

- отделение травмированных, инфицированных и пораженные насекомыми семян;
- увеличение равномерности всходов.

Преимущества предлагаемого разработанного прямоточного сепаратора:

- простота конструкции;
- возможность применения для различных зернобобовых, масличных и овощных культур;
- невысокая стоимость по сравнению с аналогичными машинами;
- простота в обслуживании.

**Заключение.** В результате анализа теоретических и экспериментальных исследований был изготовлен прямоточный вибропневматический сепаратор. Лабораторными и полевыми испытаниями установлено, что применение вибропневматического сепаратора при предпосевной подготовке семян льна позволяет повысить посевные свойства семян.

Прямоточный вибропневматический сепаратор может применяться как отдельное оборудование для окончательной доработки семян, так и в составе поточной семяочистительной линии. В процессе обработки семена не травмируются так как отсутствует механическое воздействие, что также положительно влияет на энергию прорастания и всхожесть.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2019. – №2. – С. 267–271.
2. Левчук, В. А. Результаты экспериментальных исследований обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна / В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2021. – №1. – С. 149–155.
3. Поздняков, В.М. повышение эффективности предпосевной подготовки семян льна за счет применения прямоточного вибропневматического сепаратора / В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, А.И. Ермаков // Вестник БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 170–175.
4. Поздняков В.М. Повышение эффективности подготовки семенного материала на основе совершенствования конструкции сепаратора вибропневматического принципа действия / Поздняков В.М., Зеленко С.А, Ермаков А.И. // Вестник БГСХА – 2014. – № 1. – С. 163-167.
5. Шило, И.Н. Анализ результатов экспериментальных исследований сортирования семян льна / И.Н. Шило, В.М. Поздняков, С.А. Зеленко // Агропанорама. – 2021. – №5. – С. 9–14.

УДК 331.45

#### **МЕРОПРИЯТИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПОВЫШАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТЫ ГАБАРИТНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПОД ЛИНИЯМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

*студент 4 курса В.В. Русских, БГАТУ, г. Минск, канд. техн. наук, доцент В. Г. Андруш,  
канд. техн. наук, доцент Г.И. Белохвостов*

*Резюме – в статье предлагается комплекс мероприятий и технические решения, которые помогут обезопасить работу комбайна под ЛЭП.*

*Ключевые слова: комбайн, линии электропередач, электромагнитное поле, блок, устройство*

**Введение.** Человечество всю свою сознательную жизнь стремится облегчить свой труд. Уже в начале 19 века были созданы первые рабочие прототипы тракторов, комбайнов и другой крупногабаритной техники [1,2]. Таким образом, человек облегчил свой труд, но в последующем получил новые проблемы. Так, при выполнении работ сельскохозяйственной направленности с использованием крупногабаритной техники, не редки ситуации, когда по незнанию или пренебрежению правил охраны труда работниками и халатного отношения со стороны руководителей сельскохозяйственных предприятий, случаются несчастные случаи, техника проходит на недопустимом расстоянии от воздушных линий (ВЛ) и происходит поражение операторов электрическим током. В научной работе мы предлагаем решения, обеспечивающие безопасную работу крупногабаритной техники под линиями электропередач (ЛЭП) удовлетворяющие нормам охраны труда и решающие вышеописанную проблему.

**Основная часть.** Так, в ходе исследований, нами были изучены статистические источники, специализирующиеся на нашей проблеме [3,4]. По имеющейся информации, за период 2017-2021 г. произошло 10 несчастных случаев, связанных с поражением электрическим током от ЛЭП, в том числе 5 – со смертельным исходом. Это далеко не полная картина несчастных случаев, но из приведенных данных видно, что проблема имеет актуальность. После изучения статистических данных, а также при детальном рассмотрении приборов-аналогов, которые решают вышеописанную проблему, был опубликован цикл работ [5-8] где мы сделали выводы, что недостатками всех устройств являются низкая надежность, а также вероятность ложного срабатывания в виду недостаточной помехоустойчивости. Затем для большего понимания электромагнитного поля был поставлен эксперимент по его распространению в окружающей среде. В эксперименте использовался сертифицированный в РБ измеритель напряженности электрических и магнитных полей ПЗ-80. Измерения проводились в г. Минске ВЛ «Северная - Восточная». Данные брали между двумя параллельно проходящими ЛЭП с напряжением 110 кВ,

одна из которых на металлических, а вторая на железобетонных опорах (рисунок 1), на высоте 1.5 м., с шагом 2 м. вправо и влево от линий, соответственно.

