

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ
ПРЕДПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЕМ
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ****Котин А.И., Новикова Г.В., Зайцев П.В., Михайлова О.В.**

Реферат. Целью обработки клубней картофеля перед посадкой комплексным воздействием электрофизических факторов является обеззараживание от ряда вредителей, активизация клеток клубней картофеля для ускорения и повышения их всхожести, с исключением побочных действий на физико-химический состав выращенного картофеля. Установка содержит тороидальный резонатор, внутри тора расположен транспортер, выгрузной ограничитель и движущийся фторопластовые скребки. В конденсаторном пространстве расположены электрогазоразрядные лампы, подключенные к источникам килогерцовой частоты и вращающийся диск с распределителем. На поверхности тора установлены магнетроны. Под тором установлен индукционный нагреватель. В торе имеются окна для выгрузки отходов клубней картофеля. Разработанная установка содержит разные источники электромагнитных излучений: сверхвысокочастотные генераторы, обеспечивающие эндогенное прогревание клубней картофеля и профилактику от болезней и вредителей; индукционный нагреватель для уничтожения жуков и других вредителей за счет термического ожога; генераторы высокочастотного (110 кГц) переменного импульсного тока с высоким напряжением и электрогазоразрядными лампами, обеспечивающие ускорение биохимических реакций, насыщение клубней кислородом, повышение упругости кожуры клубней и ее проницаемости. Весь этот комплекс источников энергии способствует активизации клеток клубней картофеля, ускорению и повышению всхожести. С помощью одной установки, производительностью до 300 кг/ч можно провести предпосадочную обработку до 20 тонн клубней картофеля размером не более 6 см, при удельных энергетических затратах до 0,2 кВт·ч/кг.

Ключевые слова: сверхвысокочастотный генератор, тороидальный резонатор, электрогазоразрядные лампы, индукционный нагреватель, клубни картофеля.

Введение. Известно, что урожайность картофеля во многом зависит от качества посевных клубней, следовательно, повышение их посевных качеств актуально. В средних фермерских хозяйствах площади под посадку картофеля достигают 50 гектар, при норме посадки 2,5 тонн на гектар требуется провести предпосадочную обработку 125 тонн клубней картофеля. Сегодня для предпосадочной обработки картофеля используют химические средства. Обработывают агропрепаратами с целью профилактики от болезней, вредителей, стимуляции роста. Наиболее часто для обеззараживания используют такие препараты: Максим, Фитоспорин-М, их комбинируют с другими фунгицидами и стимуляторами роста. Они защищают урожай от болезней на всех этапах роста, но не исключают побочные действия на человека [1]. При работе с любыми химическими веществами важно соблюдать меры безопасности и не превышать рекомендуемые производителем дозы, что трудно соблюдать в условиях фермерских хозяйств.

Известны положительные результаты воздействия электрофизических способов обработки продуктов [2-5]. Например, технология обработки электрофизическими факторами клубней картофеля позволяет предотвратить загрязнение сельскохозяйственных земель и без химического вмешательства эффективнее использовать возможности самого клубня картофеля. Известны способы предпосадочной

стимулирующей обработки клубней картофеля низкочастотными (8-19 Гц) магнитными полями [6]: патенты №2415536 от 22.06.2009 г., № 2435349 от 13.03.2009 г., №2483513 от 29.12.2012 г., № 2407264 от 16.03.2009 г. Установка содержит индуктор, но продолжительность обработки при частоте 16 Гц достигает до 15-20 мин, что является недостатком.

Известны медицинские источники излучений килогерцовой частоты, как «Дарсонваль» и «Ультратон» [7]. Наши исследования показывают, что эффект их воздействия можно увеличить, помещая электрогазоразрядные лампы, подключенные к источникам килогерцовой, в электромагнитное поле сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) [8].

