

*А. Н. КОРОБКОВ, О. В. МИХАЙЛОВА*

## **ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН КОРМОВЫХ КУЛЬТУР**

***Ключевые слова:** зерновой ворох, индуктор, магнитный порошок, магнитно-индукционный сепаратор, электромагнитные излучения, электромагнитный энергоподвод.*

***Аннотация.** Создание магнитно-индукционного сепаратора предназначенного для улучшения качества очистки семян кормовых культур.*

Для достижения поставленной цели решаются следующие научные задачи:

1. Разработать методику термообработки зернового вороха воздействием электромагнитных излучений в резонаторной камере.
2. Обосновать конструкционные и технологические параметры и режимы работы установок на основе системно-комплексного решения проблемы повышения качества послеуборочной обработки, всхожести и энергии роста семян кормовых культур.
3. Получить регрессионные зависимости, связывающие энергетические затраты на термообработку сырья с электромагнитным энергоподводом и снижение засоренности зернового вороха с ключевыми факторами, влияющими на технологический процесс.
4. Разработать и испытать семяочистительные установки для термообработки зернового вороха.
5. Оценить технико-экономическую эффективность применения установок в фермерских хозяйствах.

***Объектом исследования** являются: модификации магнитно-индукционных сепараторов и процесс технологического воздействия на зерновой ворох; семена кормовых культур.*

***Предметом исследования** является выявление закономерностей процесса подсушивания и очистки семян кормовых культур в непрерывном режиме.*

**Практическую значимость** представляют: модификации сушильно-семяочистительных машин, позволяющие улучшить качество послеуборочной обработки семян кормовых культур; выводы, полученные по результатам исследования.

Научную новизну представляют:

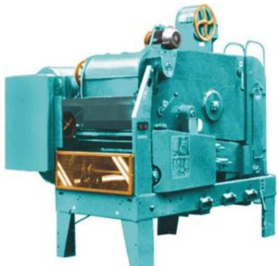

- методика термообработки зернового вороха воздействием электромагнитных излучений в рабочей камере;
- индуктор, состоящий из одной индукционной поверхности, второй индукционной поверхности, проводящей электрический ток, будет являться смесь магнитного порошка, семян, соли и воды;
- математические выражения, позволяющие обосновать конструкционные и технологические параметры и режимы работы установок, на основе системно-комплексного решения проблемы повышения качества послеуборочной обработки, всхожести и энергии роста семян кормовых культур;
- закономерности влияния режимов работы установок на динамику засоренности и сушки зернового вороха;
- разработанные модификации магнитно-индукционных сепараторов зернового вороха;
- рациональные режимы и комплекс конструктивно-технологических параметров, обеспечивающих очистку и подсушку зернового вороха.

Исследования проводятся в соответствии с Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы.

Проанализировав существующие аналоги, нами предлагается несколько модификаций магнитно-индукционного сепаратора.

Таблица 1 – Модификации магнитно-индукционного сепаратора.

<p>Ленточная магнитная семяочистительная машина</p> 	<p>Расход магнитного порошка 1–2 %; расход воды для увлажнения семян 0,5–2 % от веса семян</p>
---	--

<p>Однобарабанная магнитная машина ЭМС-1</p> 	<p>Число оборотов в минуту приводного вала 400, барабана – 40. Производительность машины 160–200 кг/ч</p>
<p>Машина для очистки и сортировки семян К 541 Super</p> 	<p>Машины выпускаются производительностью (по пшенице): первичная очистка 1,75 т/ч, семенная очистка 1,25 т/ч</p>

