

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ СВЧ УСТАНОВКИ ПО ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН

Халид Аль-Сабур¹⁾, Набил Балол²⁾, Е.А. Логачева³⁾, В.Г. Жданов⁴⁾

- 1) студент электроэнергетического факультета ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, г. Бордж Боррик, Алжир
- 2) студент электроэнергетического факультета ФГБОУ ВРО Ставропольский государственный аграрный университет, г. Басра, Ирак
- 3) к.т.н., доцент ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия, elena.logacheva2010@yandex.ru
- 4) к.т.н., доцент ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Россия, jdanov.valery2010@yandex.ru

Аннотация: в данной статье рассматривается проблема электромагнитной безопасности СВЧ технологии по предпосевной обработке семян. Для определения безопасной рабочей зоны выполнено измерение плотности потока энергии.

Ключевые слова: плотность потока энергии, электромагнитная безопасность персонала, безопасная рабочая зона, электрическое поле.

THE METHOD OF MEASURING THE DENSITY OF THE ENERGY FLOW IN THE WORKING AREA OF MICROWAVE INSTALLATION FOR PRESOWING TREATMENT OF SEEDS

Khalid Al-Sabur¹⁾, Nabil Balol²⁾, E.A. Logacheva³⁾, V.G. Zhdanov⁴⁾

- 1) the student of electrical power engineering faculty of FGBOU VPO Stavropol state agrarian University, Borric bordj, Algeria
- 2) the student of electrical power engineering faculty of FGBOU VPO Stavropol state agrarian University, Basra, Iraq
- 3) Ph. D., associate Professor, FGBOU VPO Stavropol state agrarian University, Stavropol, Russia, elena.logacheva2010@yandex.ru
- 4) Ph. D., associate Professor, FGBOU VPO Stavropol state agrarian University, Stavropol, Russia, jdanov.valery2010@yandex.ru

Abstract: this article deals with the problem of electromagnetic safety of microwave technology for pre-sowing seed treatment. To determine the safe working area, the energy flux density is measured

Keywords: energy flux density, electromagnetic safety of personnel, safe working area, electric field.

Исследование плотности потока энергии проводилось на рабочем месте СВЧ установки по предпосевному облучению семян (рисунок 1). Выбранная технологическая линия достаточно широко внедрена в сельскохозяйственное производство[1-4]. СВЧ линия позволяет строго соблюдать технологические режимы обработки семян, но не рассматривает вопросы электромагнитной безопасности персонала, обслуживающего эту установку[1-4].

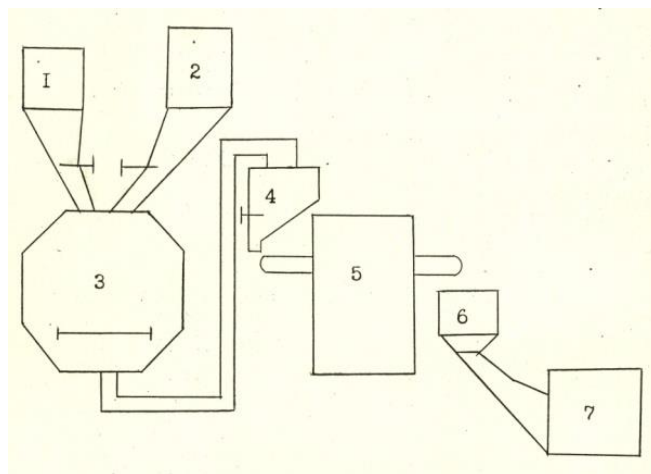


Рисунок 1 – Технологическая схема подготовки семян к посеву с использованием СВЧ энергии: 1. Бункер-дозатор микроэлементов; 2. Бункер-дозатор семян; 3. Смеситель-увлажнитель; 4. Бункер-дозатор увлажненных семян; 5. СВЧ-генератор; 6. Бункер-накопитель; 7. Дражиратор.