Известны индукционные нагреватели, например, индукционные варочные плиты с точным температурным контролем [9]. К преимуществам следует отнести то, что нагрев самой стеклокерамической поверхности не происходит, КПД достигает до 0,9, а расход электроэнергии в 1,5 раза меньше, чем у электроплиты. Поэтому для обеспечения термического ожога вредителей, в технологической схеме обработки клубней предусмотрен индукционный нагрев.

С учетом того, что в России и за рубежом технологии создания изделий СВЧ электроники отнесены к критическим технологиям (Стратегическая программа от 17.12.2012 г.),

нами разрабатываются резонаторные камеры сверхвысокочастотных радиогерметичных многогенераторных установок с использованием магнетронов малой мощности с воздушным охлаждением для обработки сельскохозяйственного сырья в непрерывном режиме.

Условия, материалы и методы исследований. Объектом исследования являются технологические процессы, обеспечивающие профилактику клубней картофеля от вредителей и стимуляцию роста; экспериментальный образец установки, реализующей комплексное воздействие физических факторов на клубни картофеля в непрерывном режиме.

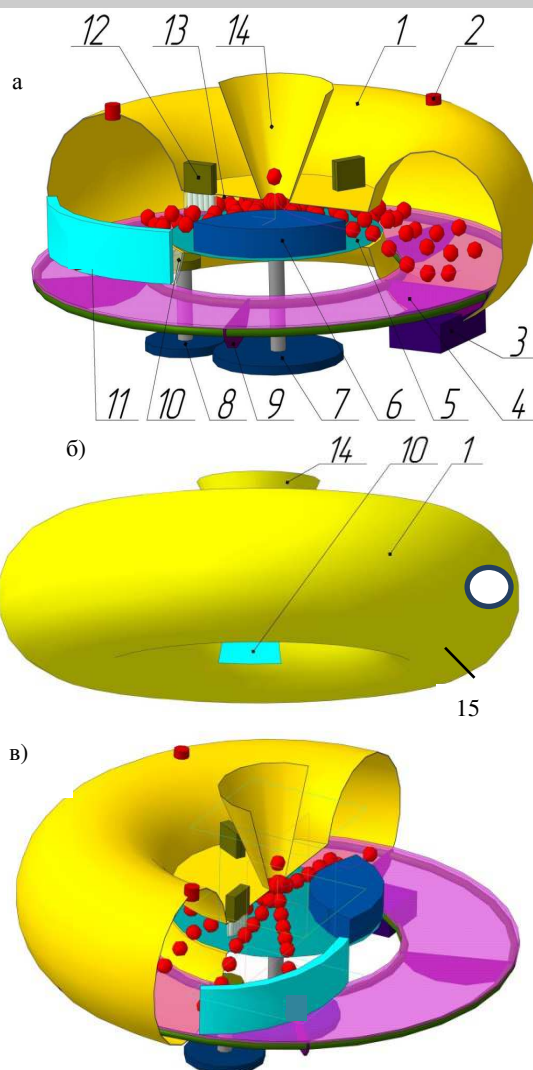
Теоретические исследования проводились на основе анализа электрофизических факторов воздействия на сырье, с использованием математических аппаратов, теории электромагнитного поля сверхвысокой частоты, индукционного нагрева и дарсонвализации. Обоснование электродинамических характеристик системы проводили путем вычисления распределения электромагнитного поля в разработанном тороидальном резонаторе в режиме переходного процесса по программе CST Microwave Studio.

Анализ и обсуждение результатов исследований. Целью профилактической обработки клубней картофеля перед посадкой комплексным воздействием электрофизических факторов является обеззараживание от ряда вредителей, активизация клеток клубней картофеля для ускорения и повышения их всхожести, с исключением побочных действий на физико-химический состав выращенного картофеля.

Технической задачей исследования является устранения недостатков при использовании химических препаратов, снижение эксплуатационных затрат при реализации технологии предпосадочной обработки клубней картофеля и использовании установки в фермерских хозяйствах за счет комплексного воздействия таких физических факторов как: электромагнитное поле сверхвысокой частоты, коронного разряда, ультрафиолетовых лучей, озона и индукционного нагрева.

