

РАЗРАБОТКА ЩЕЛЕВОГО СВЧ-ИЗЛУЧАТЕЛЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, СЕМЯН И РАСТЕНИЙ

¹Завалий А.А., ¹Воложанинов С.С., ¹Воложанинова Н.В.

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация

Аннотация. Для снижения химической нагрузки на почву, растения и плоды актуально использование альтернативных методов обработки почвы и растений, к которым относится облучение неионизирующим излучением. Разработанные и исследованные щелевые параболические СВЧ-излучатели предлагаются для размещения на стационарных и мобильных устройствах для обработки биологических объектов сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова. неионизирующее излучение, щелевые СВЧ-излучатели, обработка почвы, семян и растений.

DEVELOPMENT OF A SLOTTED MICROWAVE EMITTER FOR SOIL, SEED AND PLANT TREATMENT

¹Zavaliy A.A., ¹Volozhaninov S.S., ¹Volozhaninova N.V.

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University", Simferopol, Russian Federation

Abstract. To reduce the chemical load on the soil, plants and fruits, it is important to use alternative methods of tillage and plants, which include irradiation with non-ionizing radiation. The developed and investigated slit parabolic microwave emitters are offered for placement on stationary and mobile devices for processing biological objects of agricultural production.

Keywords. Non-ionizing radiation, slit microwave emitters, tillage of soil, seeds and plants.

Введение. Использование неионизирующего излучения для обработки почвы, семян и растений является альтернативой применению химических методов для борьбы с вредителями, болезнями и сорной растительностью при возделывании сельскохозяйственных культур [1 - 10].

Сверхвысокочастотный (СВЧ) диапазон неионизирующего излучения характерен тепловым и специфическим или олиготермическим деструктивным действием на биологические объекты [11], что позволяет использовать его для угнетения паразитов, патогенной микрофлоры и сорных растений.

Целью настоящей работы является разработка щелевого СВЧ-излучателя, предназначенного для размещения на стационарных и мобильных устройствах обработки почвы, семян и растений.

Основными факторами воздействия СВЧ-излучения на биологические объекты являются частота, поток энергии на единицу обрабатываемой поверхности и экспозиция СВЧ-излучения на объект обработки.

В разрабатываемом щелевом излучателе источником СВЧ-излучения служат магнетроны с частотой излучения 2450 МГц потребляемой мощностью 800 – 1000 Вт [12].

Для распределения потока СВЧ-излучения по поверхности объектов воздействия использован щелевой параболический отражатель, выполненный из оцинкованного железа, покрытого полимерной краской. В фокусе параболы отражателя перпендикулярно плоскости параболы установлена антенна магнетрона. Фокусное расстояние параболы составляет 70 мм, ширина щели излучателя – 760 мм, высота щели – 60 мм, диаметр колпачка антенны магнетрона – 16 мм. Схема расположения антенны магнетрона в щелевом отражателе приведена на рис. 1.

Показателем качества работы СВЧ-излучателя является распределение энергии излучения по ширине его щели. Распределение должно быть равномерным и воспроизводиться от запуска к запуску магнетрона.

Факторами, влияющими на распределение энергии излучения по ширине щели излучателя являются место установки антенны магнетрона в отражателе, диаметр колпачка антенны, неравномерность излучения антенны в плоскости параболы, точность выполнения параболического профиля отражателя.

Для определения распределения энергии излучения в выходном сечении щели излучателя разработан и использован тепловой метод. В качестве чувствительного элемента приёмника СВЧ-излучения использованы капроновые шприцы ёмкостью 2 мл, наполненные водой. Методика выполнения эксперимента по определению распределения энергии излучения включает в себя следующие шаги:

- размещение чувствительных элементов на контрольной поверхности;
- включение магнетрона с экспозицией 55 – 60 секунд;
- фиксация нагрева чувствительных элементов тепловизором Testo 882 с матрицей размером 320×240 пикселей;
- обработка полученной тепловизором цифровой термограммы в программе для математических и инженерных расчётов Mathcad.

