектному варианту. Цена нешелушенного рапса 20000 р./т.

Себестоимость шелушенного рапса $20000 + 924 = 20924 \text{ р./т.}$

Таблица 1.

Экономические показатели внедрения СВЧ-установки

Table 1.

Economic indicators of microwave installation implementation

Показатели Indicators	Базовая Base	Проектная Design
Балансовая стоимость, р. Book value, RUB.	600000	130000
Производительность установки, т/ч Plant capacity, t / h	0,25	0,25
Потребляемая мощность, кВт Power consumption, kW	27	10
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч/т Electricity consumption, kWh / t	108	40
Эксплуатационные расходы на сбор волосяного покрова, р./мес Operating costs for hair collection, RUB / month	65403	35584
Себестоимость расходов на шелушение рапса, р./т Cost of rapeseed peeling costs, RUB / t	1699	924
Цена рапса, р./т Price of rapeseed, RUB/t	20000	20000
Себестоимость шелушенного рапса, р./т The cost of the rapeseed peeling, RUB/t	21699	20924
Цена реализации пуха, р./т Sale price of down, RUB t	22000	22000
Прибыль, р./т Profit, RUB/t	300	1076
Объем шелушенного рапса, т/мес. The volume of shelled rapeseed, t month	38,5	38,5
Капитальные затраты, р./т(мес.) Capital cost, RUB/(t/month)	15584	3377
Экономический эффект, р./мес. Economic effect, RUB/month $((1699 + 0,2 \cdot 15584) - (924 + 0,2 \cdot 3377)) \cdot 38,5$	123832	
Рентабельность, % Profitability, %	1,4	5,14
Срок окупаемости, мес. Payback period, month		1

Эксплуатационные затраты на обеспечение процесса базового варианта. За базовый вариант принимаем машину для шелушения зерна постепенным снятием оболочек в результате их интенсивного истирания марки А1-3ШН-3 [6]. Стоимость такой установки – 600 тыс. р. Производительность для шелушения проса 0,25 т/ч, количество абразивных кругов 6 шт., частота вращения вала 850 об/мин., расход воздуха на аспирацию до 900 м³/ч. Мощность электродвигателя для привода вала 22 кВт, а вентилятора – 5 кВт. Общая мощность машины 27 кВт. Энергетические затраты 108 кВт·ч/т.

Затраты на оплату труда оператора 22675,5 р./мес.

Затраты на электроэнергию:

$$108 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т} \cdot 38,5 \text{ т/мес} \cdot 2,8 \text{ р./кВт} \cdot \text{ч} = 11642 \text{ р./мес.}$$

Амортизационные отчисления:

$$600\,000 \cdot 0,2/12 = 10000 \text{ р./мес.}$$

Текущий ремонт:

$$600\,000 \cdot 0,24/12 = 12000 \text{ р./мес.}$$

Прочие расходы:

$$(22675,5 + 11642 + 10000 + 12000) \cdot 0,05 = 2816 \text{ р./мес.}$$

Общехозяйственные и общепроизводственные расходы:

$$(22675,5 + 11642 + 10000 + 12000 + 2816) \cdot 0,15 = 8870 \text{ р./мес.}$$

Общая сумма эксплуатационных расходов:

$$22675,5 + 11642 + 10000 + 12000 + 2816 + 8870 = 65403 \text{ р./мес.}$$

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бутковский В.А., Мельников Е.М. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. М.: Агропромиздат, 1989. 464 с.
- 2 Пат. № 2641705, RU, A23N17/00. Сверхвысокочастотная установка для обеззараживания сыпучего сырья в непрерывном режиме / Осокин В.Л., Коробков А.Н., Белов А.А., Михайлова О.В., Новикова Г.В.; заявитель и патентообладатель ООО «НГИЭИ-ЭНЕРГО. № 2016148587; Заявл. 09.12.2016; Опубл. 22.01.2018, Бюл. № 3.
- 3 Тараканов Д.А., Михайлова О.В., Коробков А.Н. Разработка СВЧ-установки для пастеризации отбракованного молока // Вестник НГИЭИ. 2018. № 10 (89). С. 44–55.
- 4 Оборудование для шелушения семечек рапса TM-800. URL: <http://apkonline.ru/oborudovanie-orekhi-semechki/oborudovanie-dlya-shelusheniya-semechek-rapsa-tm-800-88474.htm>
- 5 Zhang J., Wagan T.A., Chakira H., Liu X. et al. Effects of Electromagnetic Fields on *Liriomyza brassicae*, *Lipaphis pseudobrassicae* and *Cornu aspersum* Populations // Journal of the Kansas Entomological Society. 2016. V. 89. № 4. P. 338–345.
- 6 Han Z., Cai M.J., Cheng J.H., Sun D.W. Effects of electric fields and electromagnetic wave on food protein structure and functionality: A review // Trends in food science & technology. 2018. V. 75. P. 1–9.
- 7 Fan Y. et al. Microwave-induced carbonization of rapeseed shell for bio-oil and bio-char: Multi-variable optimization and microwave absorber effect // Energy Conversion and Management. 2019. V. 191. P. 23–38.
- 8 Xu B., Wei B., Ren X., Liu Y. et al. Dielectric Pretreatment of Rapeseed 1: Influence on the Drying Characteristics of the Seeds and Physico-chemical Properties of Cold-Pressed Oil // Food and bioprocess technology. 2018. V. 11. № 6. P. 1236–1247.
- 9 Bulak P., Lata L., Plak A., Wiącek D. et al. Electromagnetic field pretreatment of *Sinapis alba* seeds improved cadmium phytoextraction // International journal of phytoremediation. 2018. V. 20. № 4. P. 338–342.
- 10 Bansal N., Dhaliwal A.S., Mann K.S. Dielectric characterization of rapeseed (*Brassica napus* L.) from 10 to 3000 MHz // Biosystems Engineering. 2016. V. 143. P. 1–8.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга В. Михайлова д.т.н., профессор, кафедра инфокоммуникационных технологий и систем связи, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22, г. Княгинино, 606340, Россия, ds17823@yandex.ru