Установка для предпосадочной обработки клубней картофеля воздействием электрофизических факторов (рисунок 1) состоит из тороидального резонатора 1, выполненного в виде тора круглого сечения, средний периметр которого равен кратной половине длины волны.

Средняя часть тороидального резонатора выполнена из двух плоскопараллельных круглых плоскостей, образуя конденсаторное пространство 13. В этом пространстве соосно резонатору установлен диск 5, который приводится в движение от электродвигателя. Над диском 5 жестко установлен диэлектрический



- 1 – тороидальный резонатор; 2 – излучатели СВЧ энергии; 3 – индукционный нагреватель;
- 4 – диэлектрический сеточный транспортер;
- 5 – вращающийся диск;
- 6 – диэлектрический распределитель клубней;
- 7 – привод диска с ведущим шкивом;
- 8 – ведомый шкив для привода сеточного транспортера; 9 – диэлектрические скребки для выгрузки отходов; 10 – выгрузное окно для клубней;
- 11 – выгрузной диэлектрический ограничитель;
- 12 – источники килогерцовой частоты;
- 13 – конденсаторное пространство;
- 14 – загрузочная воронка;
- 15 – окно для выгрузки отходов

Рисунок 1 –Установка для предпосадочной обработки клубней картофеля, воздействием электрофизических факторов: а) общий вид в разрезе; б) тороидальный резонатор; в) вид сверху в разрезе;

распределитель клубней 6 в виде обтекаемой поверхности. Через верхнюю круглую плоскость равномерно по периметру направлены в конденсаторное пространство 13 съемные электрогазоразрядные лампы, запитанные от источников килогерцовой частоты 12.

Электрогазоразрядные лампы окружены сеткой, предохраняющей от удара клубней. По

центру этой же круглой плоскости установлена загрузочная воронка 14. Через поверхность тора направлены излучатели СВЧ энергии 2 от магнетронов. Они расположены со сдвигом на 120 градусов, для того, чтобы не нарушить работу соседних магнетронов. Внутри тора движутся транспортер 4 и скребки 9, за счет ведомого шкива 8 и приводной шестерни, установленной на вал. Над транспортером жестко закреплен выгрузной диэлектрический ограничитель 11, направляющий клубни картофеля к окну 10 с запредельным волноводом. Установленные под транспортером фторопластовые скребки 9 движутся вместе с ним и предназначены для выгрузки отходов из тора через окно 15 и запредельный волновод. Под тором установлен индукционный нагреватель 3, при этом сегмент тора над ним выполняет вторичную обмотку индуктора. Итак, установка содержит три разных источника электромагнитных излучений:

- сверхвысокочастотные генераторы (основные узлы - магнетрон, излучатель);
- индукционный нагреватель (первичная обмотка и сегмент тора);
- источники килогерцовой частоты (генератор и электрогазоразрядные лампы), генерирующие высокочастотный переменный импульсный ток с высоким напряжением, величина которого в пределах 2-15 кВ, частота тока 110 кГц.

Технологический процесс предпосадочной обработки клубней картофеля происходит следующим образом. Загрузить клубни картофеля в загрузочную воронку 14. Включить электропривод диска 5, после чего за счет ведущего шкива вращается ведомый шкив 8, приводящий в движение транспортера 4 и скребки 9. Включить источники килогерцовой частоты 12 и индукционный нагреватель 3, далее сверхвысокочастотные генераторы, излучатели 2 которых возбуждают в тороидальном резонаторе ЭМПСВЧ.

В тороидальном резонаторе возбуждается бегущая волна с частотой 2450 МГц [10], и под воздействием ЭМПСВЧ клубни картофеля эндогенно нагреваются до 35°C, что ускоряет ферментативную деятельность клубней, тем самым повышается их всхожесть. В конденсаторном пространстве 13 напряженность электрического поля достаточно высокая (более 2 кВ/см), что и обеспечивает профилактику клубней картофеля от болезней и вредителей.

