

заявл. 10.02.2016; опубл. 30.10.2017 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – №5. – С. 21.

6. Григорчик, С. С. Исследование влияния электрического поля на физиологические показатели пивоваренного ячменя для солодопроизводства / С. С. Григорчик ; науч. рук. О. В. Бондарчук // Энергетика в АПК : сборник тезисов докладов студенческой научной конференции, Минск, 17–28 мая 2021 г. – Минск : БГАТУ, 2021. – С. 60.

**УДК 621.3: 631.171**

**Вендин С.В., д.т.н.**

**ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Белгород, Россия**  
**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСА НА ЭНЕРГЕТИКУ**  
**СВЧ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ**  
**МАТЕРИАЛОВ ИМПУЛЬСНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ**

Энергия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) с успехом может быть применима в промышленности, сельском хозяйстве и в быту. В сельском хозяйстве одним из возможных применений является технологическая обработка семян с целью стимуляции, дезинфекции и дезинсекции. Эффективность применения СВЧ энергии для технологической обработки семян показана, как в ранних работах [1-3], так и в более поздних исследованиях автора [4-7]. Процесс СВЧ обработки семян может быть реализован различными технологическими и техническими приемами и способами. Кроме того, для повышения эффективности использования ЭМП СВЧ необходимо решать такие технико-технологические вопросы, как равномерность обработки семян и согласование источника СВЧ энергии с нагрузкой. Решение этих технических задач связано с конструктивными особенностями СВЧ установок. При обработке слоя семян под излучателем согласование СВЧ источника с нагрузкой возможно на основе подбора толщины слоя материала. Равномерность обработки объема продукта может быть обеспечена разработкой специальных конструкций резонаторных камер и др.

Известно, что эффективность СВЧ обработки (диэлектрического нагрева) связана с величиной напряженности электрического поля,

которая определяет удельную поглощаемую в материале электромагнитную мощность или удельную мощность воздействия ( $\text{Вт/м}^3$ ). К сожалению, повышение напряженности электрического поля при непрерывном излучении электромагнитной волны связано с увеличением мощности СВЧ источника. В тоже время напряженность электрического поля можно повысить при использовании амплитудно-модулированных (импульсных) электромагнитных полей.

В этом случае параметрами импульсной СВЧ обработки являются: основная (несущая) частота электромагнитной волны  $\omega_0$ , длительность импульса  $\tau_0$  и частота следования импульсов  $f$  (период посылки импульсов  $T_{\text{ц}}$ ). Высокочастотный электромагнитный импульс может иметь различную форму огибающей, но в самом простом случае – это единичный прямоугольный высокочастотный импульс длительностью  $\tau_0$ .

Оценка напряженности электрического поля в продукте связана с решениями электродинамических задач распространения электромагнитной волны в диэлектрических средах. Решение таких задач по высокочастотной обработке диэлектрических сред, в том числе, и для импульсной СВЧ обработки имеется в работах [8-9].

Проведенный теоретический анализ для импульсной СВЧ обработки диэлектрической среды показывает, что вместе с основной частотой  $\omega_0$  в материале будут присутствовать и другие соседние частоты  $\omega$ .

При этом наблюдается замечательный факт, свидетельствующий о том, что длительность импульса  $\tau_0$  существенно влияет на энергетический спектр излучения по фронту распространения электромагнитной волны  $\mathbf{z}$ , который определяется общим выражением:

$$\begin{aligned} \dot{E}_y^z(z, \omega) = & \frac{1}{\omega_0 - \omega} \sin\left(\frac{\omega_0 - \omega}{2} \tau_0\right) \cdot \exp\left[-i\left(\frac{\omega_0 - \omega}{2} \tau_0 + kz + \frac{\pi}{2}\right)\right] - \\ & - \frac{1}{\omega_0 + \omega} \sin\left(\frac{\omega_0 + \omega}{2} \tau_0\right) \cdot \exp\left[-i\left(\frac{\omega_0 + \omega}{2} \tau_0 + kz + \frac{\pi}{2}\right)\right] \end{aligned} \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент распространения электромагнитной волны.