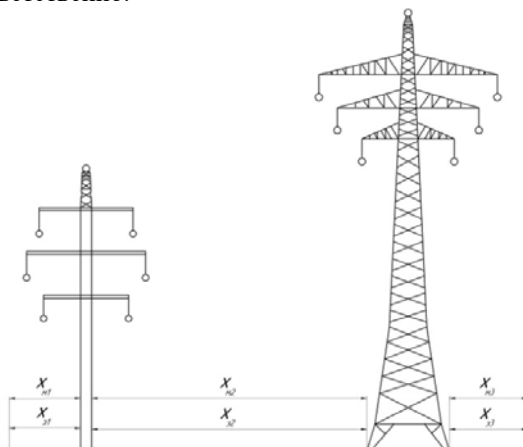


Рисунок 1 – Схематичное представление расположения ЛЭП

$x_{м1,2,3}$  – точки измерения величины магнитного поля при движении влево от ЛЭП и вправо, соответственно,  
 $x_{э1,2,3}$  – точки измерения величины электрического поля при движении влево от ЛЭП и вправо

Результаты измерений представлены на рисунках 2-3.

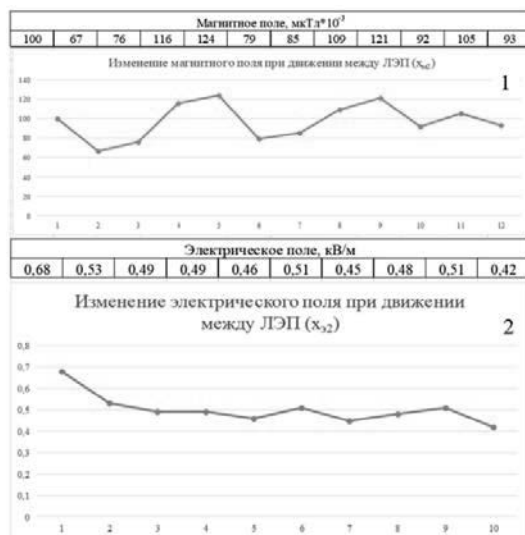


Рисунок 2 – Изменение магнитного –1 ( $x_{м2}$ ) и электрического –2 ( $x_{э2}$ ) полей при движении между ЛЭП

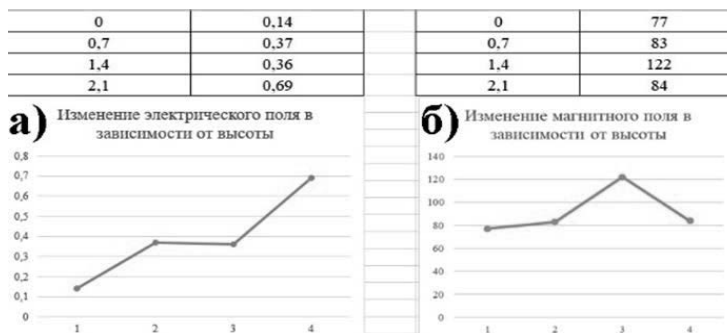


Рисунок 3 – изменение величины поля в зависимости от расстояния до земли по высоте:  
 (а) – электрического; (б) – магнитного.

По результатам эксперимента можно сделать выводы, что полученные данные имеют нелинейную зависимость. Картина распространения электромагнитного поля показывает, что с увеличением расстояния от проводов ЛЭП его величина убывает. При измерениях магнитного поля наблюдается значительный разброс показаний прибора, влияние на которые оказывают условия измерения и техногенная обстановка окружающей среды. Также к вышеописанным недостаткам всех приборов добавился самый главный – при отключении ЛЭП антенна перестанет улавливать ее сигнал, и расстояние до ЛЭП становится определять невозможно, т.е. в устройство необходимо вводить 2 независимый от электромагнитного поля канал.

Мы пришли к итоговому следующему техническому решению [9], работающему по двум независимым каналам. Принцип работы нашего устройства (рисунок 4) следующий. 1-ый канал устройства работает аналогично устройству [10], затем вход идет разработанный нами 2-ой канал на который подается изображение с фотокамеры 6 и затем оно уходит на блок дальномера 7, который за счет последовательного формирования сигналов изображений и их последующей совместной обработки определяет линейные размеры объектов и расстояние до них [11-12].