Электрогазоразрядные лампы 12 находятся от клубней картофеля на расстоянии нескольких миллиметров (3-5 мм). При этом между лампами и клубнями возникает небольшой электрический разряд, обеспечивающий ускорение биохимических реакций, насыщение клубней кислородом, повышение упругости

кожуры клубней и ее проницаемости [7]. Электрический разряд обладает бактерицидным и бактериостатическим (задержкой размножения бактерий) действием. При разрядах образуется озон, обладающий дезинфицирующим действием. Преобразование высоковольтного напряжения в коронный разряд необходимой силы происходит благодаря электрогазоразрядных ламп. Сложные физические и электрохимические процессы с участием инертных газов в лампе, позволяют получить несколько факторов. Инертный газ приобретает свойства электропроводника, затем через слой воздуха между лампой и клубнями картофеля, через картофель и диск 5 замыкается на землю. В результате возникает коронный разряд, следовательно, происходит выделение озона, тепла и ультрафиолетового излучения в конденсаторном пространстве 13. Весь этот комплекс факторов способствует активизации клеток клубней картофеля, что позволяет ускорить и повысить их всхожесть.

В связи с тем, что индукционные нагреватели установлены под сегментом дна тора, то электромагнитная катушка (первичная обмотка) генерирует магнитное поле, и сегмент дна поверхности тора, выполненный из ферромагнитного материала, размером не менее 70 % поверхности конфорки индукционной плиты, нагревается за счет вихревых токов. При попадании вредителей, отделенных сеткой транспортера 4, с помощью передвижных фторопластовых скребков 9 до нагретого сегмента тора, они уничтожаются за счет термического ожога и выводятся через выгрузное окно 15 и запредельный волновод.

Выбор режимов воздействия факторов зависит от сорта и сроков созревания картофеля. Использование такой установки с разными электрофизическими факторами позволит получить экологически чистую продукцию, отвечающую всем требованиям стандартов. Данную установку рекомендуется использовать для предпосадочной обработки клубней картофеля размером не более 6 см. Это связано с обеспечением в конденсаторном пространстве высокой напряженности электрического поля, с глубиной проникновения сантиметровых волны в клубни картофеля, а также с упрощением конструкции запредельных волноводов. Они предусмотрены в выгрузных окнах 10 и 15. Равномерный нагрев клубней и непрерывный режим работы установки обеспечивается за счет транспортирования в торе с помощью сеточного транспортера.

Технические характеристики установки для предпосадочной обработки клубней картофеля комплексным воздействием электрофизических факторов приведены в таб. 1.

С помощью предлагаемой установки, про-

Таблица 1 – Технические характеристики установки

Производительность, кг/ч	250-300
Мощность СВЧ генераторов, кВт	3,6
Мощность источников килогерцовой частоты, кВт	0,225
Мощность индукционного нагревателя при температуре нагрева 150°С, кВт	1,0
Мощность мотора-редуктора МЭО-6,3/12,5 для привода транспортера, 2,4/4,8 об/мин	0,043
Мощность установки, кВт	4,9
Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,015-0,2

изводительностью до 300 кг/ч можно обрабатывать весь объем клубней картофеля (125 тонн) в фермерских хозяйствах перед посадкой за 400 часов, т.е. за 40 дней. Но исследования показывают, что продолжительность эффекта от комплексного воздействия электрофизических факторов до 6 суток. Следовательно, можно провести предпосадочную обработку до 20 тонн клубней картофеля, размером не более 6 см с помощью одной такой установки, при удельных энергетических затратах до 0,2 кВт·ч/кг.

Выводы и рекомендации. Разработанная установка содержит разные источники электромагнитных излучений:

- сверхвысокочастотные генераторы, обеспечивающие эндогенное прогревание клубней картофеля и профилактику от болезней и вредителей;
- индукционный нагреватель для уничтожения жуков и других вредителей за счет термического ожога;
- генераторы высокочастотного (110 кГц)

переменного импульсного тока с высоким напряжением и электрогазоразрядными лампами, обеспечивающие ускорение биохимических реакций, насыщение клубней кислородом, повышение упругости кожуры клубней и ее проницаемости.