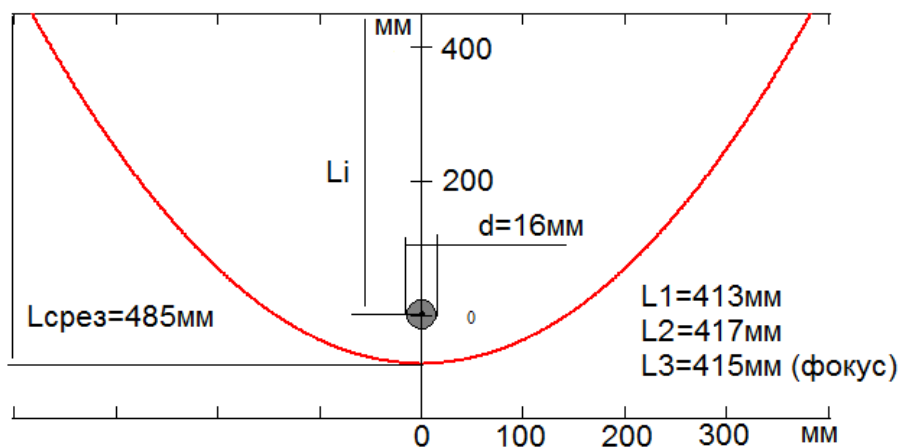


Рисунок 1 – Схема параболического щелевого СВЧ-излучателя

Исследование распределения энергии излучения выполнено в 2 этапа: 1-й этап – определение распределения энергии излучения антенны магнетрона в плоскости параболы; 2-й этап – определение распределения энергии излучения по ширине щели параболического отражателя.

На рис. 2 приведено изображение лабораторной установки для определения распределения энергии излучения антенны магнетрона в плоскости параболы.

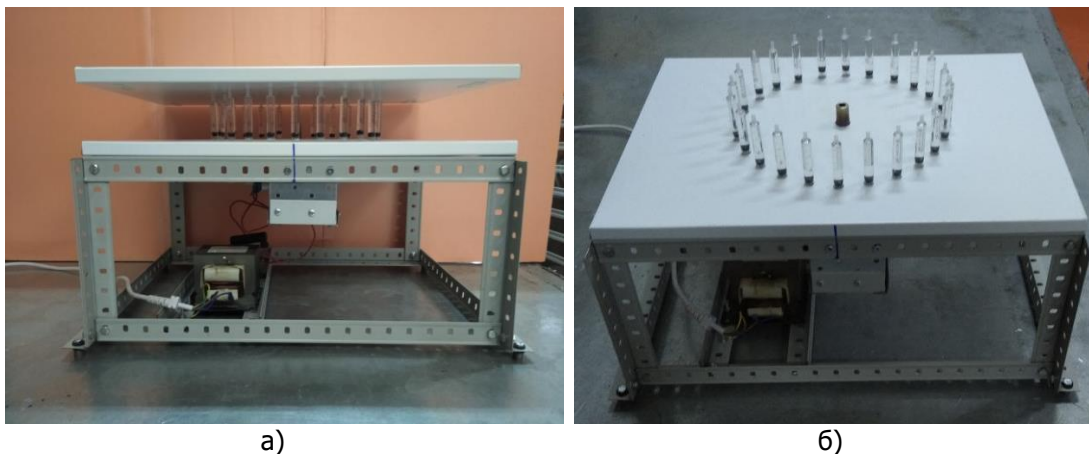


Рисунок 2 - Установка для определения распределения энергии излучения антенны магнетрона

Чувствительные элементы – шприцы расположены на окружности, в центре которой установлена антенна магнетрона. Перед включением магнетрона на шприцы устанавливалась плоская металлическая пластина, создающая совместно с плоской металлической поверхностью основания установки плоскую щель для распространения энергии излучения (рис. 2, а). После нагрева чувствительных элементов пластина снималась и выполнялся снимок тепловизором, расположенным над установкой соосно оси антенны магнетрона (рис. 2, б).

На рис. 3 приведено изображение щелевого параболического СВЧ-излучателя, перед которым установлена деревянная пластина с закреплёнными на ней чувствительными элементами – капроновыми шприцами.