Здесь в качестве СВЧ генератора используется магнетрон от бытовой микроволновой печи (рисунок 2) [1,2]. Этот тип электронного СВЧ генератора обладает максимальным КПД при минимальных габаритах в дециметровом диапазоне частот. Магнетрон состоит из трех основных частей: катода, анодного блока, содержащего объемные резонаторы, и устройства, служащего для вывода сверхвысокочастотной энергии в нагрузку. В конструкцию магнетронного генератора входит также магнитная система, без которой магнетрон не может генерировать высокочастотную энергию. Магнитная система, создающая магнитное поле вдоль оси катода, представляет собой электромагнит или постоянный магнит с полюсными наконечниками вне магнетрона.

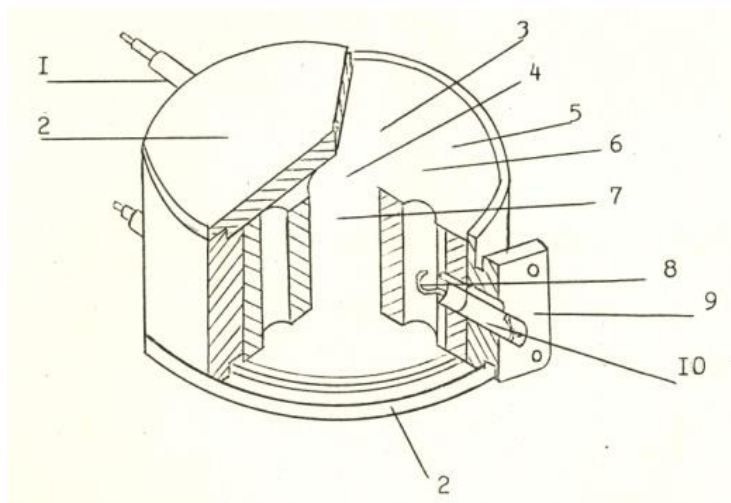


Рисунок 2 – Конструкция магнетрона: 1.Стеклянные трубки с выводами катодных ножек; 2.Крышка; 3.Перемычка-связка; 4.Катод; 5.Анод; 6.Резонатор; 7.Катод; 8.Петля связи; 9.Фланец; 10.Диэлектрический колпак.

Конструктивно магнетрон представляет собой диод с особой конструкцией анода. Катод 7 в большинстве магнетронов непрерывного генерирования прямого накала изготавливают из вольфрама. Анод 5 выполнен в виде массивного медного блока кольцевой формы. На внутренней стороне анода предусмотрено четное число (8-10) щелевых (либо другой формы) резонаторов 6, длина которых равна $\lambda/4$. Резонатор представляет собой нечто среднее между четвертьволновой резонансной линией и колебательной системой с сосредоточенными параметрами. Резонаторы магнетрона связаны один с другим, поскольку переменный магнитный поток одного резонатора замыкается через соседние резонаторы. Кроме того, резонаторы соединены друг с другом в определенном порядке медными перемычками-связками 3. Наружная часть анода покрыта рубашкой, через которую пропускается охлаждающая жидкость, либо оребрена. Для вывода энергии колебаний в одном из резонаторов предусмотрена петля связи 8, соединенная с коаксиальной линией и закрытая диэлектрическим колпаком 10 из материала, прозрачного для СВЧ поля. Анод магнетрона имеет высокий положительный потенциал относительно катода. Поскольку анод является корпусом магнетрона, его обычно заземляют, а катод 4 находится под высоким отрицательным потенциалом. Закрепляется магнетрон с помощью фланца 9.

Резонаторы колебательной системы магнетрона связаны между собой через пространство взаимодействия, имеющее форму кольца и занимающее область между анодом и катодом. В этой области движутся

вышедшие из катода электроны, находящиеся под воздействием однородного постоянного (во времени) радиального электрического поля, направленного вдоль оси магнитного поля и переменного высокочастотного электрического поля, которое создается между сегментами анода резонаторной системы магнетрона. Движение электронов в этом пространстве приводит к тому, что энергия от постоянного электрического поля передается переменному высокочастотному полю. Взаимодействующее с электронами высокочастотное поле локализовано в щелях между сегментами анода и вблизи них. Оно создается и поддерживается электрическими колебаниями многокамерной резонаторной системы анодного блока. Энергия высокой частоты, создаваемая в резонаторной системе движением электронов, переходит через выходное устройство одного из резонаторов анодного блока в нагрузку.