Весь этот комплекс источников энергии способствует активизации клеток клубней картофеля, ускорению и повышению всхожести.

С помощью одной установки, производительностью до 300 кг/ч можно провести предпосадочную обработку до 20 тонн клубней картофеля размером не более 6 см, при удельных энергетических затратах до 0,2 кВт·ч/кг.

Использование нового метода предпосадочной обработки клубней картофеля может повысить урожайность до 15 % и улучшить качество картофеля, повысить требования к гигиенической безопасности продукта, снизить остроты экологической проблемы, поэтому рекомендуется к применению разработанной установки в фермерских хозяйствах.

Литература

1. SeloMoe.ru>kartofel/obrabotka-kartofelya-pered.
2. Рогов И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 272 с.
3. Рогов И.А., Горбатов А.В. Физические методы обработки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 583 с.
4. Рогов И.А., Некрутман С.В. Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1986. - 361 с.
5. Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов: справочник / Под ред. И.А. Рогова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 288 с.
6. Титенкова М.С., Макарова Г.В. Оценка основных параметров электрофизических способов предпосадочной обработки клубней картофеля // Инновации в сельском хозяйстве. – № 4 (14). – 2015. – С. 34-37.
7. <http://fb.ru/article/322002/instruktsiya-po-primeneniyu-ultrasona-apparat-ultrason-instruktsiya-poprimeneniyu-protivopokazaniya>
8. Патент № 2626156 РФ, МПК А 23 N17/00. Радиоволновые установки для термообработки сырья / А.А. Белов, Г.В. Жданкин, Г.В. Новикова, О.В. Михайлова, И.Г. Ершова; заявитель и патентообладатель НГСХА (RU). – № 2016133572; заявл. 15.08.2016. Бюл. № 21 от 2107.2017. – 10 с.
9. <http://home-gid.com/tehnika/induktsionnye-varochnye-paneli-preimushhestva-i-nedostatki.html>.
10. Жданкин Г.В. Совершенствование и обоснование параметров СВЧ установки с тороидальным резонатором и с ячеистым ротором для термообработки сырья / А.А. Белов, Г.В. Жданкин, Г.В. Новикова // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 3 (70). – С. 57-66.

Сведения об авторах:

Котин Александр Иванович – преподаватель кафедры «Охрана труда», e-mail: kotinalex87@mail.ru
 ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г Чебоксары, Россия
 Новикова Галина Владимировна – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: NovikovaGalinaV@yandex.ru
 ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», г. Н. Новгород, Россия
 Зайцев Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры «Механизация, электрификация

и автоматизация», e-mail: zaycevp@mail.ru
 ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г Чебоксары, Россия
 Михайлова Ольга Валентиновна – доктор технических наук, профессор кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», e-mail: ds17823@yandex.ru
 ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», г. Н. Новгород, Россия.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF INSTALLATION FOR PRE-SOWING TREATMENT OF POTATOES EXPOSURE TO ELECTROPHYSICAL FACTORS

Kotin A.I., Novikova G.V., Zaytsev P.V., Mikhaylova O.V.

Abstract. The purpose of processing potato tubers before planting by the complex effect of electrophysical factors is disinfection from a number of pests, activating the cells of potato tubers to accelerate and increase their germination, with the exception of side effects on the physico-chemical composition of the grown potatoes. The installation contains a toroidal cavity, inside the torus there is a conveyor, an unloading stopper and moving fluoroplastic scrapers. In the condenser space are electro-discharge lamps, connected to sources of a kHz frequency and a rotating disk, with a distributor. On the surface of the torus mounted magnetrons. An induction heater is installed under the torus. The torus has windows for unloading potato tuber waste. The developed installation contains various sources of electromagnetic radiation: microwave generators, which provide endogenous heating of potato tubers and prevent diseases and pests; induction heater to kill beetles and other pests due to thermal burns; high-frequency (110 kHz) alternating pulsed current generators with high voltage and electro-gas-discharge lamps, which accelerate biochemical reactions, saturate tubers with oxygen, increase the elasticity of the tuber peel and its permeability. This whole complex of energy sources contributes to the activation of potato tuber cells, accelerating and improving germination. Using a single unit with a capacity of up to 300 kg/h, it is possible to carry out preplant processing of up to 20 tons of potato tubers no larger than 6 cm in size, with specific energy expenditures of up to 0.2 kW h/kg.