Рисунок 3 – Щелевой параболический СВЧ-излучатель

Перед включением магнетрона пластина с чувствительными элементами устанавливается перпендикулярно плоскости параболы, размещая тем самым чувствительные элементы в плоскости щели излучателя. После нагрева чувствительных элементов пластина откидывается и выполняется снимок тепловизором, расположенным сверху-сзади излучателя.

Исследование распределения энергии излучения выполнено для 6-ти магнетронов, для каждого из которых получены по 3 термограммы для 10 включений для 1-го и 2-го этапов. При выполнении 2-го этапа исследования выполнены измерения распределения энергии излучения для 3-х положений антенны магнетрона: 1-е - в фокусе параболы (обозначение L3 на рис. 1), 2-е – смещение по оси параболы к щели отражателя на 2 мм (обозначение L1 на рис. 1), 3-е – смещение по оси параболы от щели отражателя на 2 мм (обозначение L2 на рис. 1).

В результате выполненного исследования распределения энергии излучения антенны магнетрона в плоскости параболы получено, что каждый магнетрон обладает свойственной ему неравномерностью распределения энергии излучения, при этом характер неравномерности постоянный, то есть не изменяется при различных включениях магнетрона. На рис. 4 приведен пример термограммы нагрева чувствительных элементов и графическое представление неравномерности распределения энергии излучения.

На рис. 5 – 7 приведены термограммы и графические представления неравномерности распределения энергии излучения по ширине щели параболического СВЧ-излучателя для различных положений антенны магнетрона в отражателе при неизменном угловом положении антенны.

