

Недорезов М.Н., Соковнин С.Ю., Балезин М.Е.
maxnedor@yandex.ru

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТЕРИЛИЗАТОР ЯЙЦА НА ОСНОВЕ УСКОРИТЕЛЯ УРТ05-М

Аннотация. Современное развитие радиационных технологий позволяет пересмотреть их масштабы. Разрабатывается быстрый и энергоэффективный способ поверхностной стерилизации яиц в промышленных масштабах. Рассмотрено использование электронного вакуумно-диодного ускорителя и радиационно-стойкого транспортера.

Ключевые слова: радиационная стерилизация, электронные ускорители.

Abstract. The current development of radiation technologies makes it possible to revise their scope. A fast and energy efficient way of surface sterilizing eggs on an industrial scale is being designed. The use of an electronic vacuum-diode accelerator and a radiation-resistant transporter is considered

Keywords: radiation sterilization, electron accelerators.

Куриное мясо и яйца считаются самым распространенным продуктом в мире. Согласно статистике, в России производится более 4 млн тонн мяса ежемесячно, и это значение ежегодно растет. Одним из показателей, характеризующим качество яиц является чистота скорлупы. Однако наличие грязи (т.е. микроорганизмов) не только снижает внешний вид яиц, но и способствует проникновению микроорганизмов через поры скорлупы в содержимое яйца, что приводит к быстрой порче яиц, а также делает их опасными из-за заражения Сальмонеллой – бактерий, вызывающих серьезные кишечные заболевания.

Это требует внедрения инновационных технологий в птицеводческую промышленность для снижения микробиологической опасности.

В настоящее время традиционным способом поверхностной дезинфекции яиц является мойка с использованием горячей воды и дезинфицирующих средств. Однако мойка резко снижает их стойкость при хранении и приводит к открытию пор в скорлупе, через которые проникают микроорганизмы, а также является достаточно дорогой процедурой при крупном производстве.

Метод радиационной стерилизации – это известный и изученный пример радиационных технологий, который обладает лучшими дезинфекционными способностями в сравнении с традиционными термическими и химическими методами, а в некоторых случаях и единственным применимым [1]. Для

стерилизации яиц, при котором не происходит каких-либо химических изменений в продукте, используют облучение с поглощённой дозой (ПД) до 3 кГр [ЕС].

В ходе проведенных исследований [2, с. 183–185] были изучены диапазоны дозовой чувствительности для трех патогенных штаммов бактерий рода *Salmonella*. Результаты (табл.1) показали полное уничтожение штампа при ПД до 3-5 кГр.

Таблица 1 – Результаты обработки НЭП микроорганизмов рода *Salmonella*

№	Наименование микроорганизма	Рост колоний при ПД, кГр				Контроль
		1,5	5	10	25	
1	<i>Salmonella Typhimurium</i>	13,7	–	–	–	~500
2	<i>Salmonella Gallinarum</i>	9,5	–	–	–	
3	<i>Salmonella Enteritidis</i>	8,8	–	–	–	

Однако одним из главных ограничений для применения радиационного метода является дороговизна облучающих установок – ускорителей. Поэтому целью для дальнейшего развития метода является поиск дешевых аналогичных материалов и применение более экономных решений, среди которых:

- использование только поверхностной дезинфекции яиц, что снимает проблему изменения свойств содержимого яйца при облучении и существенно удешевляет стоимость ускорителя из-за снижения энергии электронов, например до МэВ у ускорителя УРТ-0,5М [3];
- применение одновременного двухстороннего облучения, благодаря использованию специального вакуумного диода (Рис.1) [4].

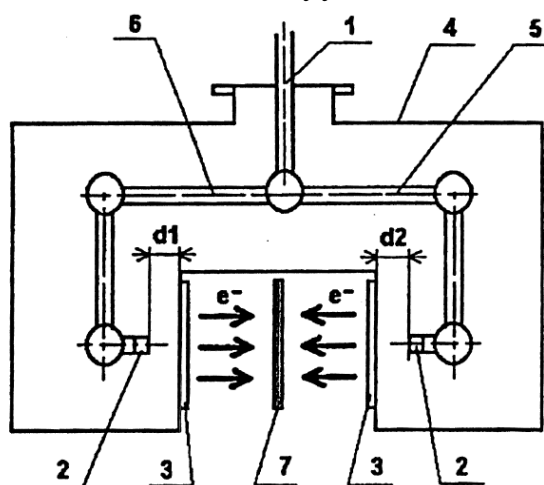


Рисунок 1 – Вакуумный диод для двухстороннего облучения

Последнее решение позволяет получать одновременно два пучка электронов, а также управлять отдельно каждым промежутком катод-анод (d_1 , d_2 , рис.1), что дает возможность добиться как равномерного облучения с каждой стороны, так и управлять этим процессом по заданному алгоритму.

Важное значение имеет сама технология облучения яйца, поэтому был разработан специальный радиационно-устойчивый транспортер (Рис. 2), который в сумме с двухсторонней обработкой позволяет максимально эффективно производить поверхностную дезинфекцию в потоке в промышленном птицеводстве.



Рисунок 2 – Фотография радиационно-устойчивого транспортёра

В процессе эксплуатации ускорителей были выявлены некоторые недостатки, связанные с вертикальной компоновкой элементов ускорителей, которая требовала для его сборки-разборки при техническом обслуживании грузоподъемного оборудования, что резко ограничивало условия размещения.