Магнитно-индукционный сепаратор предназначен для очистки семян кормовых культур от сорных примесей в поточном режиме. Установка обеспечивает регулирование дозы воздействия в широком диапазоне за счет изменения мощности источников энергии и скорости перемещения обрабатываемого продукта по поверхности магнитно-индукционного барабана. Сепаратор работает следующим образом: семена из загрузочного бункера поступают в верхнюю камеру смешивающего устройства и перемещаются наклонными лопатками вращающегося вала к противоположной стороне, попутно смешиваясь с рассолом. Дозатор подает магнитный порошок в поток семян. При транспортировке в верхней и нижней камерах семена смешиваются с порошком, который обволакивает семена сорных растений, имеющих шероховатую поверхность, придавая им магнитные свойства. Семена кормовых культур, имеющие гладкую поверхность, порошком не обволакиваются. Из нижней камеры смешивающего устройства смесь поступает в наклонный

шnek и загружается на вибрационный распределитель. Семена, не покрытые порошком, соскальзывают ещё в зоне действия магнитно-индукционного барабана, остальные падают при выходе из этой зоны [1, с. 83–87].

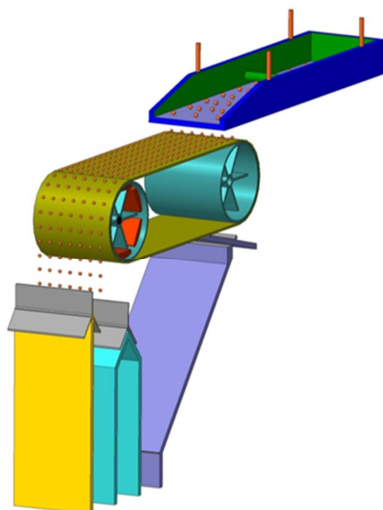


Рисунок 1 – Модификации магнитно-индукционного сепаратора

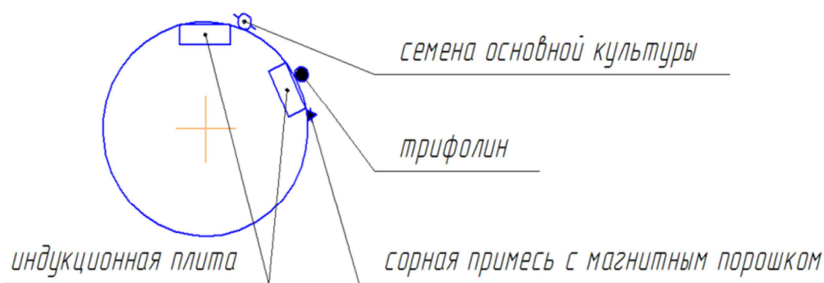


Рисунок 2 – Модификация магнитно-индукционного сепаратора

С помощью классификатора материал разделяется на 3 фракции: чистые полноценные семена; щуплые семена и малошероховатые семена сорняков; загнившие, повреждённые вредителями, битые, мятые семена, шероховатые семена сорняков и излишки порошка. Нами предлагается

несколько модификаций сепаратора. Например, в первом магнитном барабане чередуясь посегментно расположить индукционные поверхности. Основные узлы сепаратора: 1 – вибрационный желоб; 2 – направляющее устройство; 3 – магнитно-индукционный барабан; 4 – ограничитель рабочей ширины; 5 – сборник; 6 – щиток; 7, 8, 9 – емкости для семян I, II, III сортов соответственно.

Качественная очистка семян кормовых культур обеспечивается за счет магнитно-индукционного воздействия на зерновой ворох.

Индукционные поверхности способны обеспечить высочайшую точность нагрева, с точностью до градуса, и любое изменение температуры происходит мгновенно. В каком-то смысле это тоже не что иное, как трансформатор: его первичной обмоткой является индукционная катушка, по которой протекает электрический ток. Его частота намного выше тех 50 Гц, которые есть в каждой розетке, и составляет 20–60 кГц. А вторичной обмоткой трансформатора в нашем случае будет являться смесь магнитного порошка, рассола и семян. В магнитном порошке наводятся токи индукции, которые нагревают его, а заодно и семена. Нет никакой передачи тепловой энергии снизу вверх, а значит, нет и тепловых потерь. С точки зрения эффективности использования потребляемой электроэнергии индукционная поверхность выгодно отличается от всех других: нагрев происходит быстрее, а КПД нагрева выше [3 с. 254–277].