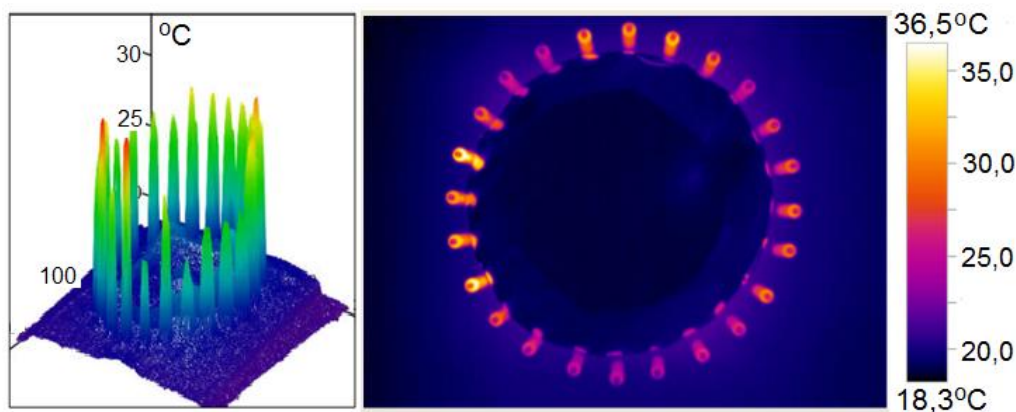


Рисунок 4 - Термограмма нагрева чувствительных элементов

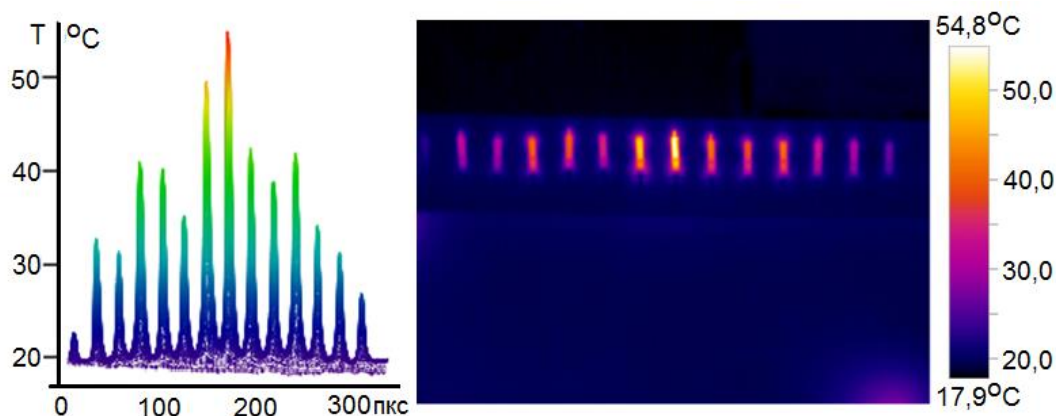


Рисунок 5 – Термограмма варианта положения антенны L1

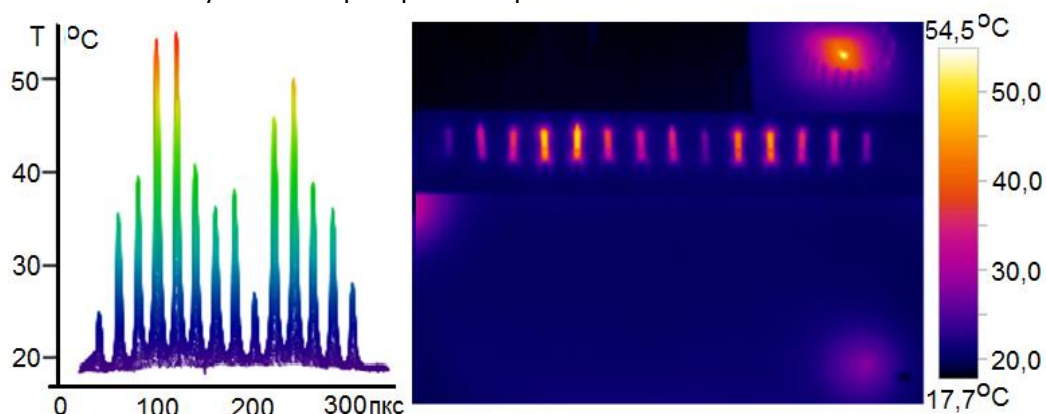


Рисунок 6 – Термограмма варианта положения антенны L2

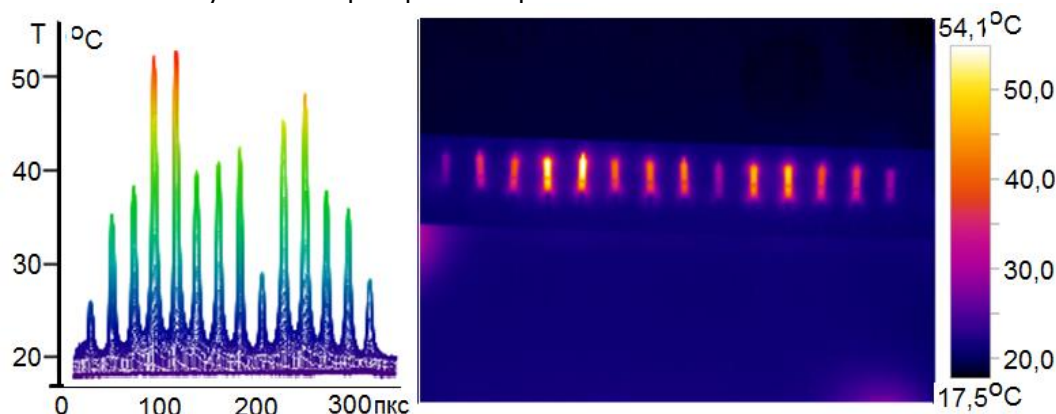
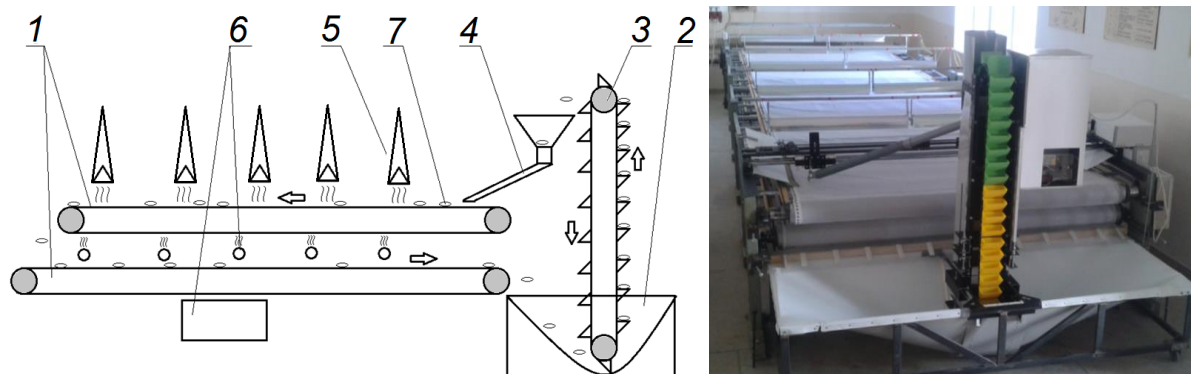