В новой конструкции [5] элементы приняли горизонтальную компоновку, что главным образом позволяет использовать ускоритель в помещениях со стандартными потолками, кроме того упростилось обслуживание установки за счет перераспределения частей, особенно это касается элементов которые со временем требуют более частого обслуживания, для чего приходилось производить частичную или полную разборку установки.

Помимо этого изменения коснулись и некоторых самих элементов. Были использованы более компактные и надежные конденсаторы (типа DHS фирмы Murata вместо КВИ-3-12кВ–6800пФ). Также применен новый компактный тиратрон с холодным катодом ТПИ1-10к/75, позволивший резко снизить затраты энергии на накал тиратрона.

Ключевые изменения затронули сердечник трансформатора. Сердечник из пермаллоя был заменен на 2 магнитопровода из быстрозакаленной ленты из магнитомягкого аморфного сплава АМЕТ-1СР, разработанного и выпускаемого Ашинским металлургическим заводом. После замены параметры ускорителя УРТ0,5М не изменились (Рис. 3) [5] и он устойчиво работает с частотами повторения импульсов до 200 Гц., при этом стоимость сердечника из магнитопроводов 1В-М примерно на порядок ниже стоимости сердечника из пермаллоя.

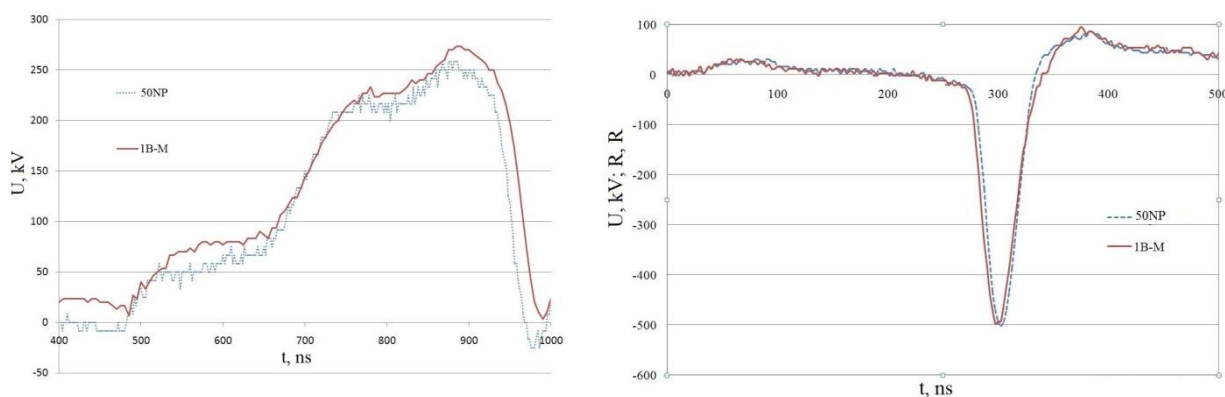


Рисунок 3 – Осциллограммы: а) Ускоряющее напряжение и сигнал с рин-диода; б) зарядное напряжение на импульсном трансформаторе.

Заключение

Таким образом, с учетом опыта эксплуатации предыдущих ускорителей серии УРТ, удалось создать образец поверхностного стерилизатора яйца, наиболее подходящий к условиям промышленного птицеводства. Работы были выполнены при поддержке РФФ проект № 16-16-04038.

Библиографический список

1. Statement summarising the Conclusions and Recommendations from the Opinions on the Safety of Irradiation of Food adopted by the BIOHAZ and CEF Panels / European Food Safety Authority // EFSA Journal. – 2011. – Vol. 9, Is. 4. – p. 155.
2. Соковнин С. Ю. Наносекундные ускорители электронов для радиационных технологий / С. Ю. Соковнин ; Урал. гос. аграр. ун-т, Ин-т электрофизики

- Урал. отд-ния Рос. акад. наук. – Екатеринбург : УГАУ, 2017. – 347 с. – ISBN 978-5-7691-2494-5.
3. Гельфанд М. С. О ранговых распределениях частот букв в естественных языках / М. С. Гельфанд, Чжао Минь // Проблемы передачи информации. – 1996. – Т. 32, вып. 2. – С. 89–95.
 4. Sokovnin S. Yu. Using the method of nanosecond beam of accelerated electrons for egg sterilization in poultry industry / S. Yu. Sokovnin, A. S. Krivonogova, A. G. Isaeva // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. – 2017. – Vol. 8, Is. 2. – P. 680–686.
 5. Пат. № 2233564 Рос. Федерация, МПК H05H 5/00 (2000.01). Вакуумный диод для двухстороннего облучения : № 2002117699/06 : заявл. 02.07.2002 : опубл. 27.07.2004 / Котов Ю. А., Соковнин С. Ю., Балезин М. Е. ; патентообладатель Ин-т электрофизики Урал. отд-ния РАН. – 3 с.
 6. Upgrade of the pulse transformer URT-0,5m accelerator / М. Е. Balezin, S. Yu. Sokovnin, А. А. Andreev, F. V. Averin // Известия вузов. Физика. – 2018. – Т. 6, № 9/2. – С. 101–104.