Главным условием применения индукционной поверхности является применение именно ферромагнитной смеси, как проводящей, неразрывной среды. Для увеличения ее проводимости нами проведен эксперимент по изучению концентрации соли в распыляемом рассоле. Оптимальная масса соли на 30 граммов трифолина составляет 5 граммов. Именно при таком сочетании происходит нагрев смеси. Нагрев проводили при следующих мощностях: 400, 1000, 1200, 1500 Вт. Удельная мощность при нагреве составляла 4 Вт/г, 10 Вт/г, 12 Вт/г, 15 Вт/г.

Для определения оптимальной удельной мощности и продолжительности нагрева мы, пользуясь лабораторной СВЧ-установкой, индукционной поверхностью, секундомером, термопарой и спиртовым термометром, исследовали динамику нагрева различных сочетаний компонентов (в семи повторностях). Данные кривые построены по средним значениям температур нагрева, найденным путем повтора опыта. В нашем случае нагрев проводился семь раз в каждом промежутке времени и при необходимой мощности. Масса образца 50 граммов.

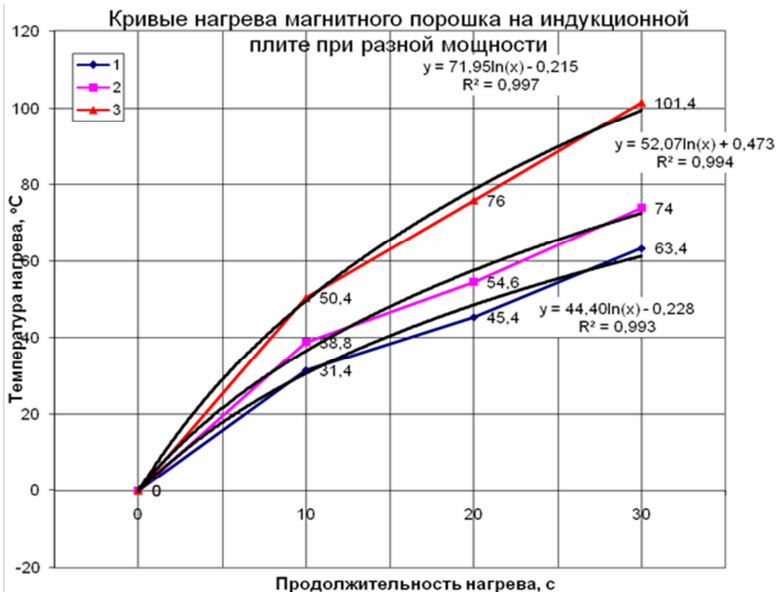


Рисунок 3 – СВЧ нагрев смеси люцерны и трифолина при разных удельных мощностях: 1)  $P_{уд} = 2$  Вт/г; 2)  $P_{уд} = 4$  Вт/г; 3)  $P_{уд} = 6$  Вт/г