Рисунок 7 – Термограмма варианта положения антенны L3

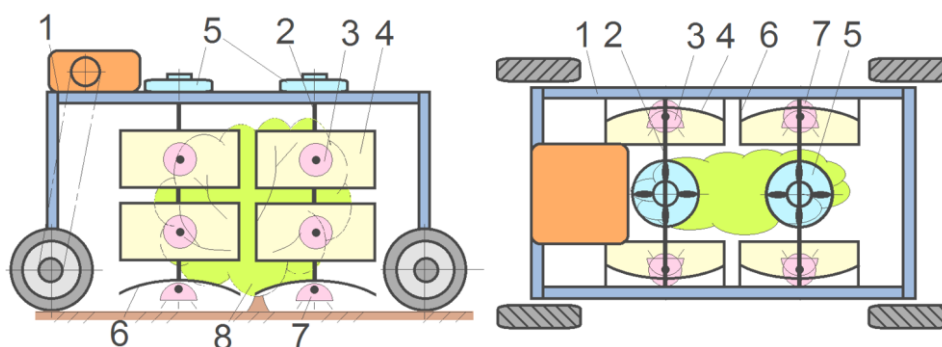
Как следует из термограмм на рис. 5 – 7, изменение положения антенны приводит к существенному изменению распределения энергии излучения по ширине щели СВЧ-излучателя. Наибольшей равномерностью характеризуется вариант L3, когда антенна магнетрона смещена относительно фокуса параболы к её стенке. Очевидно, что на равномерность распределения энергии излучения влияют два фактора: линейное и угловое положение антенны в плоскости параболы отражателя.

Разработанные щелевые параболические СВЧ-излучатели предназначены для размещения на стационарных и мобильных устройствах обработки почвы, семян и растений. На рис. 8 представлены схема и изображение конвейерного устройства для обработки семян неионизирующими видами излучения: инфракрасным, ультрафиолетовым и СВЧ-излучением. На рис. 9 представлены схема и изображение мобильного дистанционно управляемого шасси для обработки неионизирующими видами излучения растений и приствольных полос виноградников и питомников многолетних растений. На рис. 10 представлена схема устройства для обработки неионизирующими видами излучения почвы в устройствах защищённого грунта.



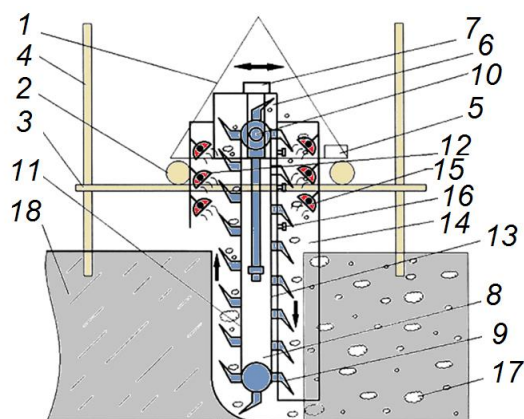
1 – конвейер; 2 – бункер-накопитель; 3 – нория; 4 – раздаточный узел; 5 – излучатели; 6 – система вентиляции; 7 - семена