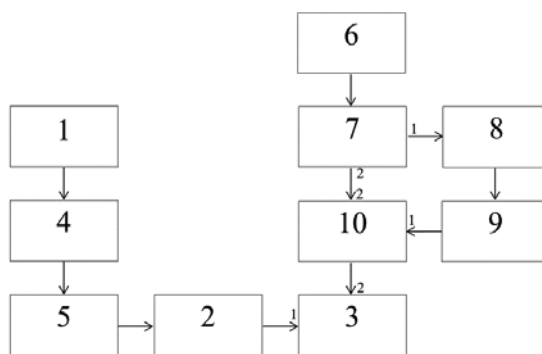


Рисунок 4 – Схема разработанного устройства

Полученный сигнал через первый выход блока дальномера 7 включает блок спутникового позиционирования 8 и передает данные к блоку задания минимального расстояния в зависимости от напряжения ЛЭП 9, одновременно данные со второго выхода блока дальномера 7 и с выхода блока задания минимального расстояния в зависимости от напряжения ЛЭП 9 поступают в блок сравнения 10, в котором происходит сравнение с сигналом блока дальномера 7 и передача на устройство цифровой обработки и сигнализации 3. Если значение расстояния до ЛЭП, определенное блоком дальномера 7 станет меньше расстояния, определенного блоком задания минимального расстояния в зависимости от напряжения ЛЭП 9, то на выходе блока сравнения 10 появится сигнал, вызывающий срабатывание устройства цифровой обработки и сигнализации 3, предупреждающий оператора об опасности. Устройство также срабатывает и при обнаружении магнитного поля ЛЭП антенной 1 что повышает надежность обнаружения и сигнализации при приближении на недопустимое расстояние, т.е. как одновременную работу по двум каналам, так и раздельную их работу в случае выхода из строя одного из них.

**Заключение.** Предлагаемые системы совместно с организационными мероприятиями обеспечат безопасность проведения сельскохозяйственных работ вблизи линий электропередач.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Самый первый трактор в мире. – [Электронный ресурс.] – Режим доступа: <http://tractor-server.ru/samyj-pervyj-tractor-v-mire>. – Дата доступа: 20.08.2021.
2. Зерноуборочный комбайн. – [Электронный ресурс.] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Зерноуборочный\\_комбайн#:~:text=В%201834%20году%20в%20США,упряжки%20лошадей%20и%20мулов%20или%20волов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Зерноуборочный_комбайн#:~:text=В%201834%20году%20в%20США,упряжки%20лошадей%20и%20мулов%20или%20волов). – Дата доступа: 27.02.2022.
3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://gosenergogaznadzor.by>. – Дата доступа: 27.02.2022.
4. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://belenergo.by>. – Дата доступа: 27.02.2022.
5. Андруш, В. Г. Безопасность работы зерноуборочного комбайна под линиями электропередач. / В.Г. Андруш, Г.И. Белохвостов, В.Е. Дорохов, В.В. Русских // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. статей V МНПК Минск, 25-26 марта 2021 г.) / под общ. ред.: В.Я. Груданова. – Минск: БГАТУ, 2021. – С.165 – 168.
6. Русских, В. В. Повышение безопасности работы зерноуборочного комбайна под линиями электропередач. / В.В. Русских, В.Г. Андруш, Г.И. Белохвостов, // Техника и технология пищевых производств: Тезисы докладов XII Международной научной конференции студентов и аспирантов (Могилев 22-23 апреля 2021 года) / редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев, МГУП, 2021. – С. 371.
7. Андруш, В. Г. Комплекс технических решений, повышающих безопасность работы зерноуборочного комбайна под линиями электропередач. / В.Г. Андруш, Г.И. Белохвостов, В.В. Русских // Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК: Материалы Международной научно-практической конференции (Минск 3-4 июня 2021 года) / редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2021. – С. 343-346.
8. Русских, В. В. Решения, повышающие безопасность работы габаритной сельскохозяйственной техники под линиями электропередач. / В.В. Русских, В.Г. Андруш, Г.И. Белохвостов, // Забезпечення цивільної безпеки в сучасних умовах: Матеріали I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Мелітополь, Україна 26-30 квітня 2021 р.) / відп. ред.: О.В. Яцук. – м. Мелітополь, Україна, ТДАТУ, 2021. – С. 83–87.

9. Устройство для обнаружения и сигнализации при приближении к линии электропередач: положительный результат предварительной экспертизы по заявке на выдачу патента на изобретение: МПК G 01R 31/34 / В.Г. Андруш, Г.И. Белохвостов, В.В. Русских, А.А. Пинчук. - № а 20210180. Заявлен приоритет по дате: 21.06.2021.

10. Патент РФ №2473922, МПК G01R 31/34//БИ. – №3, 31.10.2011 г.

11. Часть 2 (5/10). – [Электронный ресурс.] – Режим доступа: <http://swsu.ru>. – Дата доступа: 27.02.2022.

12. Способ измерения дальности и линейных размеров объектов по их телевизионным изображениям. – [Электронный ресурс.] – Режим доступа: <http://elibrary.ru>. – Дата доступа: 27.02.2022.