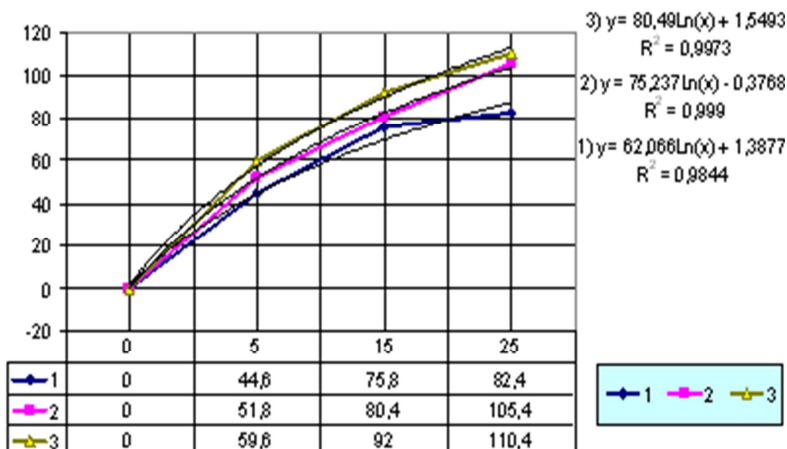


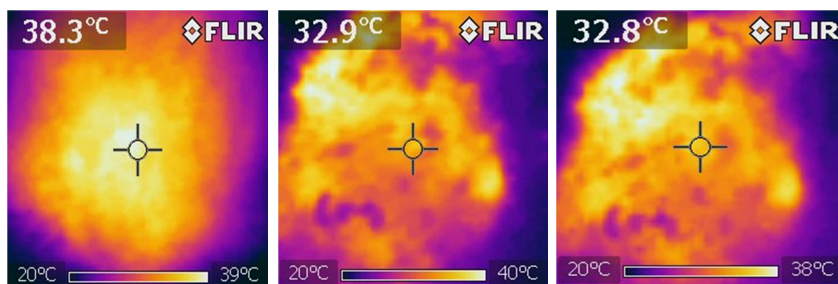
Рисунок 4 – СВЧ нагрев смеси люцерны и трифолина при разных удельных мощностях: 1)  $P_{уд} = 2$  Вт/г; 2)  $P_{уд} = 4$  Вт/г; 3)  $P_{уд} = 6$  Вт/г

Нами получены следующие результаты:

1) Для клевера и для люцерны – при удельных мощностях 1,2 Вт/г, 5 Вт/г, 8 Вт/г продолжительность сушки составит 30 секунд; (магнитно-индукционная конструкция);

2) Для клевера и для люцерны – при удельных мощностях 2 Вт/г; 4 Вт/г; 6 Вт/г продолжительность сушки составит 20 секунд (СВЧ-магнитная конструкция).

Для подтверждения соблюдения температурного режима нами была проведена тепловизионная съемка всех компонентов смеси.



Магнитный порошок

Магнитный порошок

Магнитный порошок,

с солью

семена с солью и водой

Рисунок 5 – Показатели тепловизора i-3

Применение тепловизора позволило точно выявить температуру в различных сочетаниях компонентов. Мы видим, что нагрев происходит равномерно, в то же время не превышает допустимая температура в 35 градусов Цельсия, т. е. сохранены посевные качества семян.



Рисунок 6– Контрольно-измерительная аппаратура и компоненты смеси



Рисунок 7– Контрольно-измерительная аппаратура

Посевные качества обработанных семян клевера и люцерны проверялись в «Россельхозцентр» Нижегородской области. Средний процент прорастания клевера 82,8 %.

Ожидаемые нами результаты:

1. Методика термообработки зернового вороха воздействием электромагнитных излучений в резонаторной камере.

2. Обоснованные конструкционные и технологические параметры и режимы работ установок на основе системно-комплексного решения проблемы повышения качества послеуборочной обработки, всхожести и энергии роста семян кормовых культур.

3. Регрессионные зависимости, связывающие энергетические затраты на термообработку сырья с электромагнитным энергоподводом и снижение засоренности зернового вороха с ключевыми факторами, влияющими на технологический процесс.

4. Разработанные и испытанные семяочистительные установки для термообработки зернового вороха.

5. Оценка технико-экономической эффективности применения установок в фермерских хозяйствах.

**Предполагаемая коммерческая востребованность магнитно-индукционного сепаратора**

Подводя итоги данного исследования, можно сделать вывод о том, что совмещение отдельных узлов и разных машин, используемых при магнитной очистке и сушке семян, позволит интенсифицировать процесс заготовки семян кормовых культур, уменьшить площадь занимаемую оборудованием, снизить расходы на покупку сушилки, и как следствие сократить энерго-, трудозатраты. Поэтому данное исследование имеет



научную и практическую значимость как для учебных заведений, так и для сельскохозяйственных предприятий [2, с. 261–268].