Рисунок 8 - Конвейерное устройство для обработки семян неионизирующим излучением



1 – рама; 2 – подрамник; 3 – источник излучения для обработки кроны; 4 – экран вертикальный; 5 – вентилятор; 6 – экран горизонтальный; 7 – источник излучения для обработки приствольных полос; 8 – обрабатываемое растение

Рисунок 9 - Схема и изображение мобильного дистанционно управляемого шасси для обработки неионизирующими видами излучения растений и приствольных полос виноградников и питомников многолетних растений



1 – рама; 2 – колёса; 3 – рельсы; 4 – опоры; 5 – мотор-редуктор; 6 – каретка; 7 – устройство вертикального перемещения; 8 – вертикальный цепной транспортёр; 9 – зубья-ковши; 10 – электродвигатель; 11 – восходящая ветвь транспортёра; 12, 15 – частотные излучатели; 13 – нисходящая ветвь конвейера; 14 – канал ссыпания почвы; 16 – птрубки подачи парогазовой среды; 17 – обработанный слой почвы; 18 – необработанный слой почвы

Рисунок 10 - Устройства для обработки неионизирующим излучением почвы в устройствах защищённого грунта

Список использованных источников

1. Микаелян Г.А., Нурметов Р.Д. Способы и методы обеззараживания почвы в теплицах // Основы оптимального проектирования производственных процессов в овощеводстве. М.: 2005. С. 443–448.
2. Информационный агропромышленный портал «РосАгро». Электронный ресурс. Режим доступа: https://rosagroportal.ru/article/current/319/dezinfekcija_teplichnyh_gruntov_i_substratov (дата обращения: 10.03.2022).
3. Баранов Л.А., Бурнаев М.Г. Устройство для электротермической обработки почвы защищенного грунта // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. 2007. №20(92). С. 46–49.
4. Кабалоев Т.Х. Энергетические режимы и технические средства обеззараживания почвы в защищенном грунте: автореф. дис. д-ра техн. наук. Зерноград, 2005.
5. Мостовой агрегат для сельскохозяйственных работ: патент 2255453 Российская Федерация / А.П. Матюхин; заявл. 17.03.2003, опубл. 10.07.2005, Бюл. №19.
6. Мобильная термическая установка: патент RU2064228 C1 / С.Н. Шахматов, Н.В. Цугленок, А.Л. Лазуренко; заявл. 16.06.1992; опубл. 27.07.1996.
7. Устройство для обеззараживания почвы ИК-излучением: патент RU197880 U1 / И.Г. Поспелова, И.В. Возмищев, А.М. Ниязов, И.М. Новоселов; заявл. 13.12.2019; опубл. 03.06.2020, Бюл. №16.
8. Устройство для обеззараживания почвы с механической обработкой: патент RUNº205568 / И.Г.Поспелова, И.В.Возмищев, И.Р. Владыкин, Р.Р. Шакиров, Н.П. Кондратьева; заявл. 20.04.2021; опубл. 21.07.2021, Бюл. № 21.
9. Почвоведение: учебник для образоват. учреждений сред. проф. образования. М.: Академия, 2012. 256 с.
10. Кудряшов, Ю. Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения: учеб. для ВУЗов / Ю. Б. Кудряшов, Ю. Ф. Перов, А. Б. Рубин. Москва: Физматлит, 2008 184 с.
11. Генераторы и усилители СВЧ / [М. В. Агапов и др.]; под ред. И. В. Лебедева. - М.: Радиотехника, 2005 - 351 с.
12. Завалий А.А., Алдошин Н.В., Воложанинов С.С., Волобуев Д.Д., Щиголов С.В. Технологии и машины для физических методов воздействия на почву, семена и растения // Агроинженерия. 2022. №6 (106). С. 11–19.
13. Устройство для обеззараживания почвы: патент RUNº208747 U1/ А.А. Завалий, Н.В. Алдошин Н.В., С.С. Воложанинов, Д.Д. Волобуев, С.В. Щиголов, Д.Т. Даутов ; заявл. 08.10.2021; опубл. 11.01.2022, Бюл. №2.

Работа выполнена в рамках НИОТКР «Физические основы биологизации сельскохозяйственного производства» номер государственного учета 122011900374-8 от 18 января 2022 г.