Конкретное рабочее место оператора СВЧ установки не определено, поэтому измерения интенсивности проводились в точках, находящихся на мысленно проведенных линиях, радиально исходящих из центра, которым является магнетрон (рисунок 3) [1,2,4,7,9].

Измерения проводились в соответствии с ГОСТ 12.1.006-84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»

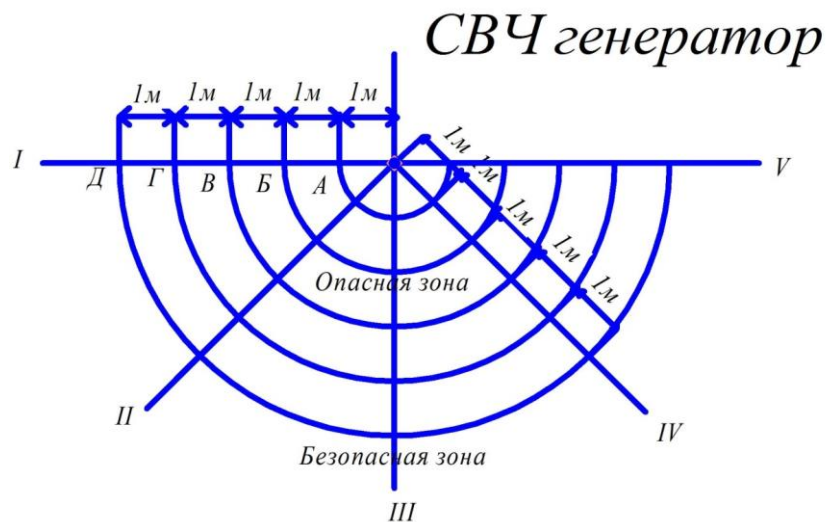


Рисунок 3 – Схема замеров плотности потока мощности на рабочем месте

Контроль биологически опасного уровня СВЧ облучения на рабочем месте проводился интенсиметрами. На рисунке 4 представлена электрическая структурная схема измерителя плотности потока мощности ПЗ-20. Измеритель ПЗ-20 предназначен для измерения плотности потока

мощности в диапазоне частот 0,3...16,7ГГц и может применяться для контроля уровня излучения в местах нахождения обслуживающего персонала и для других целей.



Рисунок 4 – Электрическая структурная схема измерителя плотности потока мощности: 1.Антенна; 2.Аттенюатор; 3.Терморезисторная головка; 4.Измеритель мощности; 5.Источник питания.

Принцип действия прибора заключается в том, что плотность потока мощности P в месте расположения антенны определяется из выражения

$$P = \frac{P}{S_{эфф}}$$

Где P - мощность, измеренная на выходе антенны;

$S_{эфф}$ - эффективная площадь измерительной антенны.

Эффективная поверхность антенны связана с коэффициентом усиления антенны G и длиной волны λ следующей зависимостью

$$S_{эфф} = \frac{G\lambda}{4\pi}$$

Измеритель ПЗ-20 является терморезисторным ваттметром и предназначен для измерения малых мощностей (0,05-7,5 мВт) незатухающих и импульсно-модулированных сигналов в диапазоне 0,15-16,7ГГц. Измерение мощности проводится либо компенсационным методом, либо методом прямого отсчета. Измеритель ПЗ-20 обеспечивает работу в режиме накопления уровня измеряемой ППЭ в логарифмическом масштабе. Измеритель обеспечивает измерение средних значений импульсно-модулированных СВЧ излучений с длительностью импульсов от 1 до 500 мкс.

Измерения интенсивности поля рабочей зоны оператора СВЧ установки проводились при максимальной мощности магнетрона, т.е. 2,5 кВт. Так как измеритель ПЗ-20 работает в режиме накопления уровня измеряемой плотности потока энергии в логарифмическом масштабе, то значения, выдаваемые в закодированном виде, подвергались раскодировке согласно таблицам, входящим в комплект интенсиметра. Анализ результатов не позволяет получить представление о конфигурации ЭМП СВЧ магнетрона. Однако результаты измерений ППЭ могут служить для определения безопасной зоны для человека обслуживающего данную технологическую линию.