Таблица 2 – Значимость исследования

Учебный процесс высших и среднеспециальных учебных заведений сельскохозяйственного направления	Лабораторные стенды по дисциплинам: «Процессы и аппараты», «Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств», «Электротехнологии», «Технологическое оборудование для переработки сельскохозяйственной продукции»
Сельскохозяйственные предприятия, крестьянско-фермерские хозяйства, индивидуальные предприниматели, специализирующиеся на переработке продукции	Образцы установок с источниками электромагнитных излучений для технологического процесса послеуборочной обработки семян кормовых культур

Таблица 3 – План создания

Этап	Наименование этапа	Ожидаемые результаты работ	Срок исполнения (начало-окончание)
1	Общие параметры и режимы работы магнитно-индукционного сепаратора	Разработка конструкторской документации на изготовление установки с обоснованием режимов и параметров работы.	январь 2014 – ноябрь 2014
2	Апробирование и испытание установок в производственных условиях.	Снижение энергетических затрат и улучшение качества сушки и очистки семян кормовых культур в разработанных установках.	январь 2015 – ноябрь 2015

Результаты проделанной работы:

- проведен обзор существующих магнитных семяочистительных машин;
- изучено устройство и принцип работы магнитной семяочистительной машины;
- изучено воздействие альтернативных методов сушки (с использованием индукционного нагрева) семян кормовых культур;
- проведены экспериментальные исследования, позволяющие выявить оптимальную удельную мощность воздействия и продолжительность воздействия (использование генераторов электромагнитных излучений 2450 МГц и индукционных поверхностей, электронных весов, термопары);
- проведены экспериментальные исследования, позволяющие выявить оптимальную температуру нагрева семян до 35 градусов Цельсия (тепловизионная съемка);
- проведены экспериментальные исследования всхожести семян (средняя всхожесть составляет 82,5 %), энергии их роста (получено более 20 актов, на каждую группу обработки семян).
- применена оценка технико-экономической эффективности установок в фермерских хозяйствах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлова О. В., Коробков А. Н., Шестакова О. А. Технология магнитной сепарации семян кормовых культур // Вестник НГИЭИ. 2012. № 8 (15). С. 83–87.
2. Михайлова О. В., Коробков А. Н., Шестакова О. А. Результаты исследования магнитно-индукционной обработки семян кормовых культур // Материалы Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых (20–25 мая 2012 г.) Княгинино: НГИЭИ. 2012. С. 261–268.
3. Слухоцкий А. Е., Немков В. С., Павлов Н. А., Бамунэр А. В. Установки индукционного нагрева. Л.: Энергоиздат. 1981. 452 с.

**JUSTIFICATION AND DEVELOPMENT OF TECHNICAL  
MEANS WITH ELECTROMAGNETIC RADIATION SOURCES  
FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESS  
OF POST-HARVEST PROCESSING FORAGE CROPS**

*Keywords:* grain heap, electromagnetic radiation, electromagnetic energy supply, magnetic induction separator, inductor, magnetic powder.

*Annotation.* The article describes the creation of magnetic induction separator designed to improve the quality of peeling food crops.

---

**КОРОБКОВ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ** – преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (aleksey.korobkov52@mail.ru).

**KOROBKOV ALEXEI NIKOLAEVICH** – lecturer of the chair «Electrification and Automation», Nizhniy Novgorod state engineering and economic institute, Russia, Knyaginino, (aleksey.korobkov52@mail.ru).

**МИХАЙЛОВА ОЛЬГА ВАЛЕНТИНОВНА** – профессор кафедры «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (ds17823@yandex.ru).

**MIHAILOVA OLGA VALENTINOVNA** – professor of the chair «Electrification and Automation», Nizhniy Novgorod state engineering and economic institute, Russia, Knyaginino, (ds17823@yandex.ru).

---