Key words: microwave generator, toroidal cavity, electro-discharge lamps, induction heater, potato tubers.

References

1. SeloMoe.ru»kartofel/obrabotka-kartofelya-pered.
2. Rogov I.A. *Elektrofizicheskie metody obrabotki pischevykh produktov*. [Electrophysical methods of food processing]. - M.: Agropromizdat, 1989. – P. 272.
3. Rogov I.A., Gorbato A.V. *Fizicheskie metody obrabotki pischevykh produktov*. [Physical food processing methods]. - M.: Pischevaya promyshlennost, 1974. – P. 583.
4. Rogov I.A., Nekrutman S.V. *Sverkhvysokochastotnyy nagrev pischevykh produktov*. [Microwave heating food]. - M.: Agropromizdat, 1986. – P. 361.
5. *Elektrofizicheskie, opticheskie i akusticheskie kharakteristiki pischevykh produktov: spravochnik*. [Electrophysical, optical and acoustic characteristics of food: a handbook]. / Edited by I.A. Rogov. - M.: Legkaya i pischevaya promyshlennost, 1981. – P. 288.
6. Titenkova M.S., Makarova G.V. Estimation of the main parameters of electrophysical methods for preplant treatment of potato tubers. [Otsenka osnovnykh parametrov elektrofizicheskikh sposobov predposadochnoy obrabotki klubney kartofelya]. // *Innovatsii v selskom khozyaystve. - Innovations in agriculture*. №4 (14), 2015, P. 34-37.
7. <http://fb.ru/article/322002/instruktsiya-po-primeniyu-ultrasona-apparat-ultrason-instruktsiya-po-primeniyu-protivopokazaniya>
8. Patent №2626156 RF, MPK A 23 N17/00. *Radiovolnovye ustanovki dlya termoobrabotki syrya*. [Radio wave installations for heat treatment of raw materials]. / A.A. Belov, G.V. Zhdankin, G.V. Novikova, O.V. Mikhaylova, I.G. Ershova; Patent applicant is NSAA (RU). – №2016133572; applied 15.08.2016. Bul. № 21 from 21.07.2017. – P. 10.
9. <http://home-gid.com/tehnika/induktsionnye-varochnye-paneli-preimushhestva-i-nedostatki.html>.
10. Zhdankin, G.V. Improvement and justification of the parameters of the microwave installation with a toroidal resonator and a cellular rotor for heat treatment of raw materials. [Sovershenstvovanie i obosnovanie parametrov SVCh ustanovki s toroidalnym rezonatorom i s yacheistym rotorom dlya termoobrabotki syrya]. / A.A. Belov, G.V. Zhdankin, G.V. Novikova // *Vestnik NGIEI. – The Herald of Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics*. 2017, № 3 (70). – P. 57-66.

Authors:

Kotin Aleksandr Ivanovich – a teacher of Labor protection Department, kotinalex87@mail.ru
 Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia
 Novikova Galina Vladimirovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, E-mail: NovikovaGalinaV@yandex.ru
 Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, N.Novgorod, Russia
 Zaytsev Petr Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Mechanization, Electrification and Automation Department, E-mail: zaycevp@mail.ru
 Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia
 Mikhaylova Olga Valentinovna – Doctor of Technical Sciences, Professor of Infocommunication technologies and communication systems Department, E-mail: ds17823@yandex.ru
 Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, N.Novgorod, Russia.