УДК 629.621.432.691.9.048.4

## МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЙ АСПЕКТ В ПОЛУЧЕНИИ УПРОЧНЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ

доктор техн. наук, профессор **Н.М. Чигринова**. ФММП, БНТУ, Минск

*Резюме.* – в данной работе представлены результаты изучения влияния материаловедческого аспекта – состава многокомпонентных легирующих анодов, способов их изготовления и технологических параметров интегральной технологии электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием на динамику массопереноса получаемых упрочняющих покрытий.

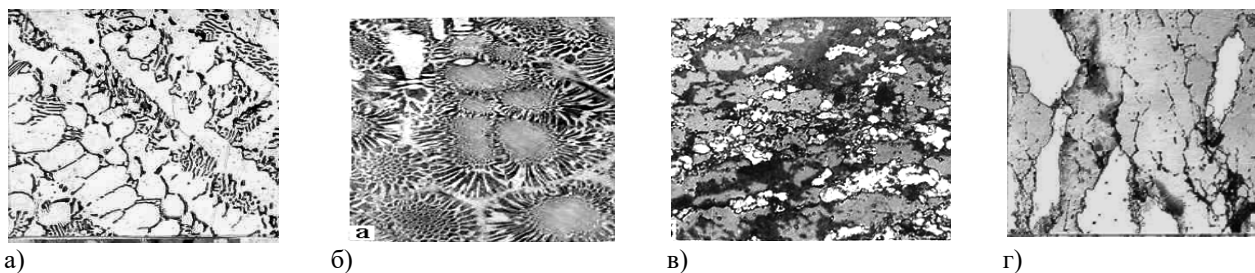
*Ключевые слова:* аноды, ультразвуковое воздействие, электроразрядное спекание.

**Введение.** Сегодня перед целым рядом производств в различных отраслях народного хозяйства стоит актуальная задача повышения конкурентоспособности производимой продукции. Одним из наиболее эффективных решений является поверхностное упрочнение производимых изделий различного назначения с формированием функционально-адаптированных покрытий широкого спектра действия.

Среди множества технологий создания таких покрытий можно выделить интегральный метод электроискрового легирования с дополнительным ультразвуковым воздействием (ЭИЛ с УЗВ) [1]. При указанной обработке формирование покрытия осуществляется за счет массопереноса материала легирующего анода на поверхность упрочняемого изделия (катода) и этот процесс происходит более стабильно, с устойчивым и активным массопереносом за счет снижения сопротивления металла пластическому течению под ультразвуковым воздействием [2] и многочисленных виброударов по упрочняемой поверхности. В результате полученное покрытие имеет большую толщину и более высокую равномерность. Кроме того, под действием ультразвука происходит перераспределение, стабилизация и релаксация остаточных напряжений в материале покрытия, независимо от его состава [3]. Однако и на состав покрытия, и на его структуру, а значит, и свойства, оказывает серьезное влияние один фактор, определяющий и скорость, и особенности массопереноса на упрочняемую поверхность, а именно – состав легирующего анода и способ его изготовления. В результате использования многокомпонентных легирующих анодов расширяются возможности управления как элементным составом упрочненной поверхности, так и уровнем и распределением остаточных напряжений по её сечению [4], что определяет работоспособность изделия в целом. В данной работе приведены некоторые результаты исследования влияния состава многокомпонентных легирующих анодов, полученных разными способами, на кинетику массопереноса и толщину сформированных покрытий при различном энергетическом воздействии. Для решения поставленных вопросов применяли серийное оборудование для электроискрового легирования и ультразвуковой обработки типа «Элитрон» и «Alier», УИЛ-2 в оптимальном диапазоне параметров, установленном в ранее проведенных исследованиях [5].

**Основная часть.** В качестве легирующих анодов применяли многокомпонентные электродные системы: металлы-интерметаллиды и металлы-карбиды, легированные Fe, Ni, Si, Ti, Co, Mn, полученные методами высокоэнергетического горячего прессования (ВГП), электроразрядного спекания (ЭРС) и литья [6]:

сплав К4Ф – 2 шт. (Co-WC-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>) – ВГП; сплав 12С<sub>2</sub> – Fe-Ni-Si (2%)-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> – ЭРС; сплав 12С4 – Fe-Ni-Si (4%)-Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> – ЭРС; сплав Т15К6У – WC-TiC-Co-0,4C – ВГП; сплав 4А литой – Ni-Cr-Al – литье; сплав 4АCo литой – Ni-Cr-Al-Co – литье. Микроструктура этих композиций представлена на рисунке 1.



литые системы: а – 2А; б – 4А; спеченные системы: г – 4А; д – 4АС1  
Рисунок 1 – Микроструктура литых и спеченных электродов (× 500)