Себестоимость эксплуатационных затрат на шелушение рапса:

$$65403/38,5 = 1699 \text{ р./т.}$$

Себестоимость рапса по проектному варианту $20000 + 1699 = 21699 \text{ р.}$

Экономический эффект от применения СВЧ-установки для шелушения рапса составляет 124 тыс. р./мес. при объеме выработанной продукции 38,5 т/мес., рентабельность повысится на 3,7%.

REFERENCES

- 1 Butkovskiy V.A., Melnikov E.M. Tekhnologiya mukomol'nogo, krupyanogo i kombikormovogo proizvodstva [Technology of milling, grain and feed production]. Moscow, Agropromizdat, 1989. 464 p. (in Russian).
- 2 Osokin V.L., Korobkov A.N., Belov A.A., Mikhailova O.V., Novikova G.V. Sverkhvysokochastotnaya ustanovka dlya obezrazhivaniya syuchego syr'ya v nepreryvnom rezhime [Microwave installation for continuous disinfection of bulk materials]. Patent RF, no. 2641705, 2018.
- 3 Tarakanov D.A., Mikhailova O.V., Korobkov A.N. Development of a microwave installation for pasteurization of rejected milk. *Vestnik NGIEI* [Herald NGIEI]. 2018. no. 10 (89). pp. 44–55. (in Russian).
- 4 Oborudovaniye dlya shelusheniya semechek rapsa TM 800 [Equipment for peeling rapeseed TM-800]. Available at: <http://apkonline.ru/oborudovanie-orekhi-semechki/oborudovanie-dlya-shelusheniya-semechek-rapsa-tm-800-88474.htm> (in Russian).
- 5 Zhang J., Wagan T.A., Chakira H., Liu X. et al. Effects of Electromagnetic Fields on *Liriomyza brassicae*, *Lipaphis pseudobrassicae* and *Cornu aspersum* Populations. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 2016. vol. 89. no. 4. pp. 338–345.
- 6 Han Z., Cai M.J., Cheng J.H., Sun D.W. Effects of electric fields and electromagnetic wave on food protein structure and functionality: A review. *Trends in food science & technology*. 2018. vol. 75. pp. 1–9.
- 7 Fan Y. et al. Microwave-induced carbonization of rapeseed shell for bio-oil and bio-char: Multi-variable optimization and microwave absorber effect. *Energy Conversion and Management*. 2019. vol. 191. pp. 23–38.
- 8 Xu B., Wei B., Ren X., Liu Y. et al. Dielectric Pretreatment of Rapeseed 1: Influence on the Drying Characteristics of the Seeds and Physico-chemical Properties of Cold-Pressed Oil. *Food and bioprocess technology*. 2018. vol. 11. no. 6. pp. 1236–1247.
- 9 Bulak P., Lata L., Plak A., Wiącek D. et al. Electromagnetic field pretreatment of *Sinapis alba* seeds improved cadmium phytoextraction. *International journal of phytoremediation*. 2018. vol. 20. no. 4. pp. 338–342.
- 10 Bansal N., Dhaliwal A.S., Mann K.S. Dielectric characterization of rapeseed (*Brassica napus* L.) from 10 to 3000 MHz. *Biosystems Engineering*. 2016. vol. 143. pp. 1–8.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga V. Mikhailova Dr. Sci. (Engin.), professor, infocommunication technologies and communication systems department, Nizhny Novgorod state engineering-economic University, Oktyabrskaya st., 22, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia, ds17823@yandex.ru

Марьяна В. Белова д.т.н., профессор, д.т.н., профессор, кафедра электрификации и автоматизации, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22, г. Княгинино, 606340, Россия, maryana_belova_803@mail.ru

Алексей Н. Коробков к.т.н., доцент, кафедра электрификации и автоматизации, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22, г. Княгинино, 606340, Россия, aleksey.korobkov52@mail.ru

Галина В. Новикова д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская, 22, г. Княгинино, 606340, Россия, NovikovaGalinaV@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.03.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.05.2019

Mariana V. Belova Dr. Sci. (Engin.), professor, electrification and automation department, Nizhny Novgorod state engineering-economic University, Oktyabrskaya st., 22, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia, maryana_belova_803@mail.ru

Aleksey N. Korobkov Cand. Sci. (Engin.), docent, electrification and automation department, Nizhny Novgorod state engineering-economic University, Oktyabrskaya st., 22, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia, aleksey.korobkov52@mail.ru

Galina V. Novikova Dr. Sci. (Engin.), professor, lead researcher, Nizhny Novgorod state engineering-economic University, Oktyabrskaya st., 22, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russia, NovikovaGalinaV@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.10.2019

ACCEPTED 5.18.2019