Список использованных источников:

1. Логачева, Е.А., Жданов В.Г. Проблемы экологической и технологической безопасности использования электромагнитных излучений в сельском хозяйстве. Вестник АПК Ставрополья. 2011. №2 (2). С.33-35.

2. Логачева Е.А., Жданов В.Г. К вопросу о сохранении естественного «электромагнитного фона» окружающей среды при внедрении СВЧ технологий в сельском хозяйстве. В сборнике: Проблемы рекультивации отходов быта промышленного и сельскохозяйственного производства IV международная научная экологическая конференция с участием экологов Азербайджана, Армении, Беларуси, Германии, Грузии, Казахстана, Киргизии, Латвии, Ливана, Молдовы, Приднестровья, России, Словакии, Узбекистана и Украины). 2015. С. 378-381.

3. Жданов В.Г., Логачева Е.А., Тарануха Д.С. Тепловизионное обследование зданий и сооружений. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 78 научно-практическая конференция электроэнергетического факультета СтГАУ. 2014. С. 102-106.

4. Коврига Е.В., Горovenko Л.А. Нормативы по защите окружающей среды: учебное пособие / Е.В.Коврига. – Армавир: РИО АГПУ, 2017. – 124 с.

5. Енина Т.А., Горovenko Л.А. Влияние экономической ситуации на экологическую обстановку в регионе // РАЗВИТИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИИ ГОРОДА Материалы региональной научно-практической молодежной интернет-конференции. – Армавир: РИО АГПУ, 2017. –С. 171-174.

6. Жданов В.Г., Логачева Е.А., Сошников В.В. Контроль состояния электрооборудования путем проведения тепловизионного обследования. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 78 научно-практическая конференция электроэнергетического факультета СтГАУ. 2014. С. 73-76.

7. Логачева, Е.А., Жданов В.Г. Энергетические обследования социальных объектов сельских территорий Ставропольского края. Вестник АПК Ставрополья. 2013. №4 (12). С.75-79.

8. The use of protein preparations for the production of ham Atanov I.V., Khorol'skiy V.Y., Logacheva E.A., Antonov S.N., Omarov R.S. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. T. 6. № 6. С. 671-676.

9. Горовенко Л.А. Математические методы компьютерного моделирования физических процессов// Международный журнал экспериментального образования. Пенза: ИД «Академия естествознания», 2017. – №2. – с. 92–93. <https://elibrary.ru/item.asp?id=28394703>

10. Жданов В.Г., Логачева Е.А. Информационное обеспечение АРМ энергетика. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 76 научно-практическая конференция электроэнергетического факультета СтГАУ. 2012. С. 42-46.

11. Жданов В.Г., Логачева Е.А. Планирование работ электротехнической службы для разработки АРМ энергетика. В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 76 научно-практическая конференция электроэнергетического факультета СтГАУ. 2012. С. 47-49.

12. Жданов В.Г., Логачева Е.А., Шевякин Ю.В. Инфракрасная диагностика объектов с использованием тепловизора // Методы и средства повышения эффективности технологических процессов в АПК: Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Ставрополь. 2013.С.129 – 132.

13. Коврига Е.В., Горовенко Л.А. Вопросы воспитания экологической культуры в России // Прикладные вопросы точных наук: Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей.- Армавир: ООО «Типография имени Г. Скорины», 2017. – С.293-296.

14. Логачева Е.А., Жданов В.Г. Повышение качества подготовки технических кадров – основная задача в аграрном образовании // Актуальные проблемы развития вертикальной интеграции системы образования, науки и бизнеса: экономические, правовые и социальные аспекты. Материалы II Международной научно-практической конференции 2014. С.125-130.

15. Логачева, Е.А., Жданов В.Г. Подготовка электротехнического персонала для электроизмерительных лабораторий. В сборнике: Инновационные механизмы эффективного образования. Ставрополь. 2014. С.189-194.