С уменьшением длительности импульса энергия излучения начинает перераспределяться на соседние с основной частоты, и эти частоты будут участвовать при переносе электромагнитной энергии. С увеличением длительности импульса спектр частот заметно сужа-

ется вокруг основной несущей частоты. Однако это ограничивает возможности импульсной концентрации СВЧ мощности, так как предельный случай увеличения длительности импульса – непрерывное излучение. Кроме этого длительность импульса  $\tau_0$  и частота следования импульсов  $f$  определяют коэффициент заполнения импульса  $\gamma$  оказывающий существенное влияние на энергетическую эффективность СВЧ воздействия.

#### Список использованных источников

1. Бородин, И.Ф. Изменение всхожести семян зерновых культур под влиянием СВЧ обработки / И.Ф. Бородин, С.В. Вендин, А.Д. Горин // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 1993. № 2. С. 92.

2. Вендин С.В. Изменение всхожести семян зерновых культур под влиянием СВЧ обработки / С.В. Вендин, А.Д. Горин // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 1994. № 3. С. 21–22.

3. Вендин, С.В. Исследование напряженности электрического поля в семени при СВЧ дезинсекции зерна / С.В. Вендин// Электричество. – 1994. – № 3. – С. 54–59.

4. Вендин, С.В. Экспериментальные исследования предпосевной обработки семян пшеницы электромагнитным полем СВЧ / С.В. Вендин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2014. № 1(1). С. 4–10.

5. Вендин, С.В. Электромагнитная обработка семян / С.В. Вендин // Сельский механизатор. 2014. № 12. С. 32–33.

6. Вендин, С.В. Результаты экспериментальных исследований по предпосевной обработке семян пшеницы электромагнитным полем / С.В. Вендин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1(16). С. 73–77.

7. Вендин, С.В. Результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности применения УФ облучения, СВЧ обработки и искусственного освещения при проращивании зерна пшеницы и ячменя на витаминный корм / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, В.Ю. Страхов // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 2(46). С. 42–50.

8. Вендин, С.В. К расчету напряженностей электромагнитного поля при СВЧ обработке диэлектрических плоскостойких объектов /С.В. Вендин, П.А. Трубаев // Вестник Белгородского государ-

ственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 215–218.

9. Вендин, С.В. К расчету распространения электромагнитного импульса при СВЧ обработке диэлектрических сред / С.В. Вендин, И.А. Щербинин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 204–206.

**Городецкая Е.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Городецкий Ю.К.<sup>2</sup>,  
Титова Е.Т.<sup>2</sup>, к.б.н., доцент,**

**<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,**

**<sup>2</sup>НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь  
ПРОСЕИВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Известна машина для очистки и сортировки семян воздушно-решетчатая универсальная СВУ-5 [1], содержащая решетный стан и два сепарационных канала предварительной и окончательной очистки, связанные с вентилятором. Оба канала работают от одного вентилятора.

К недостаткам следует отнести следующие: при регулировании скорости воздушного потока в одном канале, соответственно изменяется его скорость во втором канале, так же и при изменении загрузки машины. Таким образом, в машинах невозможна независимая регулировка скорости воздушного потока в каждом канале, что необходимо, поскольку материал, поступающий на обработку в каждый канал, различен по составу и требует неодинаковых режимов воздушного потока.

Известная воздушно-решетчатая семеочистительная машина ЗВС-20 с набором из 4 решет [2] выделяет из зернового материала колосовых, крупяных, зернобобовых культур, кукурузы, подсолнечника и сорго крупные, мелкие и легкие примеси. Она также не лишена недостатков: регулирование скорости воздушного потока сложное, семена в аспирационных отсосах выносятся, кроме этого, происходит дробление основной культуры. Следует отметить сложный набор решет и громоздкость.